

Содержание журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» № 1 (35)		Contents of the journal "MILITARY ENGINEER" № 1 (35)	
Содержание	1	Contents	
Редакционная коллегия	2	Editorial Board	
Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения	4	Design, construction and reconstruction of military facilities	
<i>Коновалов В.Б., Саркисов С.В.</i>	4	<i>Konovalev V.B., Sarkisov S.V.</i>	
Федеральное ведомство по инфраструктуре министерства обороны Германии		Federal infrastructure agency German Ministry of Defense	
<i>Коновалов В.Б., Игнатчик В.С., Сеньюкович М.А., Ещенко А.Н.</i>	15	<i>Konovalev V.B., Ignatchik V.S., Senyukovich M.A., Yeshchenko A.N.</i>	
Результаты исследований закономерностей изменения затрат на строительство очистных сооружений систем водоотведения		The results of research on the patterns of changes in the costs of construction of wastewater treatment plants	
<i>Саркисов С.В., Петров Д.К., Петрушин И.Е., Сажин К.А., Кострикин Н.А.</i>	21	<i>Sarkisov S.V., Petrov D.K., Petrushin I.E., Sazhin K.A., Kostrikin N.A.</i>	
Экспериментальное исследование работы импульсной установки пожаротушения тонкораспыленной водой в условно герметичном помещении фортификационного сооружения		Experimental study of the operation of a pulsed fire extinguishing system with finely dispersed water in a conditionally sealed room of a fortification	
<i>Сайданов В.О., Александров С.В.</i>	32	<i>Saidanov V.O., Alexandrov S.V.</i>	
К вопросу модернизации вагона-электростанции специального поезда материально-технического обеспечения		On the issue of modernization of the power car of a special logistics train	
<i>Бакланов Д.В., Куканов С.А.</i>	39	<i>Baklanov D.V., Kukanov S.A.</i>	
Математическая модель теплового состояния патронника		Mathematical model of the thermal state of the chamber	
<i>Попов А.В., Стрёмухов Е.М.</i>	44	<i>Popov A.V., Stremouhov E.M.</i>	
Способ бездемонтажного экспресс-диагностирования турбокомпрессоров дизельного двигателя по параметрам наддува		Method of non-dismounting express diagnostics of diesel engine turbochargers according to boost parameters	
<i>Суздальцев П.С., Куканов С.А.</i>	50	<i>Suzdaltsev P.S., Kukanov S.A.</i>	
Модель высокоскоростного взаимодействия в системе «взрывчатое вещество – поражающий элемент» барражирующего боеприпаса		A model of high-speed interaction in the explosive–striking element system of a barrage munition	
<i>Миргородский А.Н., Пудиков В.В., Аитов Р.Н.</i>	54	<i>Mirgorodskiy A.N., Pudikov V.V., Aitov R.N.</i>	
Рассмотрение вопросов надежности эксплуатации объектов наземной инфраструктуры		Consideration of issues of reliability of operation of ground infrastructure facilities	
<i>Ладышкин Г.С., Федоренко А.В.</i>	59	<i>Ladyshkin G.S., Fedorenko A.V.</i>	
Методика определения сил и средств, необходимых для подготовки и содержания транспортных путей		The methodology for determining the forces and means necessary for the preparation and maintenance of transport routes	
<i>Карасёв С.Ю., Загрудин Ю.А., Никифоров В.А.</i>	65	<i>Karasev S.Yu., Zagrutdinov Yu.A., Nikiforov V.A.</i>	
Использование метаматериалов в строительных конструкциях сооружений		Using of meta materials in building structures	
<i>Коликов И.В., Тимофеев М.С., Дружков А.А.</i>	72	<i>Kolikov I.V., Timofeev M.S., Druzhkov A.A.</i>	
Исследование применения автокорреляционной функции для обнаружения радиосигналов со сложной структурой при ведении радиотехнического контроля в условиях критически низкого отношения сигнал-шум		Research autocorrelation function for the detection of radio signals with a complex structure when conducting radio engineering control in conditions of a critically low signal-to-noise ratio	

Содержание журнала		Contents of the journal	
«ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» № 1 (35)		"MILITARY ENGINEER" № 1 (35)	
Теория воинского обучения и воспитания	80	Theory of military training and education	
<i>Блинов А.В., Борисов А.А., Стороженко И.И., Николаева К.В., Богданов А.И.</i>	80	<i>Blinov A.V., Borisov A.A., Storozhenko I.I., Nikolaeva K.V., Bogdanov A.I.</i>	
Влияние климатогеографических условий на психофизиологическое состояние специалистов Крайнего Севера		The influence of climatic and geographical conditions on the psychophysiological state of workers in the Far North	
<i>Кириллова Е.С., Крисковец Т.Н.</i>	85	<i>Kirillova E.S., Kriskovets T.N.</i>	
Исследование отличительных характеристик феномена политической идентичности		Research of the distinctive characteristics of the phenomenon of political identity	
<i>Фаттахова Н.А., Левчина И.Б., Джавакян В.А.</i>	91	<i>Fattakhova N.A., Levchina I.B., Dzhavakyan V.A.</i>	
Развитие профессионально-ориентированной иноязычной компетенции курсантов военного вуза с учетом ведущих каналов восприятия		Development of professionally oriented foreign language competence of naval cadets, considering their leading channels of perception	
<i>Савиных Н.В.</i>	96	<i>Savinykh N.V.</i>	
Особенности обучения иностранных военнослужащих русскому языку с использованием дискурсного чтения		Features of teaching russian to foreign military personnel using discourse reading	
<i>Калюжный А. Ф., Третьяков Ю.А., Бугаев В.Н.</i>	102	<i>Kalyuzhnyy A. F., Tretyakov Y.A., Bugaev V.N.</i>	
Методическое обеспечение подготовки операторов FPV дронов с учётом проведения СВО на Украине		Engineering support experience of the Black Sea Navy during the Great Patriotic War	
Сведения об авторах	109	Information about the authors	

Главный редактор журнала – Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук профессор

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

Коновалов Владимир Борисович, доктор экономических наук профессор;

Заместитель председателя редакционной коллегии

Кашеев Роман Леонидович, доктор технических наук доцент;

Члены редакционной коллегии

Аверьянов Владимир Константинович, доктор технических наук проф., член-корр. РААСН, заслуженный деятель науки РФ;

Бирюков Александр Николаевич, доктор технических наук профессор, засл. Работник высш. Шк. РФ;

Борисов Алексей Александрович, кандидат технических наук профессор;

Ваучский Михаил Николаевич, доктор технических наук профессор;

Гуков Дмитрий Васильевич, доктор технических наук профессор;

Даутова Ольга Борисовна, доктор педагогических наук профессор;

Дружинин Пётр Владимирович, доктор технических наук профессор, засл. Работник высш. Шк. РФ;

Ивахнюк Григорий Константинович, доктор химических наук профессор;

Игнатчик Виктор Сергеевич, доктор технических наук профессор;

Изонов Виктор Владимирович, доктор исторических наук, профессор;

Казаков Юрий Николаевич, доктор технических наук профессор;

Крисковец Татьяна Николаевна, доктор педагогических наук доцент;

Курмышов Василий Михайлович, доктор исторических наук доцент;

Махонько Виктор Петрович, доктор военных наук, профессор;

Мильбах Владимир Спартакович, доктор исторических наук профессор;

Печников Андрей Николаевич, доктор технических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный деятель техники Российской Федерации;

Путилин Павел Александрович, кандидат технических наук;

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук профессор;

Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук профессор;

Смирнов Александр Васильевич, доктор технических наук профессор;

Таранцев Александр Алексеевич, доктор технических наук профессор, засл. Работник высш. Шк. РФ;

Третьяков Юрий Александрович, доктор военных наук профессор;

Шаронов Александр Николаевич, доктор военных наук, профессор.

Учредитель и издатель научного журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» – Унитарная некоммерческая организация Фонд содействия развитию Военного института (инженерно-технического) «ВИТУ».

Средство массовой информации – журнал «Военный инженер» зарегистрировано 15 сентября 2016 года. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77–67057 от 15.09.2016 выдано Федеральным агентством по печати и массовым коммуникациям.

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 с 22.12.2020 г.

Электронные версии журнала размещаются на сайте Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru). Журнал включён в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Подписной индекс журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» в ФГУП «Почта России» П4852.

Выпускающий редактор:	Сдано в набор 22.03.2025	Бумага типографская
Путилин П.А.	Подписано в печать 27.03.2025	Печать цифровая
Редактор текстов на английском языке:	Формат бумаги 60 x90 1/8	Заказ № 3/24
Путилин П.А.		Тираж 300 экз.
Экспертиза текстов статей на объём заимствований: Путилин П.А.		Цена договорная
Дизайн обложки: Путилин П.А.		
Вёрстка: Тюрин А.В.		

Почтовый адрес редакции журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР»: 191123, г. Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д.22, оф.716, e-mail: me_journal@mail.ru, страница журнала на сайте: http://viit.spb.ru/military_engineer/

Фонд содействия развитию Военного института Журнал «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» 2025, №1 (№35)
(инженерно-технического) «ВИТУ»
191123, Санкт-Петербург, Захарьевская ул., д. 22.
e-mail: me_journal@mail.ru

Федеральное ведомство по инфраструктуре министерства обороны Германии

Federal infrastructure agency German Ministry of Defense

Аннотация. В статье рассматриваются основные направления деятельности военно-строительного комплекса Министерства обороны ФРГ. Основное внимание уделено деятельности по военному строительству и техническому обслуживанию объектов, устойчивости к окружающей среде и энергии, а также порядку финансирования военного строительства.

Abstract. The article discusses the main activities of the military construction complex of the Ministry of Defense of the Federal Republic of Germany. The main focus is on military construction and facility maintenance activities, environmental and energy sustainability, and the financing of military construction.

Ключевые слова: строительство, ремонтные работы, эксплуатация объектов недвижимости, энергоснабжение, Министерство обороны ФРГ, Федеральное ведомство по инфраструктуре, охране окружающей среды и обслуживания бундесвера.

Keywords: construction, repair work, operation of real estate, energy supply, Ministry of Defense of the Federal Republic of Germany, Federal Agency for Infrastructure, Environmental Protection and Services of the Bundeswehr.

Руководство Министерства обороны ФРГ считает, что без надлежащей инфраструктуры бундесвер не сможет выполнять свои задачи в области обороны страны и НАТО. Соответствующая инфраструктура так же важна для этого, как и вооружение, военная техника и технологии. Военнослужащим нужны современные жилые помещения, оптимизированные рабочие места и хорошо оснащенные учебные объекты. Современное оборудование, самолеты, системы вооружения и военно-морские базы также нуждаются в соответствующей инфраструктуре. Это основа для эффективного обучения и успешного развертывания войск (сил) [1].

Кроме того, тема устойчивого развития играет все более важную роль во многих сферах деятельности бундесвера, и учитывается в течение многих лет при

планировании строительства инфраструктуры бундесвера.

Инфраструктурные задачи бундесвера внутри страны, за рубежом и на театрах военных действий объединены в единую структуру – Федеральное ведомство по инфраструктуре, охране окружающей среды и обслуживания бундесвера (BAIUDBW) со штаб-квартирой в Бонне. Здесь все строительные работы бундесвера планируются и реализуются совместно с соответствующими строительными управлениями федеральных земель. Здесь с самого начала необходимые здания и сооружения планируются и проектируются, проводится сопровождение строительства и обслуживание до тех пор, пока их не снесут с завершением срока эксплуатации.

Федеральное ведомство по инфраструктуре, охране окружающей среды и обслуживания бундесвера, являющееся

федеральным органом в структуре Министерства обороны ФРГ, создается с 1 августа 2012 года в ходе реформирования бундесвера (рисунок 1).

Оно отвечает за определение потребностей, строительство и эксплуатацию объектов бундесвера в Германии, за рубежом и в районах боевых действий, организацию питания личного состава, организацию перевозок личного состава и грузов, охрану окружающей среды, охрану труда и противопожарную защиту. Оно является крупнейшей гражданской организацией бундесвера и подчиняется государственному секретарю Министерства обороны.

Ведомство насчитывает до 3700 гражданских специалистов и военнослужащих, включая более 700 сотрудников в семи региональных центрах управления строительством, являющихся его структурными подразделениями. В общей сложности в его собственных и подчиненных структурах работают более чем 26 тыс. человек.



Рисунок 1. Эмблема Федерального ведомства по инфраструктуре, охране окружающей среды и обслуживания бундесвера

Кроме того, имеются военно-административные пункты бундесвера в США и Канаде, Италии, Нидерландах, Франции,

Бельгии, Великобритании и Польше, включая их отделения на местах.

Центральное управление ведомства состоит из группы административных сотрудников управления и шести департаментов:

группа сотрудников администрации непосредственно подчиняется руководству ведомства и консультирует его по вопросам организационной стратегии и кадровой политики, а также права. Кроме того, они отвечают за контроль и планирование деятельности региональных центров строительства и работу центра прессы и информации;

центральный департамент отвечает за организацию офиса и подчиненных отделов и, следовательно, отвечает за надзор за службой. Кроме того, он выполняет все задачи по оцифровке, координации ИТ и информационной безопасности в ведомстве и подчиненных ему структурных подразделений. Кроме того, департаментом планируется бюджет, материально-техническое обеспечение и внутренняя служба в ведомстве;

департамент персонала и безопасности (PS) отвечает за все кадровые вопросы учета военнослужащих и гражданского персонала, а также за обучение и повышение квалификации всех сотрудников ведомства и подчиненных ему структур. Кроме того, отвечает за безопасность персонала и защиту данных о вооруженных силах;

департамент финансов и контроля (FC) отвечает за ведение бухгалтерского и централизованного учета, отвечает за обеспечение качества исследований по рентабельности в бундесвере;

департамент инфраструктуры занимается строительством в интересах бундесвера на территории Германии и за рубежом, решает все задачи, связанные с недвижимостью. Отвечает за планирование инфраструктуры, структурную безопасность объектов, эксплуатацию объектов в Германии и за рубежом;

департамент правовой защиты (GS) берет на себя основные задачи по охране труда, защите окружающей среды, экологии, перевозками опасных грузов, управлению отходами. Он осуществляет надзор за выполнением правовой и противопожарной защиты, является органом технического мониторинга бундесвера по вопросам радиационной защиты;

департамент услуг и права (DL) занимается закупками основных продуктов питания, необходимых материалов для бундесвера, включая энергоснабжение, и отвечает за материальное обеспечение войск. В этот департамент также входят центральная типография бундесвера, отдел по правовым вопросам ведомства и центр по управлению перевозками и командировками личного состава бундесвера.

Департаменту инфраструктуры подчиняются семь центров управления строительством в городах Киль, Ганновер, Дюссельдорф, Висбаден, Штутгарт, Мюнхен и Штраусберг.

Региональные центры управления строительством проводят строительные работы в своих регионах ответственности, являются владельцами государственных зданий и сооружений и являются органами, заключающими контракты с соответствующими подрядчиками.

На них возлагаются задачи по охране труда и профилактики пожаров и защите окружающей среды, а также контакты с государственными органами. Они комплектуются как гражданским персоналом, так и военнослужащими.

Организационно они включают:

группу неотложных программ;

отдел К 1 управления строительными проектами 1;

отдел К 2 управления строительными проектами 2;

отдел К 3 технический;

отдел К 4 основных задач и бюджета;

отдел К 5 государственно-правового надзора;

отдел К 6 охраны окружающей среды и утилизации отходов.

Региональный центр управления строительством в Дюссельдорфе, в котором работают до 100 человек, отвечает за регион Северный Рейн-Вестфалия, а также все объекты, используемые бундесвером за рубежом.

Региональный центр управления строительством в Ганновере отвечает за территорию федеральных земель Свободного ганзейского города Бремена и Нижней Саксонии. В нем работают до 110 человек.

Региональный центр управления строительством в Киле, численностью до 130 человек, отвечает за территорию федеральных земель Свободного ганзейского города Гамбурга, Мекленбурга-Передней Померании и Шлезвиг-Гольштейна.

Он эксплуатирует такие объекты как военный госпиталь, Академия руководящего состава, Университет бундесвера в Гамбурге, Школа офицерского состава ВМС «Мюрвик» и Школа стратегической разведки в Фленсбурге, аэродромы в Лааге и Ягеле, Центр морских операций в Ростке, Техническая школа ВМС в Парове, училище ВВС в Апмене, военно-морская школа в Плоне, военно-морские базы в Киле, Эккернфёрде и Варнемюнде.

Региональный центр управления строительством в Мюнхене отвечает за строительство и эксплуатацию военных объектов на территории Баварии. В центре насчитывается 120 сотрудников.

Региональный центр управления строительством в Штраусберге, насчитывающий до 100 сотрудников, отвечает за федеральные земли Берлин, Бранденбург, Саксония, Саксония-Ангальт, Тюрингия.

Региональный центр управления строительством в Штутгарте отвечает за военные объекты на территории Баден-Вюртемберг. Среди них выделяются завершённое в 2019 году строительство геотермальной установки в Пфуллендорфе, Верхняя Швабия, генерирующей около 6100 мегаватт-часов в год, почти полностью

покрывая потребности в тепле и горячей воде казарм Штауфер. Эксплуатируется подземное сооружение Неккарциммерн, являющееся крупнейшим в своем роде в Европе, и используемым бундесвером с 1956 года как склад материалов. Центр также отвечает за объекты Немецко-французской бригады.

Региональный центр управления строительством в Висбадене, численность до 100 человек, отвечает за федеральные земли Гессен, Рейнланд-Пфальц и Саар. Помимо прочего, управляет Центральным госпиталем бундесвера в Кобленце, казармой Георга Фридриха в Фрицларе, военным полигоном Баумхолдер, аэродромом НАТО в Бюхеле [2].

Бундесвер располагает около 1500 городками, включающими более 33 тыс. зданий, общей площадью более 260 тыс. гектаров. В 2018 году более 50 % жилых

зданий в военных городках находилось в хорошем состоянии, на остальных отчетливо виднелись следы курса жесткой экономии последних лет. Так, 38 % имели большие недостатки, а 9 % не эксплуатировалось.

В сентябре 2024 года отмечалась необходимость переоборудовать аэродромы под новые истребители F-35, модернизировать казармы и привести их в соответствие с новыми энергетическими стандартами, перестроить склады боеприпасов. Федеральное министерство обороны оценивает финансовые потребности в военной инфраструктуре примерно в 60 миллиардов евро, так как в последние десятилетия этим пренебрегали [3].

Внутри страны за 2024/2025 годы построены и строятся здания и сооружения различного типа (таблица 1).

Таблица 1.

Построенные и строящиеся здания и сооружения различного типа в 2024/2025 годах

Тип зданий и сооружений	Строительство ведется	Строительные работы завершены
Жилые здания	68 (5928 жилых помещений)	92 (8197 жилых помещений)
Служебные здания	40 (49 160 м ² служебных помещений)	86 (82 313 м ² служебных помещений)
Хозяйственные и вспомогательные здания	21	28
Спортивные сооружения	2	12
Учебные объекты	68	95

Создание современного жилья в Германии является частью программы по модернизации бундесвера. В рамках программы «Бундесвер в лидерах – активный, привлекательный, другой», путем комплексной модернизации зданий, личный состав получит высокий уровень комфорта при значительном сокращении эксплуатационных расходов.

Командование бундесвера считает, что в области набора личного состава можно добиться успеха только в том случае, если жилые помещения и функциональные здания соответствуют современным стандартам и, таким образом, кандидаты найдут привлекательную атмосферу и условия для

службы. Отчасти по этим причинам возникают очень сложные инфраструктурные проекты.

С 1 декабря 2014 года вводится новый стандарт размещения, предусматривающий отдельную ванную комнату для каждой жилой комнаты. Этот измененный стандарт размещения относится ко всем военнослужащим, за исключением размещения новобранцев в период первоначальной военной подготовки.

Новый стандарт размещения 2014 года, первоначально постепенно вводится в военно-учебных заведениях и удаленных гарнизонах, став основным в бундесвере только в долгосрочной перспективе

(рисунок 2, 3).



Рисунок 2. Одноместная комната

Для внедрения стандарта 2014 года, необходимо иметь достаточные бюджетные средства и перспективу ускорения программы реконструкции и строительства. Для модернизации с 2015 по 2017 годы жилых зданий планировалось инвестировать в инфраструктуру до 500 млн евро [4]. В Германии в казарме Бальтазар-Нойманн в Файтсхеххайме реализован проект GMP – строительство первой трехэтажной монолитной железобетонной казармы для нового стандарта размещения военнослужащих – «однокомнатное жилье с душевой кабиной». Казарма состоит из двух L-образных угловых зданий. Затраты на строительство составили до 16 млн евро.



Рис. 3. Ванная комната

Создание современного жилья в Германии является частью программы по модернизации бундесвера. В рамках

программы «Бундесвер в лидерах – активный, привлекательный, другой», путем комплексной модернизации зданий, личный состав получит высокий уровень комфорта при значительном сокращении эксплуатационных расходов.

Командование бундесвера считает, что в области набора личного состава можно добиться успеха только в том случае, если жилые помещения и функциональные здания соответствуют современным стандартам и, таким образом, кандидаты найдут привлекательную атмосферу и условия для службы. Отчасти по этим причинам возникают очень сложные инфраструктурные проекты.

С 1 декабря 2014 года вводится новый стандарт размещения, предусматривающий отдельную ванную комнату для каждой жилой комнаты. Этот измененный стандарт размещения относится ко всем военнослужащим, за исключением размещения новобранцев в период первоначальной военной подготовки.

Новый стандарт размещения 2014 года, первоначально постепенно вводится в военно-учебных заведениях и удаленных гарнизонах, став основным в бундесвере только в долгосрочной перспективе (рис. 2, 3).

Для внедрения стандарта 2014 года, необходимо иметь достаточные бюджетные средства и перспективу ускорения программы реконструкции и строительства. Для модернизации с 2015 по 2017 годы жилых зданий планировалось инвестировать в инфраструктуру до 500 млн евро [4].

В Германии в казарме Бальтазар-Нойманн в Файтсхеххайме реализован проект GMP – строительство первой трехэтажной монолитной железобетонной казармы для нового стандарта размещения военнослужащих – «однокомнатное жилье с душевой кабиной». Казарма состоит из двух L-образных угловых зданий. Затраты на строительство составили до 16 млн евро.

Здания имеют помещения площадью 8200 кв. м., с общей площадью 6400 кв. м. и общий объем до 35400 кубометров.

254 одноместные комнаты площадью 13,5 кв. м., каждая с ванной комнатой 3,5 кв. м (душ, туалет и умывальник). Комнаты оборудованы письменным столом, бесплатным беспроводным доступом в Интернет, так как основными жильцами являются курсанты (рисунок 2, 3, 4).



Рис. 4 Центральный коридор на этаже

Новые жилые помещения спроектированы с учетом функциональности

и эффективности. Помимо достаточного пространства для личных вещей, особое внимание уделяется пространству, необходимому для снаряжения военнослужащих. Энергоэффективность обеспечивается современными технологиями, которые интегрируются в конструкции. Это касается, например, светодиодного освещения, фотоэлектрических систем, тепловых насосов или подключения к сетям централизованного теплоснабжения, а также использования в строительстве особо экологичного и теплоизоляционного материала (рисунок 5, 6).



Рис. 5. Строительство в г. Унна восьми новых казарм для 1300 военнослужащих



Рисунок 6. План и разрез казармы в Унна

Планируется к 2025 году иметь от 20 до 30 тыс. жилых помещений нового стандарта. Новый стандарт предоставляет военнослужащим современную среду обитания в новой, архитектурно

привлекательной инфраструктуре. Это должно повысить удовлетворенность военнослужащих. В рамках программы привлекательности бундсвера предусматривается разрешение установки

плоских телевизоров, гардеробных зеркал, холодильников, торшеров и настольных ламп в новых комнатах [5].

Распространение получают сборные модульные строительные конструкции, которые на 90 % изготавливаются на заводах-производителях, сокращают время строительства на 70 %, улучшают теплоизоляцию на 30 %, снижают энергопотребление, позволяют расширять, перестраивать и модернизировать существующие объекты (рисунок 7, 8).



Рисунок 7. Модульное здание бундесвера



Рисунок 8. Строительство модульного здания

В Гессене с 2020 года, в казармах Кнюлл в Шварценборне построили 384 жилых помещений в модульном деревянном и экологическом исполнении. В соответствии с новой «модульной системой» в Гессене в других гарнизонах во Франкенберге/Эдере, Фрицларе, Касселе, Пфунгштадте и Штадталлендорфе планируется построить в общей сложности до 1300 аналогичных жилых помещений.

Новое жилье должно стать образцом для размещения личного состава по всей Германии, в соответствие с новым современным стандартом бундесвера.

Особенностью модульной системы является объединение комнатного модуля, включающего ванную с другими комнатными модулями на

месте строительства для создания здания. Далее производится облицовка фасада и возводится крыша. Высокая степень предварительной сборки на заводе-изготовителе сокращает время строительства, а типовое использование снижает затраты на планирование. Быстровозводимые модульные блоки изготавливаются с использованием устойчивых деревянных конструкций.

Два новых здания бундесвера в Баден-Вюртемберге, построенные в последние годы, в особой степени учитывали критерии устойчивого строительства при проектировании и строительстве: центр семейного ухода в Штеттен-ам-Кальтемаркт и детский сад при госпитале бундесвера в Ульме отвечают самым высоким требованиям по предотвращению загрязнения за счет использования экологически чистых материалов. Для этого их даже сертифицировали в соответствии с так называемой «Системой оценки устойчивого строительства для федеральных зданий» (BNB) и признали особо устойчивыми зданиями.



Рисунок 9. Вид жилой комнаты

BNB анализирует экологическое, экономическое, социокультурное и функциональное качество здания. Это касается, например, использования таких ресурсов, как вода, энергия или площадь. Также изучается использование возобновляемых источников энергии, срок службы здания или аспекты здоровья, дизайн, функциональность и практичность. В зависимости от того, насколько соблюдены все эти критерии, здание может соответствующим образом сертифицировано для устойчивого строительства.

Центр передового опыта Регионального центра управления строительством в Штутгарте, отвечал за строительство обоих зданий в управлении строительными проектами со

стороны бундесвера. Помимо использования возобновляемого строительного материала, древесины, все другие материалы также тщательно обрабатывались, чтобы избежать попадания загрязняющих веществ. Для всех деревянных строительных деталей использовались местные хвойные породы из Шварцвальда. Не только несущие элементы деревянной каркасной конструкции, но и решетчатый фасад создавались из белой пихты.

Казармы будущего представляются безопасными, сетевыми и привлекательными (рисунок 10).

Благодаря инновационной системной концепции повышается энергоэффективность казарм и их экологичность. Хорошо продуманные концепции отопления, охлаждения и энергоснабжения обеспечивают эффективность и потенциальную экономию. Резервирование энергосистемы создает основу для обеспечения безопасности в казармах. Например, солнечные панели или ветряные турбины делает их независимыми. Самодостаточное энергоснабжение включает в себя хорошо продуманные решения для накопления энергии, что является идеальным дополнением к целостной энергетической системе.

Требования безопасности достигаются с помощью различных интеллектуальных решений, адаптированных к индивидуальным потребностям казарм. Например, с помощью интеллектуального мониторинга входов и зданий обеспечивается безопасность важных объектов. Кибер и ИТ безопасность достигается с помощью необходимых мер защиты. Спутниковая и экстренная связь, GPS и системы аварийной сигнализации обеспечивают безопасность в любых ситуациях.

Цифровая инфраструктура превращает казармы будущего в энергосберегающие, устойчивые, климатически нейтральные, умные и с цифровыми сетями. Мощные волоконно-оптические широкополосные соединения становятся стандартом. В казармах появляется общественный WiFi.

Интеллектуальная светодиодная технология умного освещения и дополнительные

преимущества обеспечивают свет и комфорт.

Интеллектуальные системы управления позволяют без напряжения распределять парковочные места транспортных средств.

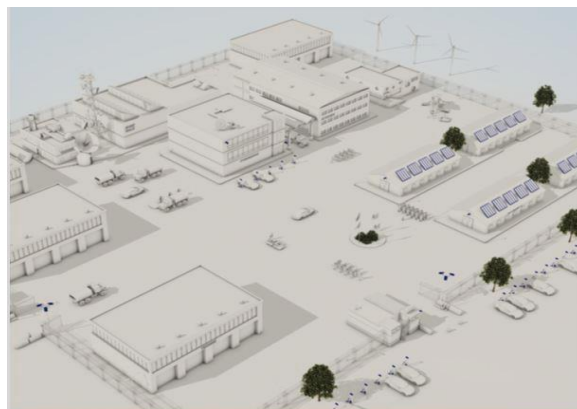


Рисунок 10. Проект будущего военного городка бундесвера

Транспортные услуги и логистика осуществляется с помощью автоматизированной системы управления, а грузы перевозятся автономными мини-транспортёрами [6].

Значительное внимание уделяется возведению различных специальных объектов для сухопутных войск, ВВС и ВМС (рисунок 11, 12, 13).



Рисунок 11. Испытательный стенд для военной техники

Так, бундесвер превращает авиабазу НАТО Витмунд в северной части Нижней Саксонии в один из самых современных военных аэродромов Германии. Для новой взлетно-посадочной полосы, подъездных и рулежных дорожек строительная компания «Johann Bunte» использует цементы с пониженным содержанием клинкера, позволяющие снизить выбросы CO₂ примерно на 39 % по сравнению с портландцементом того же класса прочности [7].

Для реализации проекта «Обеспечение жильем в ходе боевых действий» Федеральное ведомство по инфраструктуре, охране окружающей среды и обслуживанию бундесвера в августе 2021 года заключило рамочный контракт с компаний «Rheinmetall», являющейся одной из трех компаний, выбранных бундесвером в качестве стратегических партнеров для размещения войск в ходе операций за рубежом. Контракт рассчитан на четыре года с возможностью продления на три года. В течение этого времени Rheinmetall обязуется предоставлять услуги по заявкам бундесвера для размещения войск в полевых условиях [8].



Рисунок 12. Авиабаз Витмунд перестраивается в один из самых современных военных аэродромов Германии



Рисунок 13. Верфь ВМС в Росток

На второй специализированной технической конференции по инфраструктуре в Министерстве обороны ФРГ 23 сентября 2024 года целью являлось ускорение реализации проектов военного строительства. В будущем это планируется достичь за счет реализации 38 конкретных мер включающих, среди прочего: внедрение информационной платформы, предназначенной для содействия

сотрудничества между земельными строительными организациями за счет еще более тесных связей между заинтересованными сторонами. Это позволит эффективно использовать свободные мощности в разных землях;

работа по повышению предельных лимитов стоимости в федеральном процессе строительства, чтобы для большего количества строительных работ применялись упрощенные процедуры выдачи разрешений. Это значительно ускорит процедуры;

продолжающиеся усилия по упрощению дальнейших положений законодательства о закупках, строительстве и бюджете. Это даст больше гибкости и свободы проектирования, особенно при заключении контрактов на строительство.

Проектная группа продолжает предлагать меры по набору персонала для федерального строительства. Это включает, например, руководство с рекомендациями по набору и удержанию персонала, а также по улучшению взаимодействия между кадровыми службами.

особое внимание смягчить принцип так называемого льготного кредитования федерального военного строительства. этот пункт является важным условием для упрощения найма генеральных подрядчиков, что должно привести к значительному снижению нагрузки на строительные управления и заметному ускорению процесса создания инфраструктуры [9].

В проекте бюджета Министерства обороны на 2025 финансовый год в главе 1408 «Размещение» отмечается, что право собственности на служебную недвижимость бундесвера в Германии, как правило, передается Федеральному агентству недвижимости (BImA).

Однако бундесвер продолжает эксплуатацию объектов даже после передачи прав собственности. Это включает, в частности, техническое и инфраструктурное управление зданиями, снабжение и утилизацию отходов, а также охрану окружающей среды [10].

Еще одной ключевой областью расходов является возмещение выплат, осуществляемые в

соответствии с административными за выполнение строительных задач бундесвера соглашениями между федеральным федеральными и земельными строительным правительством и федеральными землями ведомствами (таблица 2).

Таблица 2.

Ключевые финансовые приоритеты главы 1408 «Размещение»

Описание главы 1408	Цель 2025 в 1000 €	Цель 2024 в 1000 €	Изменение по сравнению с 2024 в 1000 €	Это в 2023 в 1000 €
<i>Доходы</i>				
Административные доходы	–	–	–	21 252
Прочие поступления	934	934	–	27 493
Общий доход	934	934	–	48 745
<i>Расходы</i>				
Другие административные расходы	5 553 966	5 343 394	+210 572	5 144 059
Военные закупки, сооружения и т. д.	1 709 000	1 551 200	+157 800	1 251 253
Ассигнования и гранды (за исключением инвестиций)	684 870	658 900	+25 970	596 374
Расходы на инвестиции	218 100	175 650	+42 450	107 256
Расходы по специальному финансированию	–	–	–	–
Общие расходы	8 165 936	7 729 144	+436 792	7 098 942
Утверждение обязательств в бюджете 2025				
Разрешение на выполнение обязательств	1 379 250			
Из них к оплате:				
в 2026 финансовом году до	888 000			
в 2027 финансовом году до	372 750			
в 2028 финансовом году до	84 000			
в 2029 финансовом году до	10 500			
в 2030 финансовом году до	10 500			
в 2031 финансовом году до	3 000			
в 2032 финансовом году до	3 000			
в 2033 финансовом году до	3 000			
в 2034 финансовом году до	3 000			
в 2035 финансовом году до	1 500			

Ключевая цель, которая достигается за счет бюджетных средств состоит в том, что бундесвер должен находиться в состоянии

выполнять свои функциональные задачи, а для этого должен иметь соответствующую инфраструктуру в стране и за рубежом.

Список литературы

1. Bundeswehr und Infrastruktur – URL: <https://www.bundeswehr.de/de/organisation/infrastruktur-umweltschutz-und-dienstleistungen/aktuelles/schwerpunktthemen/bundeswehr-und-infrastruktur> (дата обращения 5.03.2025).
2. Селеменев В. Н. Зарубежный опыт расквартирования войск – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2021.
3. Bundeswehr: Finanzbedarf von 60 Milliarden Euro für militärische Infrastruktur – URL: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/bundeswehr-finanzbedarf-von-60-milliarden-euro-fuer-militaerische-infrastruktur/100072347.html> (дата обращения 6.03.2025).
4. Stellungnahme des Bundesministeriums der Verteidigung zum Jahresbericht 2014 des Wehrbeauftragten des Deutschen Bundestages. Berlin, 22. Juni 2015. P. 27.
5. Von Christoph Cuntz. Wohlfühlfaktor hinterm Kasernentor: Die Bundeswehr modernisiert ihre Unterkünfte. Usinger-Anzeiger 29.05. 2018.
6. Moderne Infrastrukturlösungen für die Kaserne der Zukunft. EnBW Energie Baden-Württemberg AG. Geschäftseinheit Systemkritische Infrastruktur. Durlacher Allee 93. 76131 Karlsruhe. P. 4.

7. Umbau NATO-Flugplatz Wittmund: CO2-sparende Zemente für Eurofighter-Standort – URL: <https://bi-medien.de/fachzeitschriften/baumagazin/tiefbau-strassenbau/umbau-nato-flugplatz-wittmund-co-2-sparende-zemente-fuer-eurofighter-standort-b16891> (дата обращения 11.03.2025).
8. Besser Wohnen mit Rheinmetall | SPARTANAT – URL: <https://spartanat.com/steyr-arms/besser-wohnen-mit-rheinmetall> (дата обращения 15.02. 2025).
9. Stärkung der militärischen Infrastruktur – URL: <https://www.bmvg.de/de/aktuelles/38-massnahmen-staerkung-militaerischer-infrastruktur-5840664> (дата обращения 10.03.2025).
10. Entwurf zum Bundeshaushaltsplan 2025 Einzelplan 14 Bundesministerium der Verteidigung – URL: <https://www.bundeshaushalt.de/static/daten/2025/soll/draft/epl14.pdf> (дата обращения 27.12. 2024)

**Результаты исследований закономерностей изменения затрат на строительство
очистных сооружений систем водоотведения**

**The results of research on the patterns of changes in the costs of construction of wastewater
treatment plants**

Аннотация. В статье рассмотрены и проанализированы инвестиционные затраты на строительство очистных сооружений систем отведения (очистных сооружений хозяйственно – бытовых и производственных сточных вод, биологически удерживающих систем (БУС) и очистных сооружений поверхностного стока (ОСПС)) и их зависимость от физических показателей (среднегодового суточного и расчетного расхода сточных вод, эквивалентного числа жителей и накопительного объема).

Abstract. The article considers and analyzes the investment costs for the construction of wastewater treatment plants (wastewater treatment plants for domestic and industrial wastewater, biologically active systems (BUS) and surface runoff treatment plants (ISPS)) and their dependence on physical indicators (average annual daily and calculated wastewater consumption water, equivalent number of inhabitants and cumulative volume).

Ключевые слова. Система водоотведения, система поверхностного стока, очистные сооружения, биологически удерживающие системы, ливневая канализация, инвестиционные затраты на строительство систем водоотведения.

Keywords. Wastewater disposal system, surface runoff system, sewage treatment plants, biological containment systems, storm sewers, investment costs for the construction of wastewater disposal systems.

Введение

Системы водоотведения объектов военной инфраструктуры и урбанизированных территорий играют определяющую роль в обеспечении санитарного состояния мест пребывания людей и защиты водоемов от загрязнения сточными водами. Они включают в себя транспортные и очистные сооружения. Первые предназначены для сбора и транспортировки сточных вод на очистку. Вторые – для их очистки перед сбросом в водоемы. В соответствии с Водным кодексом ¹ Российской Федерации все

сточные воды, включая хозяйственно-бытовые, производственные и поверхностные, должны очищаться до нормативных требований. Для решения этой задачи в соответствии с СП 32.13330.2018 ² создаются следующие варианты систем водоотведения:

- общесплавные, когда все сточные воды – бытовые, производственные и дождевые сплавляются по одной общей сети труб и каналов на очистные сооружения;
- раздельные, когда дождевые и условно-чистые производственные воды отводят по одной сети труб и каналов, а бытовые и

¹ "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).

² СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения (с Изменениями № 1, 2). – М.:

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2018. 84 с.

загрязненные производственные сточные воды – по другой, одной или несколькими сетям.

Результаты исследований предметной области [1–8] показывают, что в нашей стране исследования по оценке экономической эффективности различных вариантов схем систем водоотведения не проводилось. Исключение составляют исследования, выполненные в Ленинграде в 70-ых годах прошлого столетия. Они были ограничены сравнительными показателями только по сетям полной раздельной и общесплавной систем канализации [9]. Эти результаты потеряли актуальность, т.к.:

- изменилось соотношение между стоимостями материалов, оборудования, электроэнергии и т.п.;

- изменились требования к степени очистки сточных вод.

Кроме того, актуальность данного вопроса повысилась в связи с:

- необходимостью проведения восстановительных работ на новых территориях Российской Федерации. Ввиду значительных объемов работ вопросы оптимизации систем водоотведения приобрели особую актуальность;

- изменением климата, сопровождающимся увеличением интенсивностей и частоты ливневых дождей [10 – 12]. В результате эксплуатируемые системы водоотведения работают в режимах, когда расходы отводимых сточных вод превышают расчетные.

В зарубежной практике работы по оценке экономической эффективности проводятся несколько десятилетий. Результаты свидетельствуют о необходимости исследовать целесообразность применения дополнительных вариантов систем водоотведения с применением элементов так называемой «зеленой инфраструктуры», которые стали узнаваемым брендом [13 – 15].

В целом, очевидно, что в Российской Федерации вопросы экономической

эффективности применения различных вариантов систем водоотведения не исследованы, поэтому являются актуальными. Для решения данной проблемы в качестве первоочередных задач необходимо получить зависимости затрат на строительство транспортных и очистных сооружений систем водоотведения от их физических показателей. Настоящая статья посвящена решению задач для очистных сооружений.

Программой методики исследований предусматривалось:

- оценка стоимостных показателей сметной стоимости строительства очистных сооружений (общесплавных и раздельных) от физических показателей (среднесуточных расходов, приведенного числа обслуживаемых жителей). В качестве исходных данных применялась информация, содержащаяся в укрупненных нормативах цены строительства (НЦС 81- 02-14-2024) [16, 17] и фактические значения стоимостных показателей по реальным объектам, определяемым по состоявшимся закупкам на официальном сайте единой информационной системы в сфере закупок в информационно-телекоммуникационной сети Интернет в соответствии с Федеральными законами от 05.04.2013 N 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», от 18.07.2011 г. №223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», а так же, данные Департамента строительства Министерства обороны Российской Федерации, федерального казенного предприятия «Управление заказчика капитального строительства Министерства обороны Российской Федерации» и публично-правовой компании «Военно-строительная компания»;

- нормализация стоимостных показателей сметной стоимости

строительства, поскольку почти все собранные данные о затратах оказались не сопоставимы по времени. Она предусматривала корректировку затрат для того, чтобы отфильтровать колебания стоимости на протяжении многих лет, обусловленные ростом цен на материалы, оборудование и заработную плату. В результате все стоимостные показатели приведены к ценам на 4-ый квартал 2024 года.

■ **Исследование зависимости затрат на строительство очистных сооружений хозяйственно – бытовых и производственных сточных вод от их физических показателей**

На данном этапе в качестве объектов исследований приняты комплексы очистных сооружений с глубоким удалением азота и фосфора. С применением полученных таким образом данных определены две зависимости вида $C_{ос.хб} = f_1(Q)$ и $C_{ос.хб} = f_2(N)$ описывающие величину сметной стоимости строительства от следующих аргументов: среднегодового суточного расхода сточных вод (в м³/сут) Q и эквивалентного числа жителей N (в чел).

При этом (см. рис. 1, 2), доказано, что

$$C_{ос.хб} = \begin{cases} 105,05 * Q + 34975 & \text{при } Q \leq 30000 \\ 59,534 * Q + 1E+06 & \text{при } Q > 30000 \end{cases} \quad 1$$

где

$$N = 1000 * B_{БПК5} / a,$$

■ где $B_{БПК5}$ – максимальная средняя нагрузка по БПК5 ($Q * C_{БПК5}$) на очистные сооружения за 2 недели за 3-летний период наблюдений, кг O_2 /сут; $a = 60$ - расчетное количество загрязнений по БПК5 от одного жителя, г O_2 /чел. в сутки.

■ **Исследование зависимости затрат на строительство биологически удерживающих систем (БУС) от их физических показателей**

На данном этапе в качестве объектов исследований приняты элементы «зеленых технологий», такие как дождевые сады, биоудерживающие системы (БУС), крыши с растительностью, дождевые бочки и проницаемые тротуары.

Дождевой сад - это углубление в ландшафте, которое собирает дождевую воду с крыши, подъездной дороги или улицы и позволяет ей впитываться в землю. Дождевые сады, засаженные травами и цветущими многолетними растениями, могут быть экономически эффективным и красивым способом уменьшить стоки.

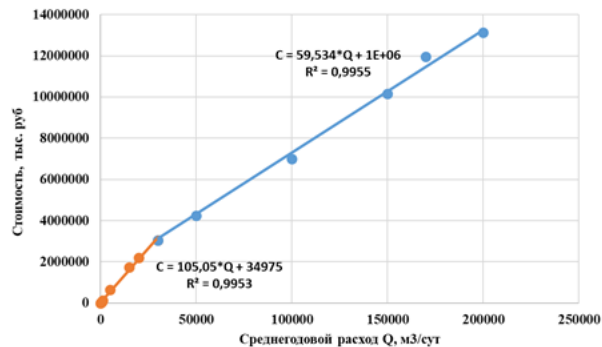


Рис. 1. Значение сметной стоимости строительства очистных сооружений хозяйственно – бытовых и производственных сточных вод в зависимости от среднегодовой суточный расход сточных вод

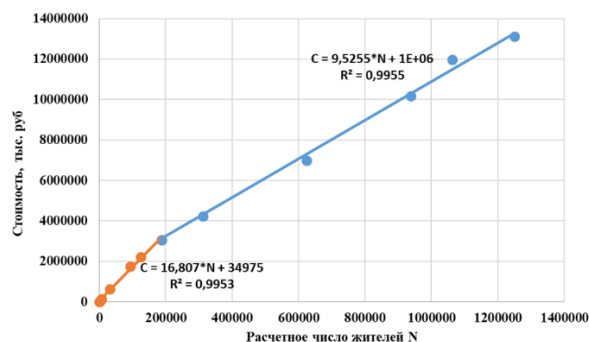


Рис. 2. Значение сметной стоимости строительства очистных сооружений хозяйственно – бытовых и производственных сточных вод в зависимости от приведенного числа жителей

Более сложные дождевые сады с дренажными системами и модифицированными почвами часто называют биоудерживающими системами (БУС), см. рис. 3, 4.

С применением полученных данных определена зависимость вида $C_{БУС} = f_3(V)$, описывающей величину сметной стоимости строительства БУС от одного аргумента – накопительного объема (в м³) V . Она имеет следующий вид (см. рис. 5)

$$C_{БУС} = 68284 * V. \quad (3)$$

■ **Исследование зависимости затрат на строительство очистных сооружений поверхностного стока (ОСПС) от их физических показателей**

На данном этапе в качестве объектов исследований приняты комплексы очистных сооружений поверхностного стока накопительного типа. С применением полученных таким образом данных определена зависимость вида $C_{\text{оспс}} = f_4(Q)$ описывающая величину сметной стоимости строительства от расчетного расхода сточных вод (в м³/час) Q . При этом (см. рис. 6)

$$C_{\text{оспс}} = 8,859 * Q^{0,7963}. \quad (4)$$



Рис. 3. Биоудерживающая система (БУС) в городской черте



Рис. 4. Биоудерживающая система (БУС) на автомобильной стоянке

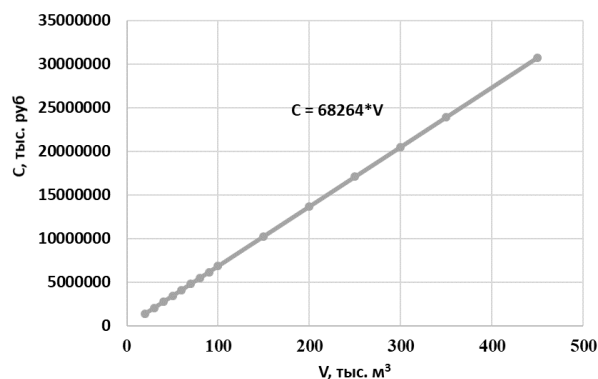


Рис. 5. Расчетные инвестиционные затраты на строительство БУС (без учета планировки территории и стоимости земли) в зависимости от аккумулирующего объема

■ **Исследование зависимости затрат на строительство очистных сооружений поверхностного стока (ОСПС) от их физических показателей**

На данном этапе в качестве объектов исследований приняты комплексы очистных сооружений поверхностного стока накопительного типа. С применением полученных таким образом данных определена зависимость вида $C_{\text{оспс}} = f_4(Q)$ описывающая величину сметной стоимости строительства от расчетного расхода сточных вод (в м³/час) Q . При этом (см. рис. 6)

$$C_{\text{оспс}} = 8,859 * Q^{0,7963}. \quad (4)$$

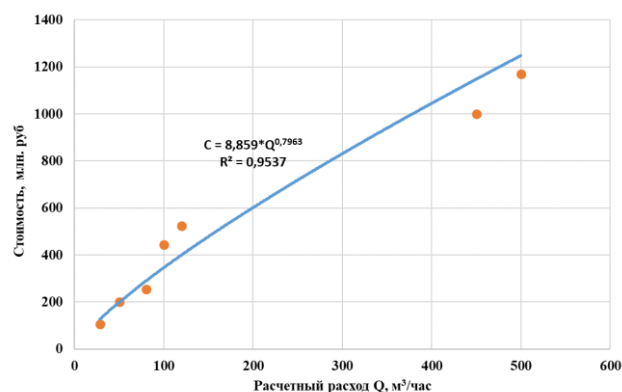


Рис. 6. Расчетные инвестиционные затраты на строительство очистных сооружений поверхностного стока в зависимости от расчетного расхода

▪ Выводы

1. Получены зависимости затрат на строительство очистных сооружений систем водоотведения от их физических показателей:

- очистных сооружений хозяйственно – бытовых и производственных сточных вод от двух аргументов: среднегодового суточного расхода сточных вод и эквивалентного числа жителей;
- биологически удерживающих систем (БУС) от одного аргумента –

накопительного объема;

- очистных сооружений поверхностного стока (ОСПС) от одного аргумента – расчетного расхода сточных вод.

2. Полученные зависимости затрат на строительство очистных сооружений систем водоотведения от их физических показателей позволяют обосновывать экономически эффективные решения по применению различных вариантов схем систем водоотведения.

Список литературы:

1. Горбачев П. Ф. Методы расчета ливневого стока. – М.: Издательство «Власть Советов» при Президиуме ВЦИК, 1937. 167 с.
2. Зак Г. Л. Гидравлические основы расчета канализационных сетей. – М.-Л.: Главная редакция строительной литературы, 1935. 173 с.
3. Белов Н. Н. Расчет дождевой канализационной сети. – М.: Издательство НКВД, 1931. 64 с.
4. Надысев В. С. Расчет дождевой и общесплавной канализации по методу «критических приливных площадей». – Л.: Госводоканалпроект, 1949. 95 с.
5. Молоков М. В., Шигорин Г. Г. Дождевая и общесплавная канализация. – М.: Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1954. 241 с.
6. Швецов Е. Д. Наружные водостоки. – М.-Л.: Госстройиздат, 1934. 130 с.
7. Курганов А. М. Таблицы параметров предельной интенсивности дождя для определения расходов в системах водоотведения: справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1984. 111 с.
8. Алексеев М. И., Курганов А. М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: учебное пособие. – М.: Издательство АСВ; СПб., СПбГАСУ, 2000. 352 с.
9. Шигорин Г. Г., Ясман Л. М., Лысс М. Ш., Знаменский В. А. Проектирование и строительство канализации (опыт Ленинграда). ССтройиздат, Ленинградское отделение, 1970 г. 120 с.
10. Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В., Феськова А. Я. Влияние изменений климата на гидравлические режимы систем отведения поверхностного стока // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 4 (84). С. 50–57.
11. Волков С. Н., Житенев А. И., Рублевская О. Н., Костенко И. Г., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В., Сеньюкович М. А. Особенности оценки расчетных интенсивностей дождей с учетом экстремальных ливней // Водоснабжение и санитарная техника. 2021. № 7. С. 50–55. DOI: 10.35776/VST.2021.07.07.
12. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
13. Grand-Clement, M. Challenges in Planning for Sustainable Stormwater Management in French Cities—A Case Study of the Grand Lyon. Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2016.
14. Bennion, H.; Battarbee, R. The European Union water framework directive: Opportunities for palaeolimnology. J. Paleolimnol. 2007, 38, 285–295.

15. Stahre, P. Sustainability in Urban Storm Drainage: Planning and Examples; Svenskt Vatten: Stockholm, Sweden, 2006.

16. Укрупненные нормативы цены строительства (НЦС 81- 02-14-2024) утверждённые приказом Минстроя России от 16 февраля 2024 г. № 113/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства», сборник № 14. Наружные сети водоснабжения и канализации.

17. Укрупненные нормативы цены строительства (НЦС 81- 02-14-2024) утверждённые приказом Минстроя России от 16 февраля 2024 г. № 113/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства», сборник № 19. Здания и сооружения городской инфраструктуры.

18. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС 10-2019) Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов, Москва, Бюро НДТ, 2019.

Экспериментальное исследование работы импульсной установки пожаротушения тонкораспыленной водой в условно герметичном помещении фортификационного сооружения

Experimental study of the operation of a pulsed fire extinguishing system with finely dispersed water in a conditionally sealed room of a fortification

Аннотация. Система пожаротушения тонкораспыленной водой широко используется в замкнутых помещениях, где очень важно время тушения возгорания и объем используемого огнетушащего вещества. Импульсный водяной туман – это новый тип установки пожаротушения, которая распыляет воду и делает временные паузы во время тушения пожара. Водяной туман образуется за счет рассеивания капель воды диаметром 150 мкм и менее под давлением на большой скорости. Сфокусировавшись на эффективности подавления возгорания установкой импульсного водяного тумана, была проведена серия экспериментов для изучения более эффективного способа циклической паузы, поведения установки подавления возгорания и распределения температуры в замкнутом пространстве.

Abstract. The fire extinguishing system with finely sprayed water is widely used in confined spaces, where the time of extinguishing a fire and the volume of extinguishing agent used are very important. Pulsed water mist is a new type of fire extinguishing system that sprays water and makes temporary pauses during fire extinguishing. Water mist is formed by scattering water droplets with a diameter of 150 microns or less under pressure at high speed. Focusing on the effectiveness of fire suppression with a pulsed water mist installation, a series of experiments were conducted to study a more effective method of cyclic pause, the behavior of the fire suppression installation and temperature distribution in an enclosed space.

Ключевые слова: водяной туман, циклическая пауза, пожаротушение, распыление, пауза, подавление.

Keywords: water mist, cyclic pause, firefighting, spraying, pause, suppression.

Количественное влияние на эффект тушения пожара давления тонко распыляемой воды на выходе и продолжительности интервала между периодическим включением и выключением форсунки. Ким и др. изучали влияние расхода и размера капель воды на тушение водяным туманом пожаров в нефтяных бассейнах [6].

Как новый метод тушения пожаров, система импульсной струи водяного тумана еще не получила широкого распространения. Несмотря на продемонстрированные преимущества

системы в тушении пожаров, еще предстоит детально изучить несколько аспектов: основной механизм тушения, цикл импульсной струи, время паузы и ее эффективность в условиях ограниченной вентиляции. Многие пожары связаны с источниками возгорания, состоящими из различных масел, горючие свойства которых варьируются. В данном исследовании были проведены эксперименты по определению эффективности системы импульсной струи водяного тумана при тушении масляного бассейна, подожженного в ограниченном

пространстве. Основной целью данного исследования является изучение эффектов и механизмов тушения пожара системой импульсного водяного тумана. Исследование будет полезно для продвижения методов импульсного водяного тумана и предлагает рекомендации по новой конструкции установок водяного тумана с улучшенными возможностями пожаротушения.

Экспериментальное оборудование

Замкнутое помещение, использованное в данном исследовании, имеет размеры $1,5 \times 1,5 \times 1,5$ м (длина, ширина, высота). Подставка, на которую было установлено корыто с горючим веществом, была изготовлена из стали толщиной 5 мм. Корыто с горючим веществом имеет размеры $1,5 \times 1,5 \times 0,1$ м (длина, ширина,

высота). Одна сторона условного помещения была выполнена из армированного стекла толщиной 5 мм, что позволяло во время экспериментов наблюдать за процессом горения и циркуляцией дыма в замкнутом пространстве. Другие стены были сделаны из гипсокартона для удобства установки и калибровки измерительного оборудования. С одной стороны замкнутого пространства была установлена дверь размером $1,0 \times 0,5$ м, на которой было закреплено регулируемое вентиляционное отверстие $0,45 \text{ м} \times 0,45 \text{ м}$. Форсунка для распыления водяного тумана была смонтирована в центральной части потолка на высоте 1,4 м от пола. Вся установка схематично представлена на рисунке 1.

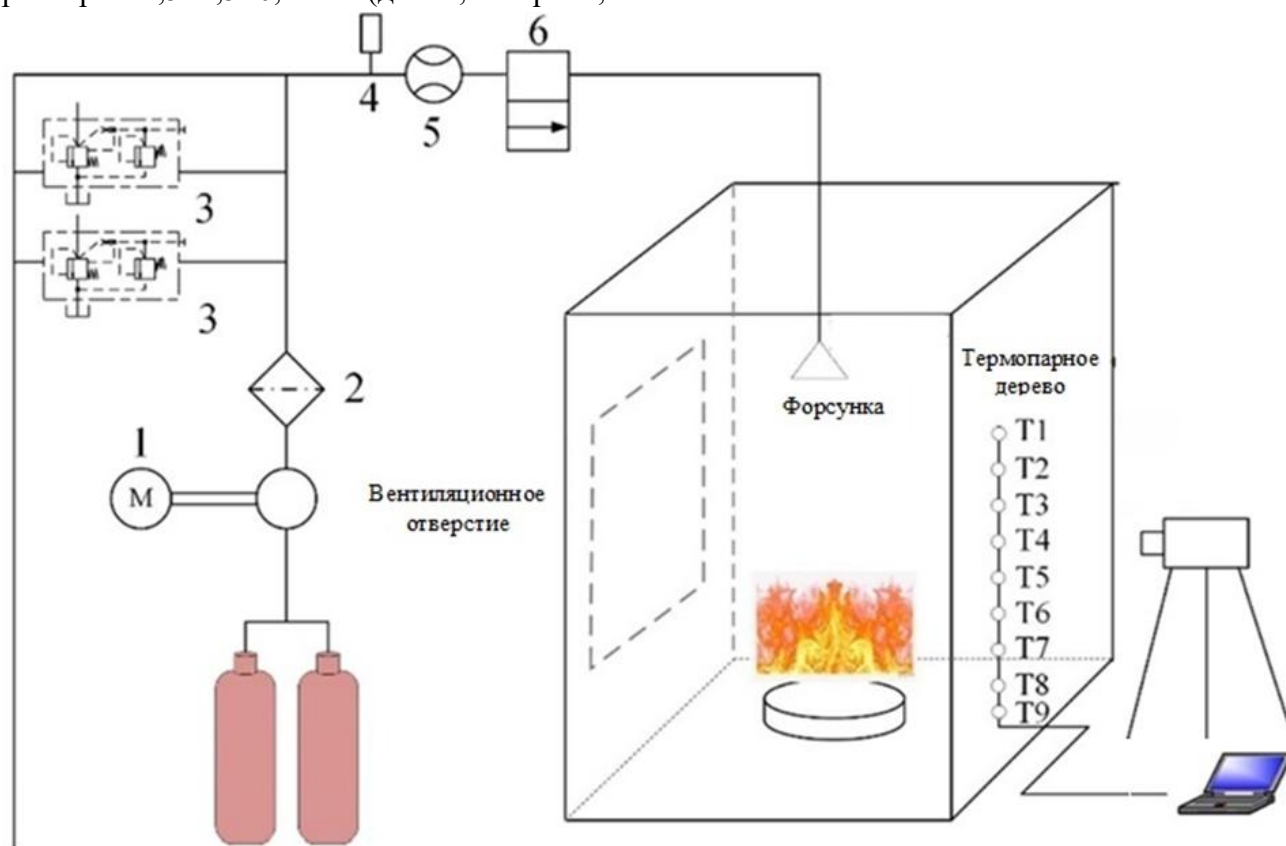


Рисунок 1. Схематическое изображение закрытого пространства: 1- компрессор, 2- фильтр, 3 - перепускной клапан, 4 - датчик давления, 5 – датчик расхода воды.

В эксперименте использовалась однофазная установка пожаротушения водяным туманом. Установка пожаротушения водяным туманом состоит из форсунки распыления воды, воздушного компрессора, порционного редукционного

клапана, датчика расхода воды, манометра и устройства управления. Четыре резервуара объемом 70 л (высота 1200 мм, диаметр 280 мм, заданное давление 1,5 МПа) использовались для хранения воды, которая

будет использоваться системой тушения водяным туманом.

Рабочее давление системы составляло от 0 до 3 МПа. В системе импульсного управления использовалось многоступенчатое цифровое реле с двойной настройкой и ограничением по времени для управления электромагнитным клапаном высокого давления, который был изготовлен из меди и имел максимальное давление 5 МПа.

Во время экспериментов рабочее давление регулировалось с помощью системы пропорционального регулирования редукционного клапана. В трубопроводе системы установлен датчик расхода воды для измерения изменения потраченного объема воды во время экспериментов.

На конце трубопровода был установлен цифровой прибор для измерения давления, который измерял давление на конце форсунки. Для измерения температуры в ходе испытаний использовалась термопара типа ТХА с погрешностью ± 1 °С. Термопара, расположенная на дне корыта, служила для измерения температуры поверхности корыта с горючим веществом. Термопара с порядковым номером 1 имела еще одну термопару сверху с интервалом 15 см. Всего было девять термопар с серийными номерами от 1 до 9. В качестве коллектора данных использовался портативный модуль сбора данных «Topric TR700». Экспериментальные параметры форсунки для распыления воды приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры форсунки для распыления воды

Давление (Мпа)	Расход (л/мин.)	Размер капли Dv0.99	Угол конуса распыления (°)
1,0	1,01	300-325	60
1,5	1,16	250-275	60
2,0	1,33	200-225	60
2,5	1,50	150-175	60

На начальных этапах эксперимента скорость распространения огненного факела была медленной, а форма факела, скорость тепловыделения и дымообразование изменялись непредсказуемо. По мере продолжения горения факел стабилизировался, а вместе с ним и его температура. Чтобы обеспечить квазистационарное горение, корыто с горючим веществом оставляли гореть естественным образом в течение 60 с, после чего его тушили водяным туманом.

Для капель размером 150 мкм:

$$H = \frac{0,6}{d} K P_r^{1,5} R_e^{0,5} \quad (1)$$

где P_r и R_e – коэффициенты Прандтля и Рейнольдса, соответственно.

K – теплопроводность.

$$S = \frac{Q_w}{Q_f} \quad (2)$$

где Q_w – коэффициент поглощения тепла водяным туманом, а Q_f – тепло, выделяемое спреем. Формула расчета приведена в работах.

Уравнение для замкнутого пространства может быть представлено как:

$$\frac{dU}{dt} = Q_X - Q_w - Q_v - Q_{wall} \quad (3)$$

где U – удельная внутренняя энергия, Q_v – интенсивность теплопотерь при вентиляции, а Q_{wall} – интенсивность теплопотерь в пограничном слое.

Результаты исследования. Сравнение различных методов тушения пожара.

Импульсная система тушения водяным туманом с активацией на 8 секунде и деактивацией на 4 секунде сравнивалась с непрерывной системой тушения водяным туманом. Кривые изменения температуры при непрерывном тушении водяным туманом и импульсном тушении водяным туманом представлены на рисунке 2. Когда

температура, измеренная термопарой T1, была значительно выше, чем у других термопар на стабильном этапе, температуры, измеренные термопарами T5 - T9, были почти равны друг другу. Когда была включена система непрерывного водяного тумана, температура T1 быстро снизилась. Когда температура, измеренная на T1, стабилизировалась на уровне 45 °С, соответствующая концентрация капель достигла 155 г/м³, и пламя погасло.

Этот экспериментальный результат можно резюмировать следующим образом: во время непрерывного процесса тушения водяным туманом кривая изменения температуры стремилась вниз с увеличением количества капель воды, а затем снижалась медленнее из-за

отсутствия внутреннего давления. Например, температура пожара упала с 594 до 350 °С за 31 секунду, затем потребовалось 148 секунд чтобы температура упала с 350 до 45 °С.

Соответственно, как показано на рисунке 2б, температура сохраняла высокое устойчивое состояние во время процесса тушения импульсным водяным туманом.

Спустя 78 секунд температура нагрева достигла постоянного значения. Это указывает на то, что импульсная система водяного тумана работает лучше, чем непрерывная система водяного тумана. Как показано на рисунке 2в, концентрация кислорода в течение периода значительно снизилась.

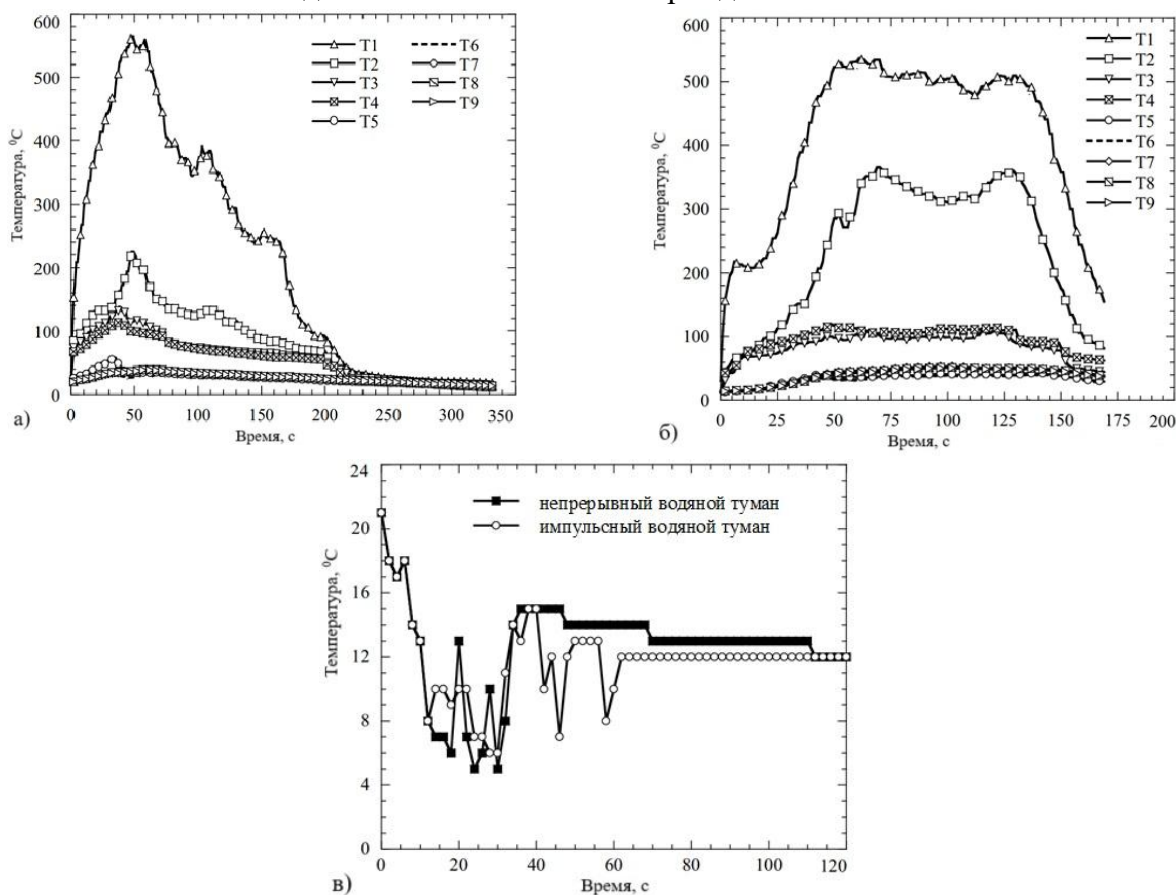


Рис. 2. Кривая изменения температуры а непрерывного водяного тумана и б импульсного водяного тумана в процессе тушения пожара (T1-T9 представляют девять термопар) и концентрация кислорода при использовании системы водяного тумана для подавления огня в замкнутом помещении.

Механизм тушения пожара и время срабатывания системы пожаротушения водяным туманом.

Различные циклы импульсного тушения водяным туманом представлены

на рис. 3. Тушение огня при высокой температуре происходит в течение 8 секунд после включения системы подачи туманной воды. Когда время активации

превышало 10 секунд, колебания температуры имели тенденцию к снижению. Чем дольше длится активация, тем больше импульсный водяной туман напоминает непрерывный водяной туман. При таких условиях температура тумана относительно

снижается, что получило название «охлаждение». Время, необходимое импульсному водяному туману для тушения огня, является самым коротким, когда используется импульсный цикл с чередованием 8 секунд времени активации и 4 секунды паузы.

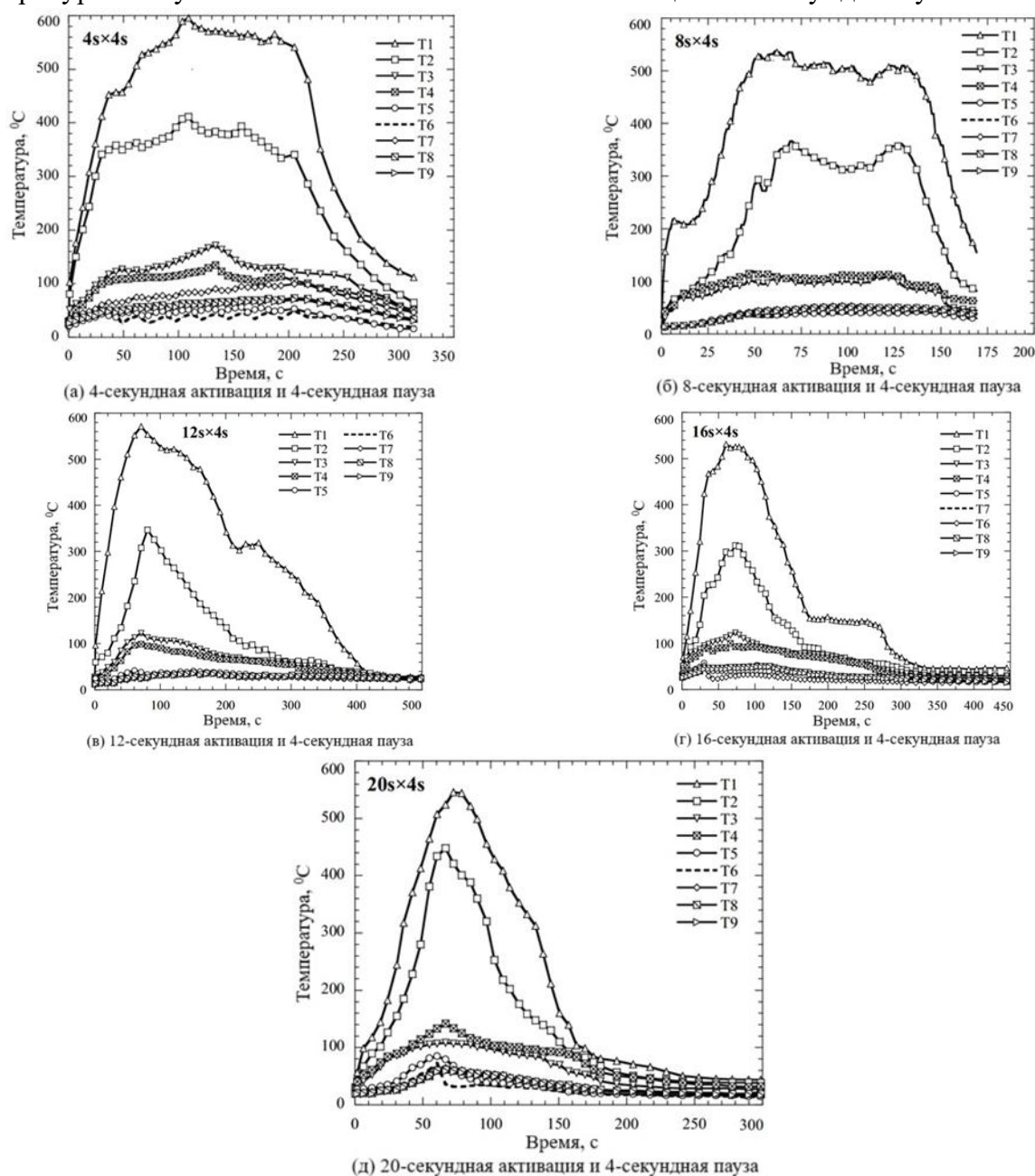


Рис. 3. Кривые изменения температуры в процессе импульсного тушения водяным туманом с периодами активации от 4 до 20 секунд.

Влияние интервала паузы на процесс тушения пожара.

В описанных выше экспериментах время активации импульсной насадки водяного тумана было установлено на 8 секунде, а время паузы варьировалось от 4 до 20 секунд с интервалом в 4 секунды. Всего было проведено 5 экспериментов, целью

которых было изучение влияния времени паузы на воздействие импульсного водяного тумана на огонь. Изменение температурных кривых пожара в процессе тушения импульсным водяным туманом с разными интервалами показано на рис. 4. продолжительность импульсного процесса тушения водяным туманом сначала

уменьшается, а затем увеличивается.

Наиболее эффективной системой импульсного тушения водяным туманом является система с временем активации 8 секунд и паузой в 8 секунд.

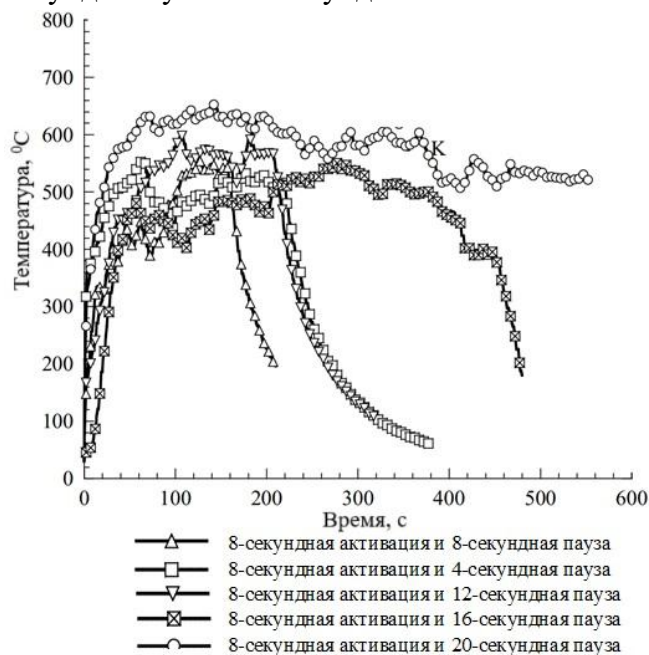


Рис. 4. Температурная кривая процесса тушения водяным туманом.

Когда время паузы относительно меньше, испарение водяного тумана ограничено из-за относительно низкой температуры в помещении, хотя продолжительное распыление может снизить скорость горения огня. Благодаря очень короткой паузе импульсный водяной туман работает так же, как и непрерывный,

то есть для тушения пожара требуется относительно больше времени, а получаемым способом тушения является охлаждение.

С увеличением времени паузы усиливается горение, что повышает температуру в помещении и способствует испарению водяного тумана. В результате увеличение паузы приводит к улучшению тушения пожара, так как время тушения уменьшается. Когда время паузы составляет 8 секунд, температура огня поддерживается на высоком уровне, и он тушится при температуре 503 °C. Этот тип процесса называется подавлением.

Увеличение времени паузы позволило увеличить интенсивность огня, что увеличило время, необходимое для тушения пожара. При увеличении времени паузы до 20с стойкость огня сохраняется без признаков ослабления. Максимальное время горения в ходе экспериментов составляет 600с. Поэтому в данном исследовании применялась стратегия 8-секундной активации и 8-секундной паузы. На рис. 5 показаны изображения огня в разных точках во время пауз в циклах импульсов. Как видно из изображений, размер пламени быстро возвращается к своему стабильному состоянию через 8 секунд после начала паузы.

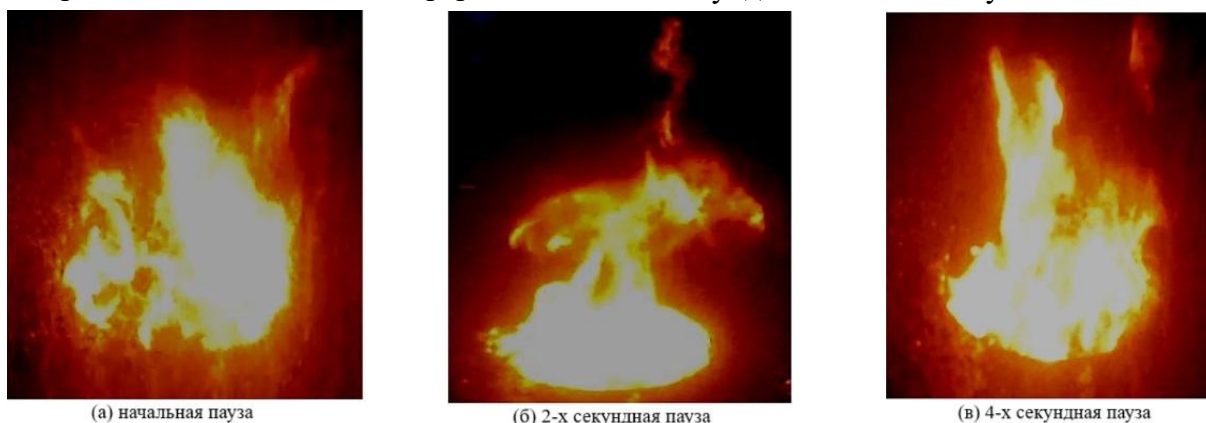


Рис. 5. Изображения пламени в разных точках во время пауз в циклах импульсов.



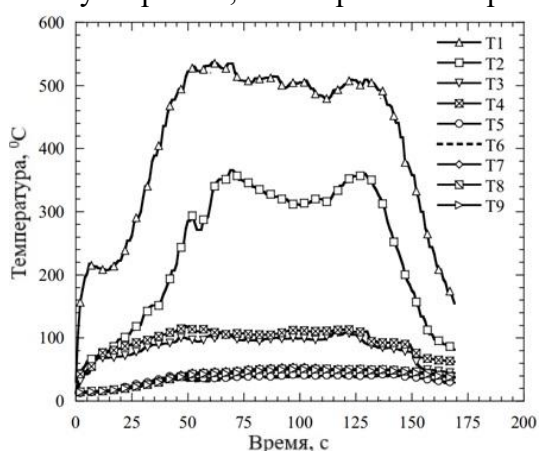
Рис. 5. Изображения пламени в разных точках во время пауз в циклах импульсов.

Влияние давления на процесс тушения пожара.

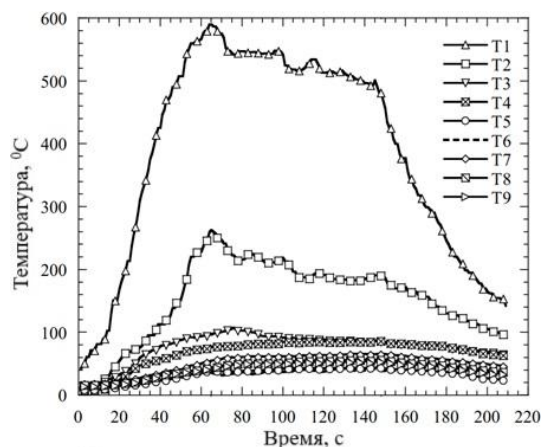
Для изучения влияния давления на процесс импульсного тушения водяным туманом в эксперименте были приняты различные значения рабочего давления. Кривая колебания температуры процесса импульсного тушения водяным туманом пожара при различных уровнях давления показана на рис. 6. С увеличением размера капель и расхода через форсунку, процесс непрерывного тушения пожара водяным туманом ускоряется, в то время как время

тушения импульсным водяным туманом пожара показывает сходную тенденцию, то есть продолжительность процесса тушения пожара уменьшается, увеличивается, а затем снова уменьшается.

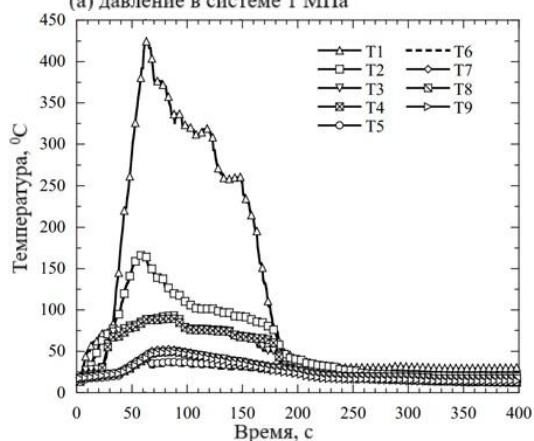
Это объясняется тем, что подавленное пламя быстро восстанавливается и становится достаточно слабым. Температура огня относительно выше, что свидетельствует о том, что механизм тушения задействован в подавлении. При давлении 2,0 МПа или 2,5 МПа температура огня относительно ниже.



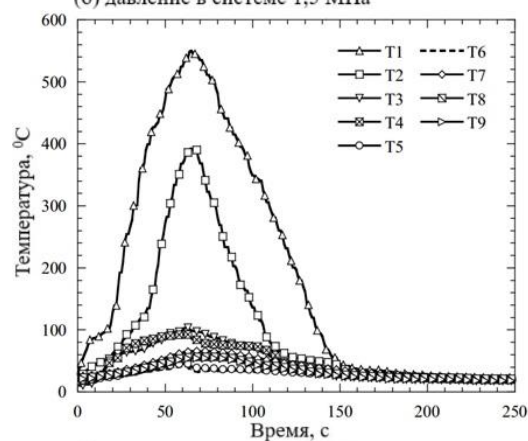
(а) давление в системе 1 МПа



(б) давление в системе 1,5 МПа



(в) давление в системе 2 МПа



(г) давление в системе 2,5 МПа

Рис. 6. Кривая изменения температуры в процессе импульсного тушения водяным туманом при различных уровнях давления

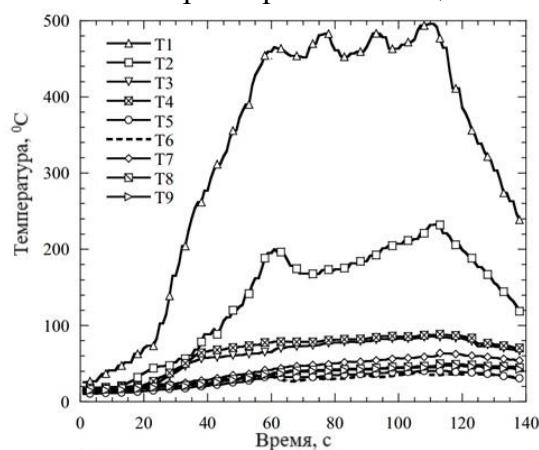
Влияние вентиляции на процесс тушения пожара.

В ходе экспериментов также изучалось влияние условий вентиляции на систему импульсного водяного тумана. В экспериментах размеры вентиляционных отверстий составляли 15×15 см, 25×25 см, 35×35 см и 45×45 см. Среднее горизонтальное и перпендикулярное расстояние между вентиляционными отверстиями и очагом составляло 0,75 м. Кривые изменения температуры в процессе импульсного тушения водяным туманом при различных условиях вентиляции показаны на рис. 7.

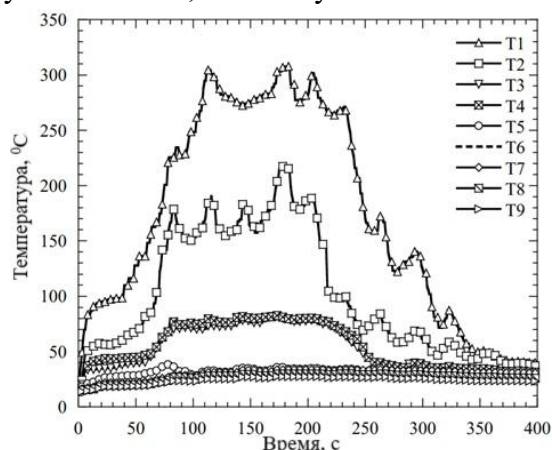
При слабой вентиляции температура в зонах горения и дыма относительно выше, с увеличением размера вентиляционных

отверстий температура в зонах горения и дыма снижается. Это снижение происходит потому, что через относительно меньшие вентиляционные отверстия выходит меньше дыма и поступает меньше свежего воздуха. Влияние на температуру зоны горения и защищаемого пространства не является значительным, и импульсный водяной туман может поддерживать относительно высокую скорость испарения, что делает возможным эффективное тушение возгорания.

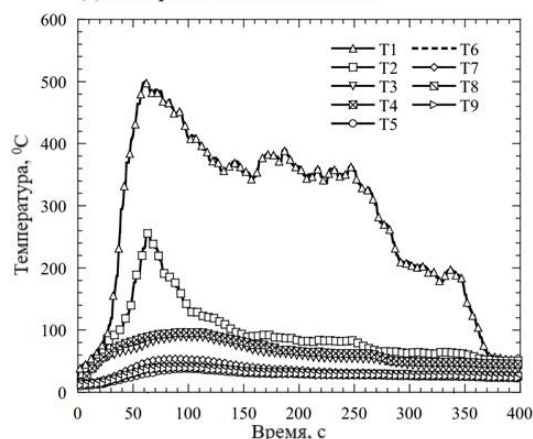
В целом, в закрытом пространстве, по мере увеличения времени паузы системы и времени активации, время, необходимое для тушения первого пламени, уменьшается, а затем увеличивается.



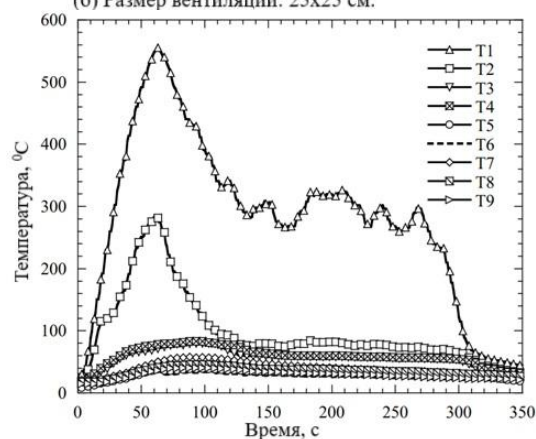
(а) Размер вентиляции: 15x15 см.



(б) Размер вентиляции: 25x25 см.



(в) Размер вентиляции: 35x35 см.



(г) Размер вентиляции: 45x45 см.

Рис. 7 Кривая изменения температуры импульсного водяного тумана при различных условиях вентиляции

Если время паузы относительно меньше, то в результате продолжительного распыления температура в закрытом пространстве становится относительно ниже, что не способствует испарению водяного тумана. Способ, связанный с

коротким временем паузы — это охлаждение. Слишком долгое время паузы ослабляет подавляющее воздействие на огонь. После восстановления состояния пламени требуется больше времени для тушения.

Более того, по сравнению с непрерывным водяным туманом, импульсный водяной туман создавал больше водяного пара и продуктов сгорания, что создавало динамическое перемешивание в замкнутом пространстве. Благодаря динамическому перемешиванию пар перенаправлялся обратно в зону горения и разбавлял воздух.

Влияние типа горючих веществ на процесс тушения пожара.

Для иллюстрации огнетушащего воздействия импульсного водяного тумана на различные горючие вещества в данном эксперименте использовались бензин, дизельное топливо и метанол. В качестве бензина использовался бензин с октановым числом 95 и удельной теплотой сгорания 44 МДж/кг и температурой вспышки ниже - 30 °С. В качестве дизельного топлива, использовалось дизельное топливо с удельной теплотой

сгорания 40 МДж/кг и температурой вспышки около 55 °С. В качестве метанола использовался чистый метанол (около 98%) с удельной теплотой сгорания 22 МДж/кг и температурой вспышки около 12 °С. На рис. 8 показаны температуры, измеренные на разных высотах с помощью термопары.

Все виды горючих веществ, использованных в экспериментах, сохраняют относительно более высокую температуру огня после применения системы тушения водяным туманом. Поэтому скорость испарения импульсного водяного тумана, как правило, выше, чем у системы непрерывного тушения водяным туманом, что сокращает продолжительность процесса тушения. Для тушения метанола требуется гораздо больше времени, чем для тушения бензина или дизельного топлива.

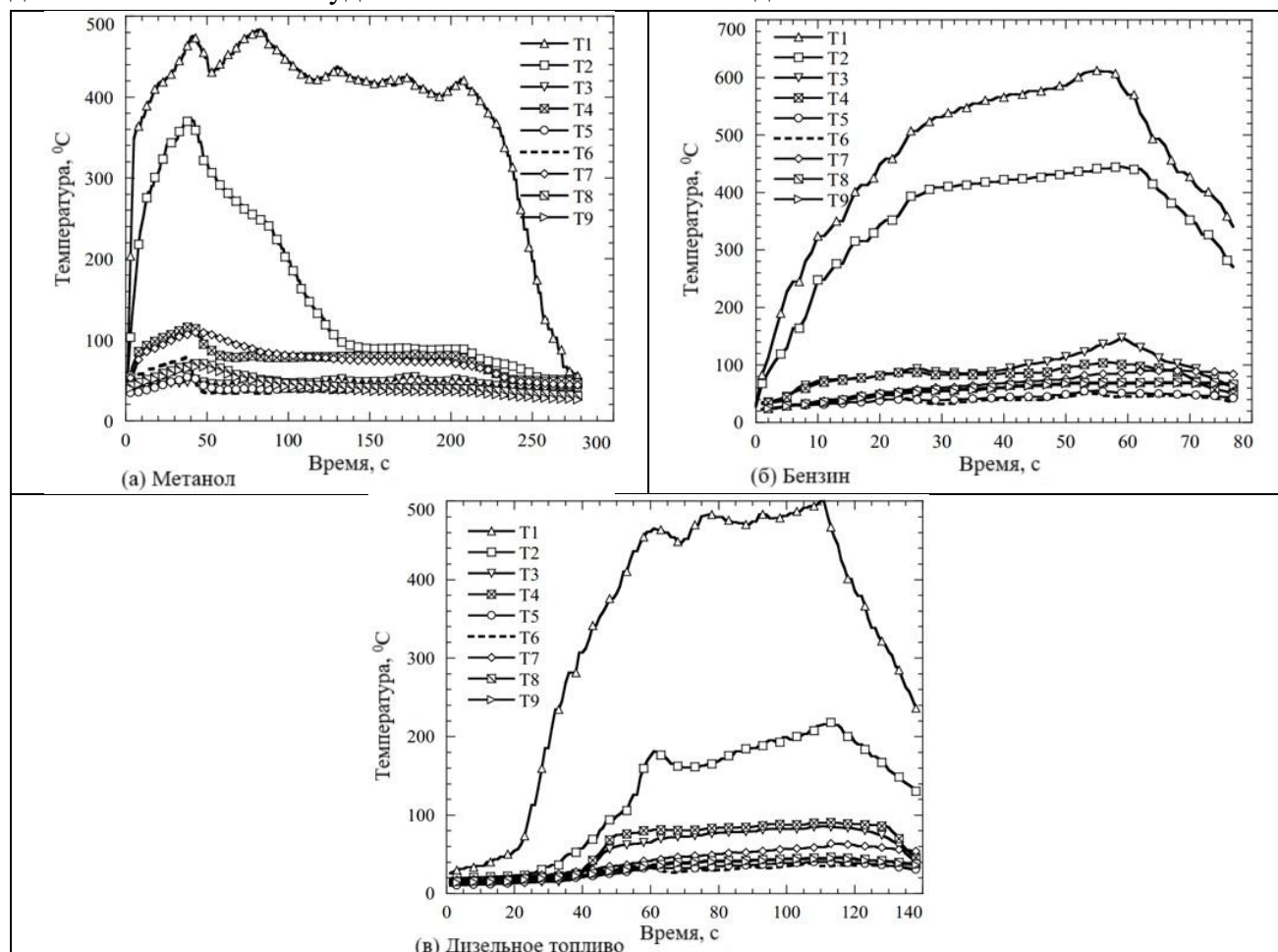


Рис. 8. Кривая изменения температуры процесса тушения огня: а) метанол, б) бензин, в) дизельное топливо.

Это объясняется тем, что удельная теплота сгорания метанола ниже, его

горение относительно более стабильно, и он образует относительно меньше дыма,

поддерживая внутреннюю температуру на относительно низком уровне. Кроме того, температура остывания метанола относительно ниже, а его растворимость в воде не позволяет водяному туману охлаждаться и покрывать поверхность топлива. Поэтому процесс тушения

занимает больше времени. На рис. 9 показано состояние различных очагов возгорания после нанесения водяного тумана.

Как видно, воспламенение метанола не усиливается после воздействия водяного тумана.

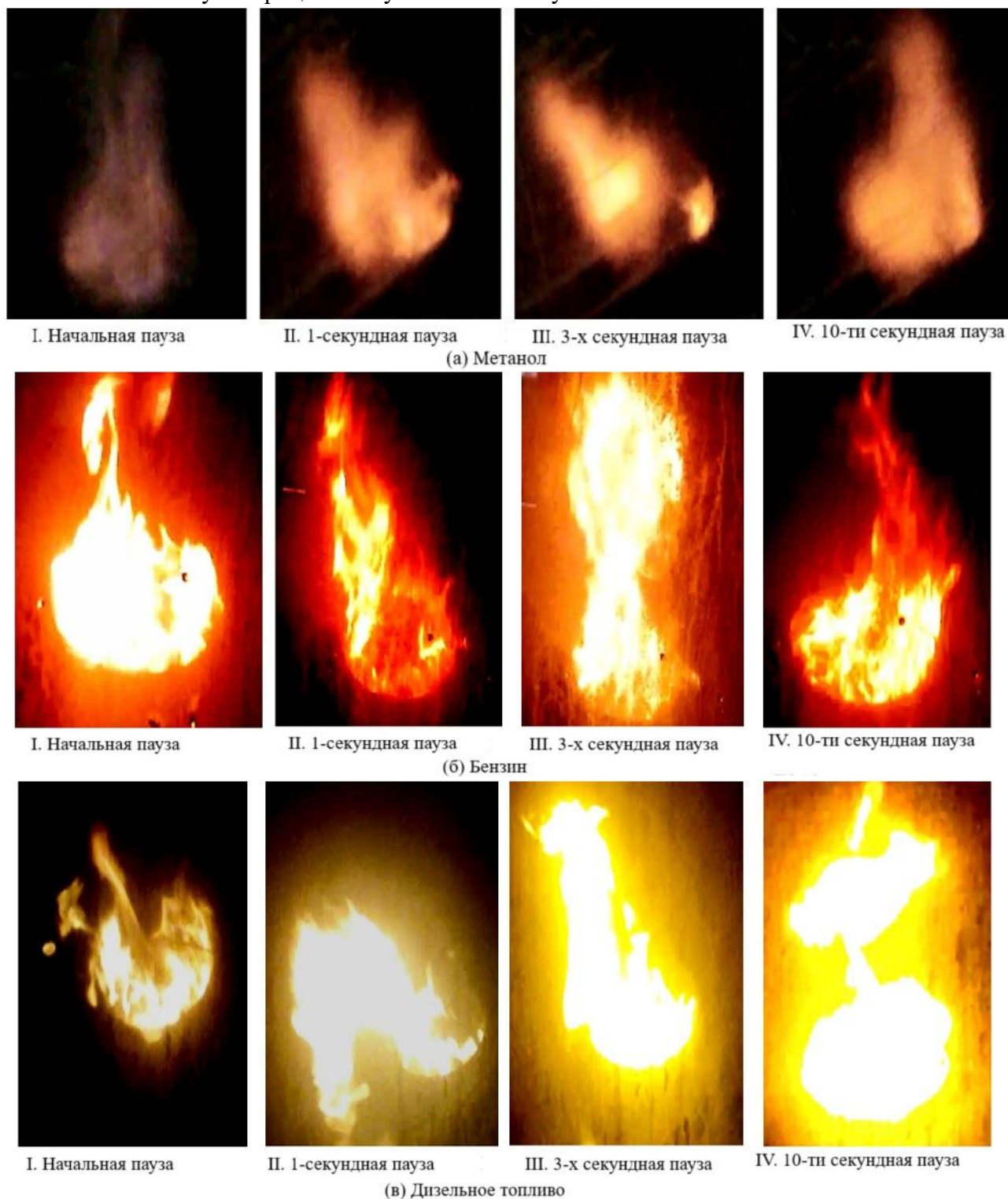


Рис. 9. Распространение пламени для разных видов горючих веществ после нанесения водяного тумана.

В данном исследовании была проведена серия экспериментов по изучению влияния нескольких факторов на эффективность импульсного водяного тумана. Эти факторы

включают в себя механизм процесса тушения (охлаждение и удушье), время активации и паузы, рабочее давление, условия вентиляции, а также различные

виды топлива. Представлены и проанализированы экспериментальные результаты, на основании которых можно сделать следующие выводы:

– согласно результатам экспериментов, удушающий способ пожаротушения лучше, чем охлаждающий. При оптимизации цикла импульсов активация форсунки должна заполнить контур водяным туманом, а пауза в распылении – полностью испарить водяной туман, максимизируя скорость его испарения. В экспериментальных условиях данного исследования наилучший эффект тушения был достигнут при чередовании 8–секундной активации и 8–секундной деактивации;

– при увеличении рабочего давления время тушения импульсного водяного тумана имеет тенденцию к уменьшению, а затем к увеличению по мере роста давления, при этом основным способом

является охлаждение, а не подавление;

– при увеличении размера вентиляционных отверстий время тушения импульсным водяным туманом значительно увеличивается. Преимущество системы импульсного водяного тумана перед системой непрерывного водяного тумана постепенно уменьшается. Если размер вентиляционных отверстий превышает 35×35 см, время тушения импульсной системой становится больше, чем время тушения непрерывной системой водяного тумана. Однако импульсная система водяного тумана требует меньшего расхода воды, чем непрерывный водяной туман;

– для горючих веществ, которые не растворяются в воде, горение усиливается на первой стадии воздействия водяного тумана, однако, для топлива, которое может быть растворено в воде, это явление не происходит.

Список литературы:

1. Саркисов С.В., Рузманов М.Д. / Анализ нормативных документов регламентирующих применение автоматических установок пожаротушения // в материалах сборника XXVI Межведомственной научно-практической конференции Актуальные проблемы защиты и безопасности «Проблемы и перспективы развития материально технического и финансово экономического обеспечения войск (сил)». Том 2 С. 494.
2. Саркисов С.В., Рузманов М.Д., Сажин К.А. / Методика определения огнетушащей концентрации пожаротушающего вещества в замкнутом объеме // Сборник научных статей по материалам отраслевой научно-практической конференции «Проблемные вопросы материально-технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации в спецоперациях и пути их решения (по итогам исследований оперативной и боевой подготовки войск (сил) к 2022 году) ». Часть 2.С.448.
3. Жабин А.В., Поляков Ал.В., Поляков Ан.В., Лавит И.М. / Выбор сособа и определение рациональных параметров импульсных струй воды высокого давления при резании ими горных пород // Известия ТулГУ Науки о земле. Выпуск №34. С 87.
4. Саркисов С.В., Рузманов М.Д., Сажин К.А. / Особенности применения автоматических систем пожаротушения на объектах МО РФ в зависимости от вида огнетушащего вещества // «Актуальные проблемы военно-научных исследований» – СПб: ВИ(ИТ) ВА МТО, № 3 (27). – С. 63.
5. Лю Ж, Ким АК (1999) Обзор систем подавления водяного тумана - фундаментальные исследования. Журнал противопожарная защита, 10:32. С. 50.
6. Ким С. К., Рё Х. С. (2003) Экспериментальное и численное исследование подавления огня с помощью водяного тумана внутри зданий. Журнал «Окружающая среда». №38 С.1309–1316.

К вопросу модернизации вагона-электростанции специального поезда материально-технического обеспечения**On the issue of modernization of the power car of a special logistics train**

Аннотация: в статье представлены технические решения по модернизации вагона-электростанции специального поезда материально-технического обеспечения Вооруженных сил РФ. Цель модернизации – повышение эффективности и автономности функционирования специального поезда. Для достижения цели предлагаются технические решения по дооборудованию дизель-генераторных установок автоматизированной системой комплексной утилизации теплоты. Разработаны практические рекомендации по выбору теплообменного оборудования и компоновочным решениям.

Abstract: the article discusses technical proposals for the modernization of the power car of a special train of logistics of the Armed Forces of the Russian Federation. The purpose of modernization is to increase the efficiency and autonomy of the operation of a special train. To achieve this goal, technical solutions are proposed for retrofitting diesel generator sets with an automated system for integrated heat recovery. Practical recommendations on the choice of heat exchange equipment and layout solutions have been developed.

Ключевые слова: специальный поезд материально-технического обеспечения, вагон-электростанция, дизель-генераторная установка, система комплексной утилизации теплоты, теплообменник.

Keywords: a special logistics train, a power plant car, a diesel generator set, a system for integrated heat recovery, a heat exchanger.

В ходе ведения боевых действий подразделения материально-технического обеспечения организуют снабжение войск(сил) продовольствием, вещевым имуществом, а также всеми видами горюче-смазочных материалов. Одним из средств обеспечения войск(сил), действующих на значительном удалении от стационарных объектов военной инфраструктуры, является специальный поезд материально-технического обеспечения (СПМТО).

В состав СПМТО входят специализированные вагоны для размещения пунктов приготовления пищи, выпечки хлеба, питания, банно-прачечного обслуживания личного состава, ремонта обмундирования и амуниции.

В автономном режиме СПМТО способен ежедневно обеспечить трехразовое питание и помывку более

одной тысячи военнослужащих, а также стирку и дезинфекцию свыше одной тонны вещевого имущества.

Для обеспечения автономности в состав СПМТО входит вагон-электростанция (рис.1).



Рис. 1. Вагон-электростанция СПМТО

На рис. 2 показана возможная схема компоновки основного и вспомогательного

оборудования вагона-электростанции. Данные вагоны выпускаются на Тверском

вагоностроительном заводе и хорошо себя зарекомендовали.

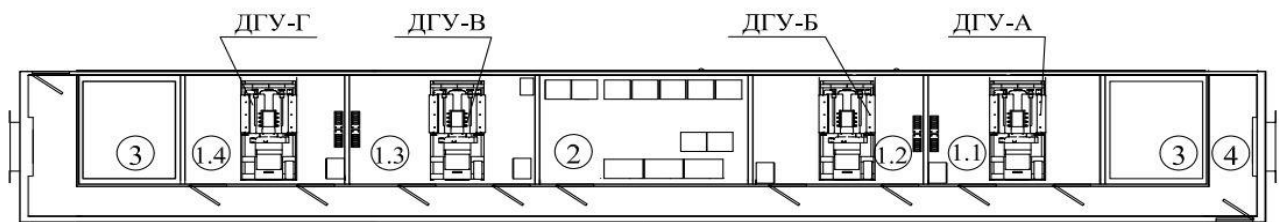


Рис. 2. Возможная схема компоновки оборудования вагона-электростанции СПМТО:

1.1-1.4 – помещения ДГУ; 2 – щитовая; 3 – топливные баки; 4 - коридор

Основным оборудованием электростанции являются 4 дизель-генераторных установки (ДГУ), которые располагаются в 4-х отдельных помещениях. ДГУ оборудованы радиаторной системой охлаждения, электростартерной системой запуска и имеют третью степень автоматизации по ГОСТ Р53174-2008. Щиты управления ДГУ расположены в отдельном помещении. С обоих торцов вагона расположены баки запаса дизельного топлива, емкость которых определяет время автономного функционирования СПМТО.

Электростанция оборудована автоматической пожарной сигнализацией и системой автоматического пожаротушения.

В качестве ДГУ используются электроагрегаты дизельные АД-100-Т/400-ЗРП на базе дизеля 1Д20Б (рис.3).



Рис. 3. Дизель 1Д20Б

Следует отметить, что для нагрева теплоносителей в системах горячего водоснабжения, отопления и кондиционирования воздуха СПМТО используются тепло-электронагреватели (ТЭН), потребляющие электрическую энергию, вырабатываемую ДГУ.

Преобразование электрической энергии в тепловую является крайне неэффективным мероприятием, существенно снижающим общую экономичность электростанции и автономность СПМТО.

Как известно, в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) не вся теплота сгорающего в цилиндрах топлива преобразуется в эффективную работу. Часть ее расходуется на нагрев рабочего тела и выбрасывается с отработавшими газами, часть отводится системой охлаждения, часть излучается в окружающую среду от нагретых деталей.

Общее уравнение абсолютного внешнего теплового баланса ДВС имеет вид:

$$Q_p = Q_e + Q_{охл} + Q_{н.б.}, \quad (1)$$

где Q_p - располагаемое количество теплоты, израсходованного за час топлива; Q_e - количество теплоты, эквивалентное эффективной работе за час; $Q_{охл}$ - количество теплоты, отводимое выпускными газами; $Q_{н.б.}$ - количество теплоты, отводимое системой охлаждения; $Q_{н.б.}$ - невязка баланса.

$$Q_p = Q_n B_{ch}, \quad (2)$$

где Q_n - низшая теплотворная способность топлива, для дизельного топлива среднего состава $Q_n = 42700$ кДж/кг;

B_{ch} - часовой расход топлива ДВС.

$$Q_e = 3600 N_e, \text{ кДж/ч;}$$

(3)

где N_e - эффективная мощность ДВС.

$$Q_{охл} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{во}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{в}}$ - количество теплоты, отводимое от двигателя охлаждающей водой

внутреннего контура; Q_m - количество теплоты, отводимое от двигателя моторным маслом системы смазки; Q_{bo} - количество теплоты, отводимое от надувочного воздуха в воздухоохладителе.

На практике для сравнения различных ДВС чаще всего используют уравнение относительного теплового баланса, в котором все его составляющие рассматриваются в долях от располагаемого количества теплоты и определяются по формуле

$$q_i = Q_i / Q_p \quad (5)$$

Уравнение относительного теплового баланса можно записать в виде

$$\sum_{i=1}^n q_i = 1. \quad (6)$$

Общее уравнение относительного теплового баланса ДВС имеет вид:

$$q_e + q_r + q_{охл} + q_{н.б} = 1 \quad (7)$$

В относительном тепловом балансе q_e по величине и по смыслу есть эффективный КПД двигателя.

В таблице 1 представлены пределы изменения составляющих относительного теплового баланса различных ДВС для режима номинальной мощности по данным заводов-изготовителей [1].

Таблица 1: Пределы изменения составляющих теплового баланса ДВС

q_e	q_r	q_v	q_m	q_{bo}	$q_{н.б}$
0,32...0,45	0,35...0,48	0,20...0,30	0,03...0,06	0,03...0,06	0,02...0,05

Как видно из данных таблицы 1 даже в самых совершенных ДВС в эффективную работу преобразуется не более 45 % теплоты сгоревшего топлива, а все остальное является потерями.

Использование потерь теплоты, выделившейся при сгорании топлива в ДВС с целью повышения эффективности использования топлива ДВС, называется утилизацией теплоты ДВС. Для утилизации теплоты ДВС дооборудуется одноименной системой.

Система комплексной утилизации теплоты (СКУТ) – комплекс функционально связанных технических устройств, которые предназначены для нагрева теплоносителя за счет использования теплоты отработавших газов, охлаждающей жидкости, моторного масла и надувочного воздуха двигателя внутреннего сгорания [2].

В настоящее время существуют апробированные технические решения, позволяющие конвертировать любой дизельный электроагрегат в комбинированный источник электрической энергии и теплоты [1, 3-5], которые успешно применяются в народном хозяйстве страны и могут быть использованы при модернизации ДГУ СПМТО.

На рис. 4 представлена упрощенная технологическая схема СКУТ комбинированного источника электрической энергии и теплоты на базе дизеля 1Д20Б, дополненная элементами контрольно-

измерительных приборов и автоматики (КИП и А).

Синтез СКУТ предполагает следующие конструктивные изменения систем охлаждения и газовыхлопа дизеля 1Д20Б:

- включение в состав системы охлаждения теплообменника-утилизатора теплоты охлаждающей жидкости – водяного утилизатора (ВУ).

- включение в состав системы газовыхлопа теплообменника-утилизатора теплоты отработавших газов – газового утилизатора (ГУ).

- объединение всех теплообменников-утилизаторов в общую тепловую схему по теплоносителю утилизационного контура.

При разработке технологической схемы СКУТ основным требованием является обеспечение надежной работы дизельного двигателя во всем диапазоне эксплуатационных режимов. Поэтому ВУ установлен и функционирует совместно со штатным радиатором дизеля, чтобы обеспечить оптимальный теплоотвод от двигателя на любых режимах. Для обеспечения безопасности и надежности функционирования комбинированного источника электрической энергии и теплоты на базе дизеля 1Д20Б разрабатывается система автоматического регулирования (САР) его параметров, реализующая следующие функции:

- автоматическую защиту от перегрева охлаждающей жидкости дизеля;
- автоматическую защиту от перегрева теплоносителя утилизационного контура в полости газового утилизатора;
- автоматическую защиту от нарушения циркуляции теплоносителя утилизационного контура;
- автоматическое отключение газового

утилизатора.

Для обеспечения нормального функционирования источника электрической энергии и теплоты система автоматического регулирования осуществляет контроль параметров различных систем. Перечень контролируемых параметров приведен в таблице 2.

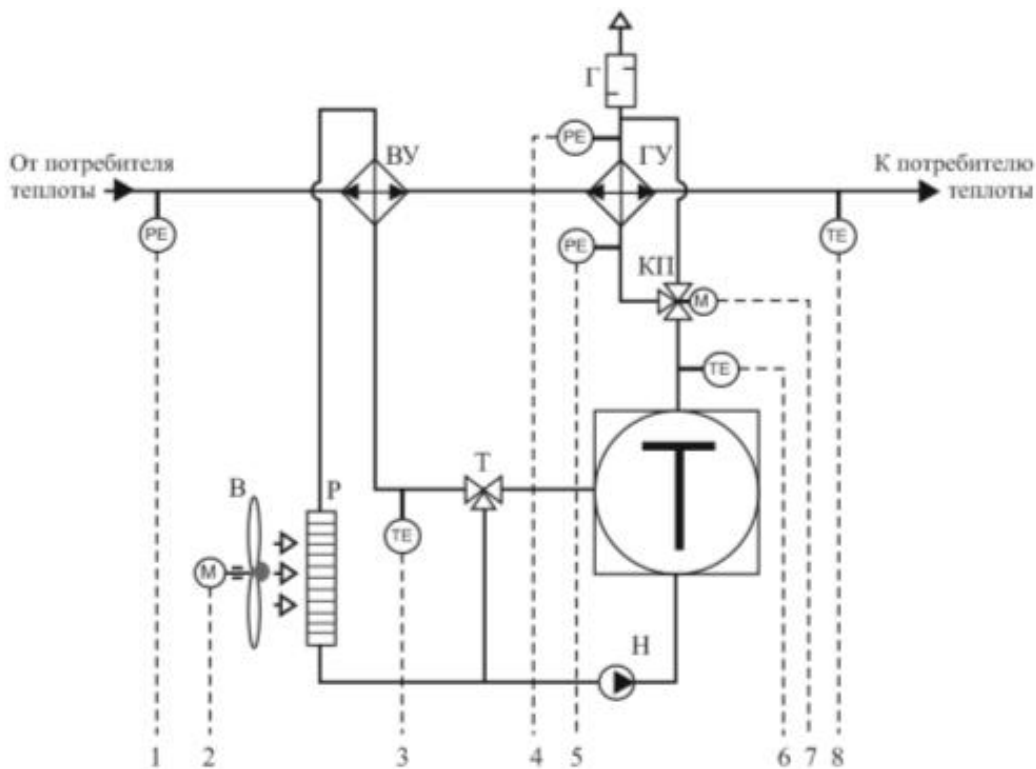


Рис. 4. Технологическая схема СКУТ дизеля 1Д20Б: В - вентилятор; Р - штатный радиатор; Т - штатный термостат; Н - штатный насос дизеля; ВУ - утилизатор теплоты охлаждающей жидкости (воды); ГУ - утилизатор теплоты отработавших газов дизеля; КП – клапан переключающий; Г - штатный глушитель дизеля; 1 - контактный манометр сигнализирующий для контроля за давлением теплоносителя; 2 - прибор управления электродвигателем привода вентилятора; 3 - термометр сигнализирующий, показывающий, электроконтактный для контроля за температурой охлаждающей жидкости ДВС; 4, 5 - контактные манометры сигнализирующие для контроля за перепадом давлений на газовом утилизаторе; 6 - термометр сигнализирующий, показывающий, электроконтактный для контроля за температурой отработавших газов дизеля; 7 - прибор управления электроприводом газового клапана переключающего; 8 - термометр сигнализирующий, показывающий, электроконтактный для контроля за температурой теплоносителя

При работе источника электрической энергии и теплоты переход контролируемых параметров от значений, указанных в столбце 3 табл. 3, к значениям, указанным в столбце 4 табл. 3, может произойти по следующим причинам:

- для параметров по п.п. 1, 4, 5 – при нарушении циркуляции в системе теплоносителя утилизационного контура;

- для параметров по п. 3 – при уменьшении электрической нагрузки;
- для параметров по п. 2 – при загрязнении поверхностей нагрева газового утилизатора.

В алгоритм функционирования САР заложен принцип построения системы технических мероприятий, при котором системы защиты от аварийных режимов

работы реагируют на первопричину, вызывающую возможные изменения параметров первичного двигателя. Поэтому основной системой, обеспечивающей защиту источника электрической энергии и теплоты в

целом, и, в первую очередь, защиту первичного дизельного двигателя от работы с аварийными значениями параметров, является автоматическая защита от нарушения циркуляции теплоносителя утилизационного контура.

Таблица 2: Перечень параметров, контролируемых САР

Наименование параметра, единица измерения	Наименование системы (место измерения)	Значение контролируемого параметра		
		норма	включение защиты	выключение защиты
1	2	3	4	5
1. Температура охлаждающей жидкости внутреннего контура ДВС, °C	Система охлаждения ДВС (выход из блока цилиндров ДВС)	$T_{Oж}$ (рекомендованная заводом-изготовителем)	$>T_{Oж}+5$	$\leq T_{Oж} - 5$
2. Перепад давлений на газовом утилизаторе, мм вод. ст.	Система газовыхлопа ДВС (вход и выход газового утилизатора)	ΔP_1 (определяется в процессе опытной эксплуатации)	ΔP_2 (определяется в процессе опытной эксплуатации)	Осуществляется оператором после чистки газового утилизатора
3. Температура отработавших газов ДВС, °C	Система газовыхлопа ДВС (вход газового утилизатора)	$T_{Oг1}$ (рекомендованная заводом-изготовителем)	$T_{Oг2}$ (определяется в процессе опытной эксплуатации)	$T_{Oг3}$ (определяется в процессе опытной эксплуатации)
4. Температура теплоносителя утилизационного контура, °C	Утилизационный контур (выход из газового утилизатора)	95	100	90
5. Давление теплоносителя утилизационного контура, кг/см ²	Утилизационный контур (вход в водяной утилизатор)	P_1 (определяется в процессе опытной эксплуатации)	P_2 (определяется в процессе опытной эксплуатации)	P_3 (определяется в процессе опытной эксплуатации)

Защиты от перегрева охлаждающей жидкости дизеля и перегрева теплоносителя утилизационного контура являются дополнительными и включаются в работу либо при отказе срабатывания основной защиты (защиты от нарушения циркуляции теплоносителя утилизационного контура), либо при возникновении причин перегрева теплоносителя утилизационного контура и охлаждающей жидкости дизеля.

Защита от аварийного отключения газового утилизатора позволяет производить отключение последнего при повышенных значениях перепада

давления газов и пониженных значениях температуры отработавших газов на выходе из двигателя.

В качестве газового утилизатора для дизеля 1Д20Б может быть рекомендован, разработанный на кафедре № 23 ВИТУ (в настоящее время ВИ (ИТ) ВА МТО) совместно с АО «Специальное конструкторское бюро котлостроения» (г. Санкт-Петербург) и выпускаемый предприятиями промышленности РФ, газотрубный котел-утилизатор водогрейный КУВ-50 (рис.5) [1]. Основные технические характеристики котла-утилизатора КУВ-50 представлены в таблице 3.

Таблица 3. Технические характеристики КУВ-50

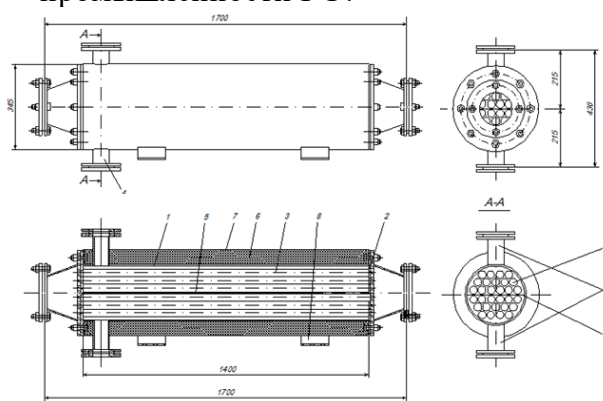
Параметр, единица измерения	Значение параметра
Теплопроизводительность, кВт	50
Поверхность нагрева котла, м ²	2,3
Тип поверхности нагрева	Гладкая
Температура теплоносителя (воды) на входе в котел, °С	85
Температура теплоносителя (воды) на выходе из котла, °С	95
Давление теплоносителя (воды) на входе в котел, МПа	0,6
Расход теплоносителя (воды), т/ч	5,03
Температура газов на входе в котел, °С	400
Температура газов на выходе из котла, °С	150
Расход газов, кг/ч	715
Соппротивление газового тракта котла, Па	300
Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	1700×307×430
Масса сухого котла, кг	225
Удельная масса, кг/кВт	4,5

В качестве утилизатора теплоты охлаждающей жидкости (воды) для дизеля 1Д20Б может быть рекомендован пластинчатый разборный теплообменник



а)

на базе стандартных пластин (рис. 6), серийное производство которых освоено многими предприятиями промышленности РФ.



б)

Рис. 5. Котел-утилизатор КУВ-50: а) – общий вид; б) – сборочный чертеж; 1 – корпус (труба Ø 211×6); 2 – трубная доска; 3 – трубный пучок (30 трубок Ø 23×3); 4 – патрубки подвода и отвода теплоносителя; 5 – перегородка; опора; 6 – тепловая изоляция; 7 – покрытие изоляции; 8 – опора.

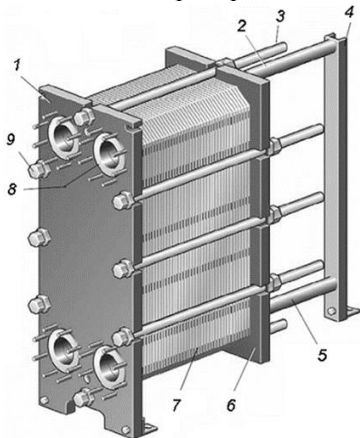


Рис. 6. Пластинчатый разборный теплообменник:
1 - опорная пластина; 2 - несущий стержень;
3 - защитная трубка; 4 - опорная стойка;
5 - направляющий стержень; 6 - прижимная пластина;
7 - каналные пластины; 8 - соединения; 9 - стягивающие болты.

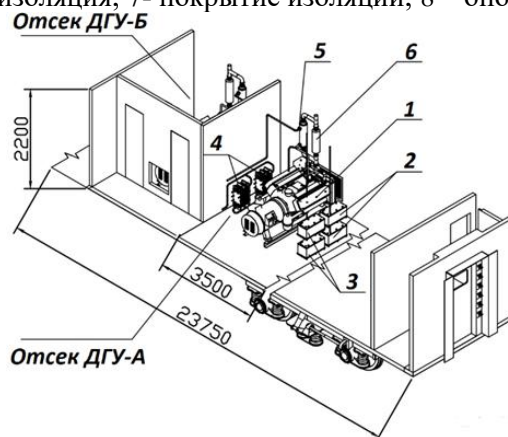


Рис. 7. Компоновочное решение модернизированного вагона-электростанции:
1- ДГУ; 2 - АКБ системы автоматики; 3 - стартерные АКБ; 4 - теплообменник М6;
5 – котел-утилизатор КУВ-50; 6 - глушитель

В качестве примера в таблице 4 представлены технические характеристики пластинчатого разборного теплообменника М6 АО «Омега-Спарк-Инженеринг» (г. Санкт-Петербург).

На рис. 7 показано, разработанное сотрудниками 4 кафедры ВИ(ИТ) и 9 кафедры ВИ (ЖДВ и ВОСО), компоновочное решение по размещению оборудования СКУТ в отсеке ДГУ модернизированного вагона-электростанции СПМТО.

В настоящей статье предложены технические решения, позволяющие повысить автономность и эффективность функционирования СПМТО. Разработаны рекомендации и компоновочные решения по модернизации вагона-электростанции путем дооборудования ДГУ автоматизированной системой комплексной утилизации теплоты.

Реализация предложенных решений позволит увеличить автономность работы СПМТО путем экономии топлива.

Список литературы:

1. Сайданов В.О., Агафонов А.Н., Гудзь В.Н. Комбинированные энергоустановки объектов малой энергетики. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. - 262 с.
2. ВСП 43-02-05/МО РФ: Правила проектирования стационарных электростанций с двигателями внутреннего сгорания объектов военной инфраструктуры. – М.: Изд-во Минобороны, 2006. – 93 с.
3. Сайданов В.О., Антипов М.А., Божко В.В. Опыт создания когенерационных установок на базе отечественных ДВС // Двигателестроение. – 2009. - № 4 (238). – С.11-14.
4. Сайданов В.О., Кривов В.Г. Дружинин П.В. Прутчиков И.О. Автономные энергоэффективные установки на базе ДВС. Научные разработки и практический опыт использования // Двигателестроение. – 2012. - № 2 (248). – С. 6-9.
5. Сайданов В.О., Случанинов Н.Н. Разработка вариантов схемных решений системы утилизации теплоты двигателя 6Ч 13/14 для электростанций железнодорожных войск // Сборник научных статей «Специальная техника и технологии транспорта» выпуск № 17, Санкт-Петербург, Петергоф, 2023. - С. 336-344.

Математическая модель теплового состояния патронника

Mathematical model of the thermal state of the chamber

Аннотация. В статье представлена математическая модель теплового состояния патронника основанной на квазистатическом осесимметричном распределении температуры, которая позволила за счёт введения коэффициента конвективной теплопередачи между стенкой композитной гильзы и патронником описать с высокой точностью температурные напряжения, возникающие в материалах и теплопередачу между ними.

Abstract. The article presents a mathematical model of the thermal state of the chamber based on a quasi-static axisymmetric temperature distribution, which made it possible, by introducing a coefficient of convective heat transfer between the wall of the composite sleeve and the chamber, to describe with high accuracy the temperature stresses that occur in materials and heat transfer between them.

Ключевые слова: конвекция, гипотеза Лагранжа, градиент температуры, формулу Ван-дер-Ваальса, метод конечных элементов, фторид графена.

Keywords: convection, Lagrange hypothesis, temperature gradient, Van der Waals formula, finite element method, graphene fluoride.

Применение управляющих уравнений теплопередачи и граничных условий в качестве ограничений позволило минимизировать решение задачи прямой теплопередачи, чувствительности и соединения. Значительная роль на работу автоматики стрелкового оружия отнесена к теплопередаче между композитной гильзой и патронником, которая прямо пропорционально влияет не только на экстракцию гильзы, но и на её разрушение во время стрельбы. Во время процесса стрельбы происходит мгновенное возгорание пороха, который образует экстремальную среду в патроннике [1]. Максимальная температура газа достигает 2500°C , давление 295 МПа через несколько миллисекунд. Игнорируя рифовую структуру, предполагалось, что патронник является ассиметричным толстостенным цилиндром градиент круговой температуры минимален по сравнению с другими направлениями, поэтому оценке

подвергалась только теплопроводность в радиальном и осевом направлении патронника [2].

Разработана схема движения газовой среды в стволе стрелкового оружия во время выстрела, которая представлена на рис.1.

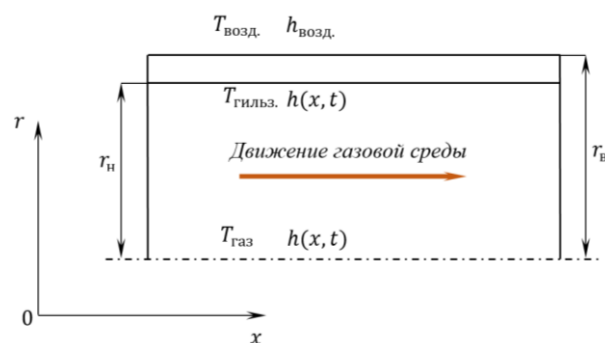


Рис.1. Схема движения газовой среды во время выстрела из стрелкового оружия

Для решения проблемы определения распределения температур внутри композитной гильзы и от её стенок патроннику при определении начальных и граничных условий, а также теплофизических свойств материала, из которого изготовлены гильза и патронник,

вводился коэффициент конвективной теплопередачи между телом гильзы и пороховым газом при условии, что известны их теплофизические свойства и геометрические размеры. В результате коэффициент $h(x, t)$ оценивался в указанной временной области на основе

$$J[h(x, t)] = \int_0^{t_f} \sum_{m=1}^M [T(r_m, x_m, t) - Y(r_m, x_m, t)]^2 dt, \quad (1)$$

где t_f – время окончания измерения, M – количество позиций измерения.

В решение поставленной задачи вводились двумерные переходные нелинейные уравнения теплопередачи от

$$-k(T) \frac{\partial T(r, x, t)}{\partial r} = h_{\text{гильз.}} [T(r, x, t) - T_{\text{намп.}}(x, t)]; \frac{dQ_t}{dt} = \sigma_t \frac{V_t}{R} PF_{\text{охл.}}, \quad (2)$$

где σ_t – постоянная составляющая коэффициента теплоотдачи; $V_t = 1 - \frac{T_{\text{намп.}}}{T_{\text{гильз.}}} \approx 0,4$;

Q_t – потеря энергии газа на теплоотдачу стенке патронника.

Допущения: материал стали патронника считался изотропным и однородным; начальная температура композитной гильзы и патронника равнялась температуре окружающей среды; композитная гильза представлялась модельным концентратором температур с постоянными теплофизическими свойствами; между телом гильзы и патронником контакт принимался за идеальный.

измеренных температур $Y(r_m, x_m, t)$ на позициях $r = r_m, x = x_m$.

Целевая функция $J[h(x, t)]$ строилась на минимизации остатков между измеренными и рассчитанными температурами.

внешней стенки композитной гильзы к патроннику в цилиндрической системе координат

Далее рассчитывались температурные напряжения при условии, что квазистатическое осесимметричное распределение температуры имело вид: $T = T(r, t)$, где t – время.

Математическая модель теплопередачи с применением композитной гильзы во время выстрела основана на модели классической теории внутренней баллистики [7]. Постановка задачи для расчёта теплового состояния патронника представлена на рис.2.

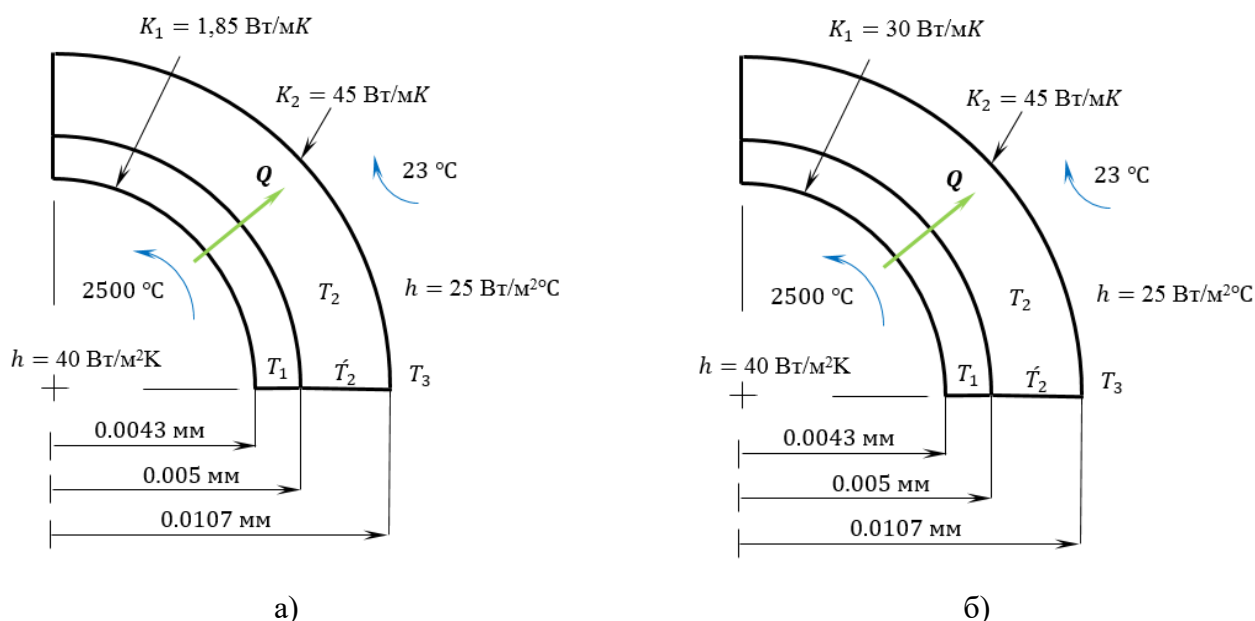


Рис.2. Расчетная схема математической модели теплового состояния патронника стрелкового оружия: а) при использовании композитной гильзы; б) при использовании стальной гильзы

Нестационарный тепловой анализ рассматривает меняющийся во времени отклик (реакцию) системы, сопровождающуюся процессами нагрева и охлаждения. Параметры потока, такие как температура отсчёта и скорость потока рассчитывались гипотезой Лагранжа в сочетании с внутренними

баллистическими результатами и рассматривались как граничные условия третьего рода. Расчёт теплового состояния патронника проводился моделированием приложения температуры горения пороховых газов на внутреннюю стенку композитной гильзы методом конечных элементов (рис. 3).

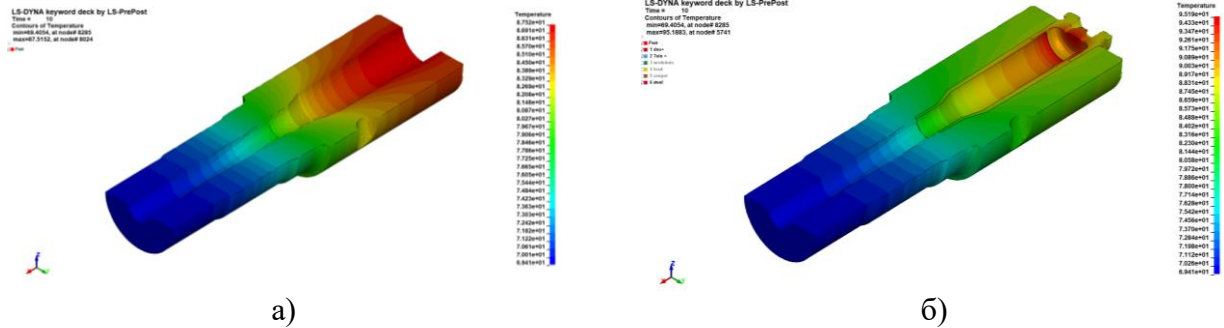


Рис. 3. Температурные нагрузки в патроннике во время выстрела композитной гильзой: а – температурный показатель на стенке патронника, б – температурный показатель на стенке композитной гильзы

По результатам расчёта определено, что композитная гильза оказывает влияние на снижение теплопередачи патроннику на 6 % по сравнению с штатной.

Допущения: материал стали патронника считается изотропным и однородным; начальная температура композитной гильзы и патронника равна температуре окружающей среды; композитная гильза представляется модельным концентратором температур с постоянными теплофизическими свойствами; между телом гильзы и патронником принят идеальный контакт.

Далее рассчитывались температурные напряжения при условии, что квазистатическое осесимметричное распределение температуры имело вид:

$T = T(r, t)$, где t – время.

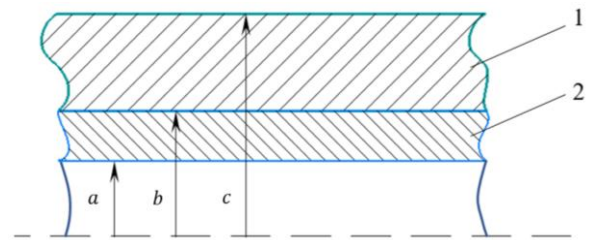


Рис.4. Размещение композитной гильзы в патроннике стрелкового оружия:

1 – патронник; 2 – композитная гильза

Из рис. 4 расчёт напряжений от температурного воздействия рассчитывался при условии, что квазистатическое осесимметричное распределение температуры имело вид: $T = T(r, t)$, t – время.

На внутренней стенке композитной гильзы 2, $a \leq r \leq b$.

$$\sigma_{\theta} = \frac{\alpha_1 E_1}{1 - \nu_1} \left[\left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) \frac{p}{g} \int_a^b T r dr + \frac{1}{r^2} \int_a^r T r dr + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{1 - \nu_1}{g} b^2 \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) T(b, t) - T \right], \quad (3)$$

$$\sigma_r = \frac{\alpha_1 E_1}{1 - \nu_1} \left[\left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) \frac{p}{g} \int_a^b T r dr - \frac{1}{r^2} \int_a^r T r dr + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{1 - \nu_1}{g} b^2 \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) T(b, t) \right], \quad (4)$$

$$\sigma_z = \frac{\alpha_1 E_1}{1 - \nu_1} \left(\frac{2}{b^2 - a^2} \int_a^b T r dr - T \right), \quad (5)$$

где E – модуль Юнга, ϑ – удельная теплоемкость, α – коэффициент теплоотдачи.

На внешнем слое патронника 1, $b \leq r \leq c$.

$$\sigma_{\theta} = -\frac{\alpha_1 E_1}{1-\nu_1} \frac{b^2}{c^2 - b^2} \left(+ \frac{c^2}{r^2} \right) \left[\left(\left(1 - \frac{a^2}{b^2} \right) \frac{p}{g} - \frac{1}{b^2} \right) \int_a^b T r dr + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \left(1 - \nu_1 \frac{b^2 - a^2}{g} T(b, t) \right) \right], \quad (6)$$

$$\sigma_r = \sigma_{\theta} \frac{1 - \left(\frac{c}{r} \right)^2}{1 + \left(\frac{c}{r} \right)^2}, \quad (7)$$

где E – модуль Юнга, g – удельная теплоёмкость, α – коэффициент теплоотдачи.

Принималось условие, что

$$p = \frac{E_1}{E_2} \left(\frac{c^2 + b^2}{c^2 - b^2} + \nu_2 \right) + \nu_1 \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} - 1, \quad (8)$$

$$g = \frac{E_1}{E_2} (b^2 - a^2) \left(\frac{c^2 + b^2}{c^2 - b^2} + \nu_2 \right) + b^2 (1 - \nu_1) + a^2 (1 + \nu_1). \quad (9)$$

С помощью системного анализа методом конечных элементов получены результаты численного исследования влияния распределения температурной нагрузки во время выстрела

с применением композитной гильзы. Теплопередача патроннику при использовании композитной и штатной гильзы 5,45-мм патрона представлена на рис.5.

$T, ^\circ\text{C}$

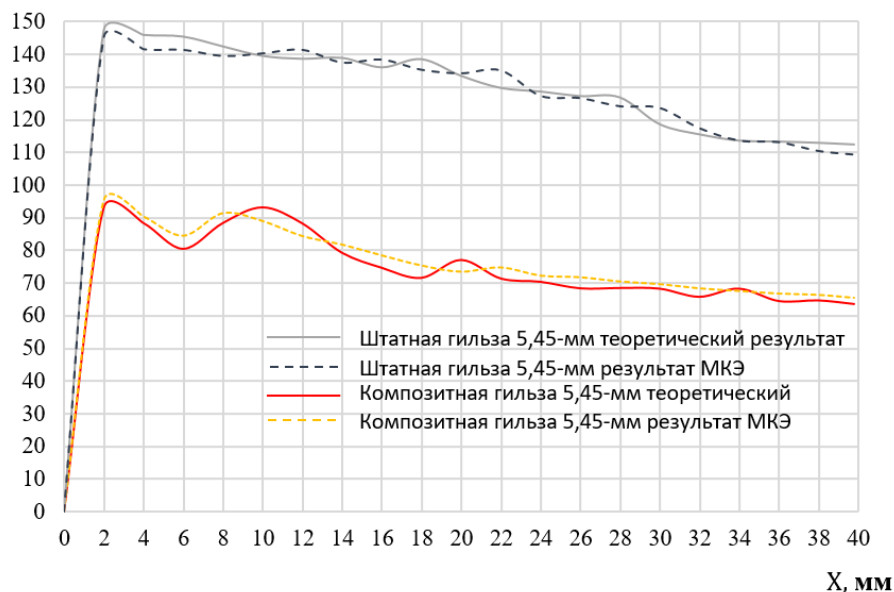


Рис.5. Теплопередача патроннику при использовании композитной и штатной гильзы 5,45-мм

Таким образом, в результате исследований подтверждено, что композитное тело гильзы способно оказывать влияние на снижение теплопередачи к патроннику на 6 %, а следовательно, и снижение разгарно-эрозионного разрушения патронника. Для определения распределения температур внутри

композитной гильзы и от её стенок патроннику, а также термодинамических свойств материала, из которого изготовлена гильза и патронник введён коэффициент конвективной теплопередачи $\tilde{h}^k$ между телом гильзы и пороховым газом.

Список литературы:

1. Дворянинов, В.Н. Боевые патроны стрелкового оружия: монография в 4-х томах /

В.Н. Дворянинов: Климовск - Д. Соло, 2015. - ISBN 978-5-9906267-0-6.

2. Шадский А.С., Морозов Е.М., Жеков К.Н., Плонтиков А.С. ANSYS в руках инженера: Температурные напряжения. Изд. Стереотип. - М.: ЛЕНАНД, 2020. - 480 с.

3. Бабабджанов, А.В. Идентификационно-имитационная математическая модель теплофизического нагружения малокалиберного артиллерийского ствола / А. В. Бабабджанов, А.В. Подкопаев. Сибирский аэрокосмический журнал № 2 (23). - Красноярск: СибГУ, 2022. - С. 210-223.

4. Серебряков, М.Е. Внутренняя баллистика / М.Е. Серебряков. - М.: Оборонгиз. 1949. - 770 с.

5. Бакланов, Д.В. Влияние температурного воздействия на химическую реакцию распада фторида графена в порохе при его горении / Д.В. Бакланов, Минаков Е.И. Ишков А.С. и др. Известия Тульского государственного университета / Технические науки, выпуск 9, 2024. - С.188-194.

6. Бакланов Д.В. Специальный патрон для очистки канала ствола / Д.В. Бакланов, В.П. Пониматкин, В.И. Алчинов и др. / Патент на изобретение № 2831599 от 10.12.2024 г. – Роспатент-2023.

7. Чурбанов, Е.В. Внутренняя баллистика периода форсирования / Е.В. Чурбанов. Ленинград: Издательство Ленинградского механического института. 1983. – 94 с.

**Способ бездемонтажного экспресс-диагностирования турбокомпрессоров
дизельного двигателя по параметрам наддува**

**Method of non-dismounting express diagnostics of diesel engine turbochargers
according to boost parameters**

Аннотация. Исследовано изменение технического состояния турбокомпрессоров в эксплуатации, а также влияние параметров наддувочного воздуха на протекание процессов рабочего цикла в дизельном двигателе.

Проведен анализ причин изменения технического состояния турбокомпрессоров и их влияние на изменение рабочих процессов в дизельном двигателе. Проведен выбор и обоснование наиболее информативных диагностических параметров, для оценки технического состояния синхронных турбокомпрессоров дизельного двигателя.

Выработаны практические рекомендации по применению методики и устройства экспресс-диагностирования турбокомпрессоров без демонтажа с дизельного двигателя автомобилей КАМАЗ семейства «Мустанг» в условиях строительной организации.

Abstract. The change in the technical condition of turbochargers in operation, as well as the influence of the charge air parameters on the flow of the working cycle processes in a diesel engine is investigated. The analysis of the causes of changes in the technical condition of turbochargers and their impact on the change of working processes in a diesel engine is carried out. The selection and justification of the most informative diagnostic parameters for assessing the technical condition of synchronous turbochargers of a diesel engine has been carried out. Practical recommendations have been developed on the application of the methodology and device for express diagnostics of turbochargers without dismantling from the diesel engine of KAMAZ vehicles of the Mustang family in the conditions of a construction organization.

Ключевые слова: турбокомпрессор, дизельный двигатель, военная автомобильная техника, техническое состояние, техническое диагностирование, устройство технического диагностирования.

Keywords: turbocharger, diesel engine, military automotive equipment, technical condition, technical diagnostics, technical diagnostics device.

Введение. Из проведенного анализа технической документации следует, что в настоящее время при проведении технического обслуживания системы газотурбинного наддува, в том числе турбокомпрессоров (ТК) двигателей строительных и дорожных машин (СДМ), применение специальных мобильных устройств технического диагностирования не предусмотрено [1]. Все проверки технического состояния системы

газотурбинного наддува предполагают применение органолептических методов, частичную разборку элементов ТК или их демонтаж с двигателя [2]. Такое техническое диагностирование имеет субъективный характер и влечет за собой определенные трудозатраты, связанные с выполнением работ по демонтажу ТК или разборке их отдельных элементов.

В целях поддержания СДМ, применяемых под монтаж и для

транспортирования навесного оборудования и техники [НОТ], в готовности к использованию, за счет обеспечения стабильных (номинальных) мощностных показателей двигателя был разработан способ бездемонтажного экспресс-диагностирования синхронных ТК двигателя.

Давление наддувочного воздуха, создаваемое компрессором ТК, позволяет повысить плотность воздуха во впускном коллекторе p_k , это способствует увеличению массы воздушного циклового заряда, подаваемого в цилиндр во время такта впуска. Повышение p_k позволяет повысить цикловую подачу топлива в цилиндр гцц. В результате повышения гцц, пропорционально плотности наддувочного воздуха и соблюдении соотношения равенства воздуха и топлива, а также при ряде других равных условий увеличивается цикловая теплота и среднее эффективное давление P_e [3]:

$$P_e = \frac{Q_n}{\alpha \cdot l_0} \cdot \rho_k \cdot \eta_v \cdot \eta_i \cdot \eta_m \text{ МПа}, \quad (1)$$

где Q_n – низшая теплота сгорания топлива ($Q_n = 42,7 \text{ МДж/кг}$) [Б-05/48];

l_0 – количество воздуха теоретически необходимого для полного окисления 1 килограмма топлива ($l_0 = 14,33 \text{ кг}$);

η_v – коэффициент наполнения;

ρ_k – плотность воздуха после компрессора, кг/м^3 ;

α – коэффициент избытка воздуха;

η_i, η_m – соответственно индикаторный и механический КПД двигателя.

В свою очередь P_e оказывает непосредственное влияние на формирование эффективной мощности дизельного двигателя:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_s \cdot i \cdot n}{60 \cdot z}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где V_s – рабочий объем двигателя, м^3 ;

i – количество цилиндров двигателя;

n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} ;

z – коэффициент тактности ($z = 1$ для двухтактных двигателей, $z = 2$ для четырехтактных двигателей).

Плотность воздуха ρ_k оказывает определяющее значение на величину

воздушного циклового заряда ($\rho_k \cdot \eta_v$) и определяется выражением:

$$\rho_k = \frac{P_k}{R \cdot T_k}, \text{ кг/м}^3, \quad (3)$$

где R – удельная газовая постоянная для воздуха ($R = 287 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$); P_k – давление воздуха после компрессора; T_k – температура воздуха после компрессора.

Выражение (3) показывает зависимость ρ_k от P_k и T_k .

Как известно, сжатие газа в реальном компрессоре может считаться политропным [29], для которого соотношение температуры и давления выражается в виде:

$$T_k = T_0 \cdot \left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, \text{ К}, \quad (4)$$

где n_k – средний показатель политропы сжатия воздуха; P_0 – давление окружающего воздуха, МПа; T_0 – температура окружающего воздуха, К.

Если подставить (4) в (3), получим:

$$\rho_k = \frac{P_0^{\left(\frac{n_k - 1}{n_k}\right)}}{R \cdot T_0} \cdot 10^{-6} \cdot P_k^{\frac{1}{n_k}}, \text{ кг/м}^3. \quad (5)$$

Выражением (5) подтверждается обусловленная зависимость p_k от P_k .

Давление воздуха P_k зависит от потенциальной энергии выпускных газов преобразующейся в работу в турбинной части ТК [3].

Задача, заключающаяся в обеспечении необходимого баланса энергии турбинной и компрессорной частей ТК связана с очевидной задачей обеспечения требуемой температуры выпускных газов (температурой газов перед турбиной) [6]:

$$T_t = \frac{\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{K' - 1}{K'}} - 1}{1 - \left(\frac{P_0}{P_t} \right)^{\frac{K' - 1}{K'}}} \cdot \frac{T_0}{\eta_{тк}}, \text{ К}, \quad (6)$$

где K' – показатель адиабаты отработавших газов; $\eta_{тк}$ – КПД ТК.

Приведенная приближенная формула выражает основное условие газотурбинного наддува ТК.

Давление P_t , создаваемое выпускными газами перед турбиной напрямую зависит от скорости и температуры выпускных газов, выходящих из цилиндра во время такта выпуска, которые в свою очередь зависят от

параметров наддувочного воздуха в цилиндр во время такта впуска.

Взаимосвязь между P_t и P_k выражена в следующем виде [4]:

$$\left(\frac{P_k}{P_0}\right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 = \frac{K'-1}{K'} \cdot \frac{K-1}{K} \cdot \frac{R_g}{R_b} \cdot \left(1 + \frac{1}{\varphi_a \cdot \alpha \cdot L_0}\right) \cdot \frac{T_T}{T_0} \cdot \eta_{TK} \cdot \left(1 - \left(\frac{P_0}{P_T}\right)^{\frac{K'-1}{K'}}\right), \quad (7)$$

где K – показатель адиабаты воздуха ($K=1,41$);

R_g – удельная газовая постоянная отработавших газов;

φ_a – коэффициент продувки двигателя;

α – коэффициент избытка воздуха;

L_0 – количество воздуха теоретически необходимого для полного окисления 1 килограмма топлива ($L_0 = 0,495$ кмоль).

Из выражения (7) видно, что увеличение P_k при повышении T_m заложено в самом принципе работы двигателя с газотурбинным наддувом и обеспечивается путем увеличения цикловой подачи топлива при увеличении нагрузки двигателя. В связи с чем в системе топливо-, воздухоподачи двигатель «не распознает» те неисправности ТК, которые приводят к понижению P_k по закономерностям, отличающимся от заложенных в принципе совместной работы исправного двигателя и T_k .

Для повышения объективности проведения технического диагностирования системы газотурбинного наддува разработан способ определения технического состояния ТК дизеля по параметрам давления наддувочного воздуха без его демонтажа с ДВС.

Применение предлагаемого способа направлено на своевременное выявление скрытых факторов, ведущих к изменению производительности ТК, а также преждевременному выходу их из строя и определению возможности дальнейшей безаварийной эксплуатации.

Технический результат предлагаемого способа направлен на повышение точности определения технического состояния ТК путем дифференцированной оценки

состояния компрессора и турбины. В результате такой оценки появляется возможность определения неисправного элемента ТК (при наличии неисправности), а также обеспечивается увеличение числа критериев оценки технического состояния T_k .

Предлагаемый способ отличается тем [5], что предварительно на холостом ходу измеряется давление наддувочного воздуха после компрессорной части T_k (P_k). Далее увеличивая топливоподачу и разогнав коленчатый вал двигателя до максимально допустимой частоты оборотов измеряются максимальные показатели давления наддувочного воздуха после компрессорной части T_k , одновременно проводится измерение давления газов в картере двигателя (P_{kg1}), давления (P_{k1}) и температуры (T_{k1}) наддувочного воздуха после компрессорной части T_k , температуры отработавших газов перед турбинной частью T_k (T_{T1}). После выполненных замеров орган управления топливоподачей возвращается в положение минимальных оборотов холостого хода ($t1$) и осуществляется контроль за временем снижения значения показателей давления наддувочного воздуха после компрессорной части ТК. Параллельно измеряется давление газов в картере двигателя (P_{kg2}), температура наддувочного воздуха после компрессорной части ТК (T_{k2}), температура отработавших газов перед турбинной частью ТК (T_{T2}), после чего фиксируется время окончания измерений ($t2$) на выбеге ротора. Используя полученные данные, производится окончательный расчет оценочных критериев.

Техническое состояние ТК двигателя определяется по выполнению условий измеренных параметров к заданным критериям оценки:

P_{kg1} , P_{k1} , T_{k1} , T_{T1} , ΔP_{kg} ($\Delta P_{kg} = P_{kg1} - P_{kg2}$), ΔP_k ($\Delta P_k = P_{k1} - P_{k2}$), ΔT_k ($\Delta T_k = T_{k1} - T_{k2}$), ΔT_T ($\Delta T_T = T_{T1} - T_{T2}$), Δt ($\Delta t = t2 - t1$), $\Delta P_k / \Delta t$.

Алгоритм реализации метода технического диагностирования ТК дизельного двигателя (см. рис. 1).

Апробация предлагаемого способа проводилась на дизельных двигателях КАМАЗ-740.31, КАМАЗ-740.30.

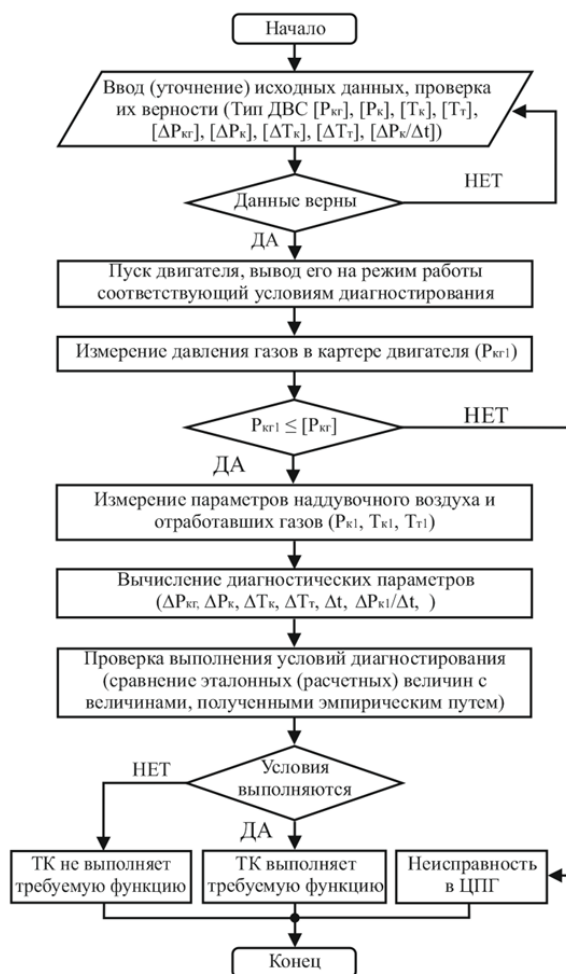


Рис. 1. Алгоритм реализации метода технического диагностирования ТК дизельного двигателя

На основании обозначенных требований и проведённого анализа в качестве диагностических параметров контроля технического состояния ТК, доступных для

контроля непосредственно на двигателе ДСМ, были выбраны давление и температура наддувочного воздуха после компрессорной части ТК, а также температура отработавших газов перед турбиной. На основании выбранных диагностических параметров был проведен подбор конструктивных элементов для реализации устройства.

Разработанное устройство обеспечивает оперативное проведение экспресс-диагностики непосредственно на СДМ с визуализацией и регистрацией промежуточных и результирующих данных, что позволяет определять техническое состояние параллельных ТК, делать заключение о возможности (невозможности) их дальнейшей эксплуатации, исключает проведение операций по ненужному демонтажу работоспособных ТК. Вследствие чего снижается число неплановых ремонтов и повышается эффективность работы ТК.

Функциональная схема устройства экспресс-диагностирования ТК представлена на рисунке 2, [6].

На рисунке 3 изображены графики изменения контролируемых параметров при изменении, с заданным темпом, частоты вращения коленчатого вала двигателя ($n_{кв}$) с минимально допустимых ($600 \pm 20 \text{ мин}^{-1}$) до максимально допустимых ($2530_{-80} \text{ мин}^{-1}$) и обратно, при работе двигателя без нагрузки. Испытания разработанного устройства показали удовлетворительные результаты.

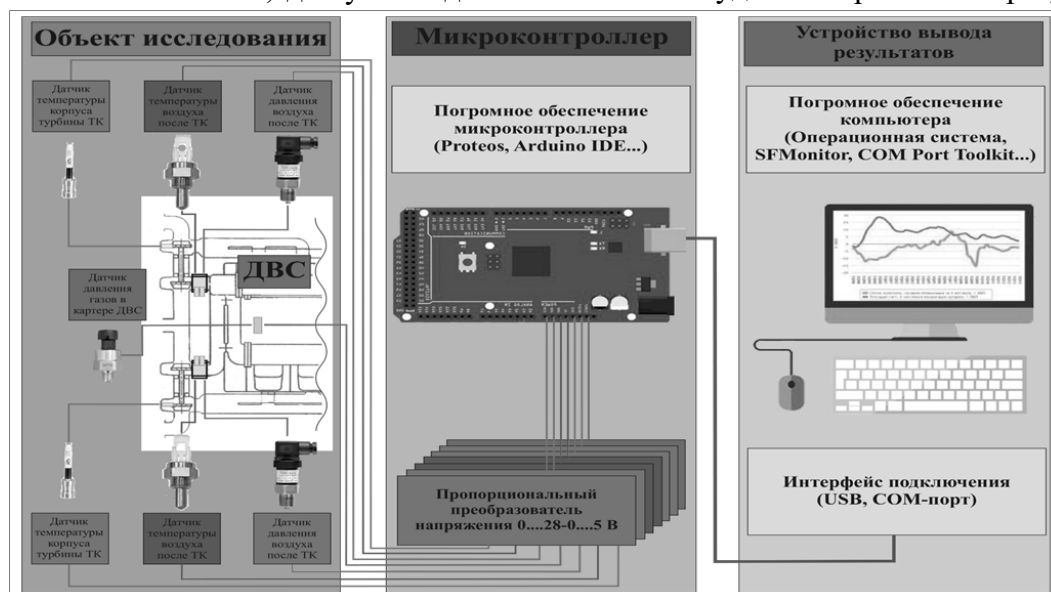
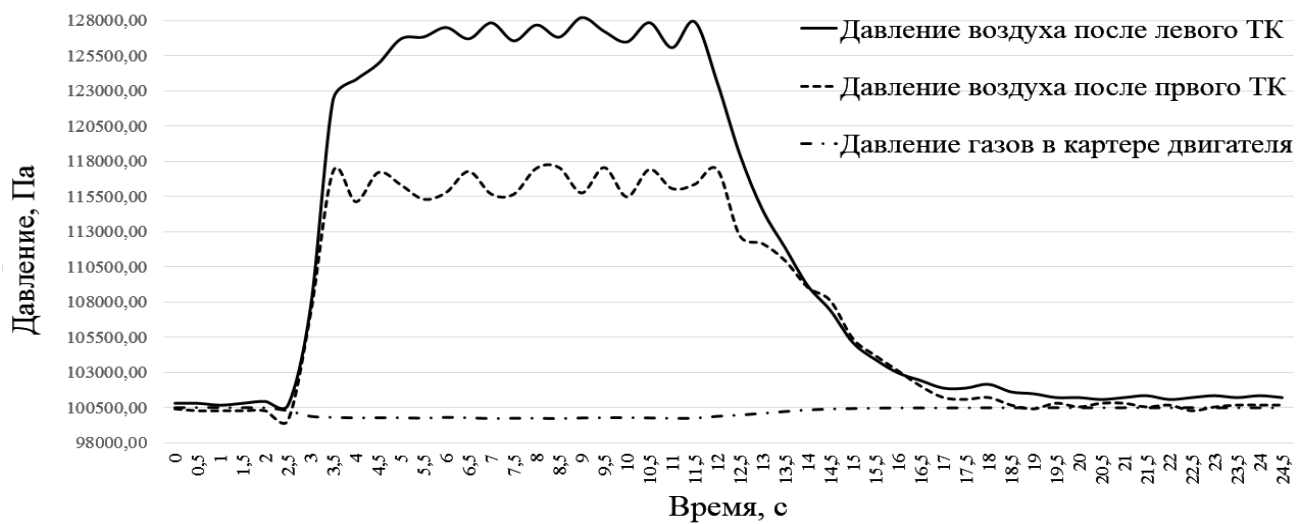
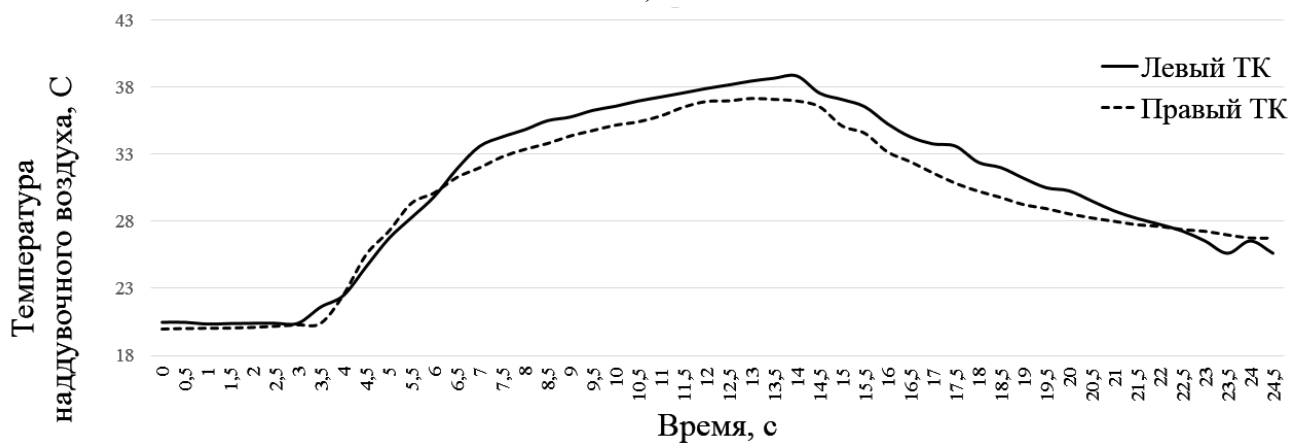


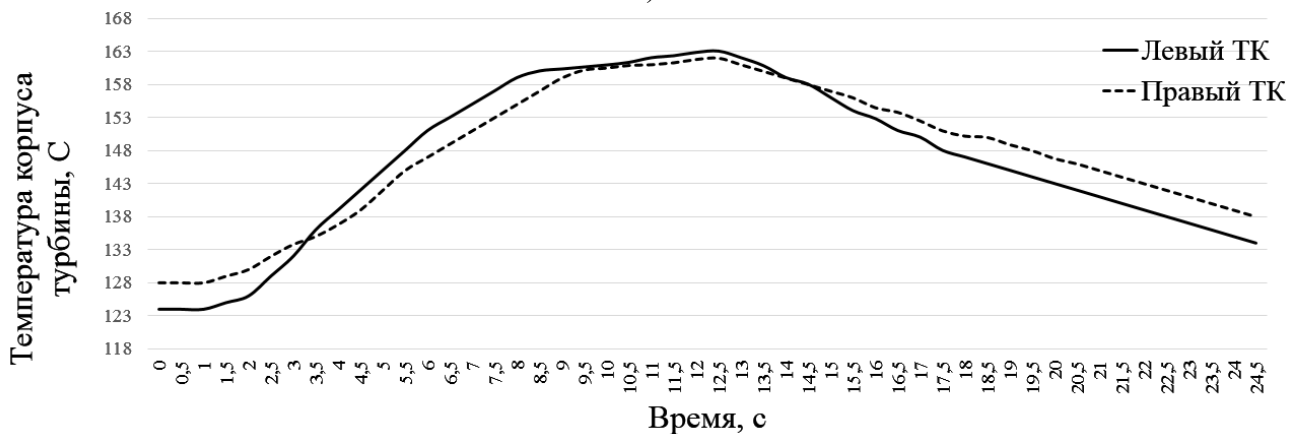
Рис. 2. Функциональная схема устройства экспресс-диагностирования ТК



а)



б)



в)

Рис. 3. Графики изменения контролируемых параметров: а – график изменения давления наддувочного воздуха после турбокомпрессоров и давления газов в картере двигателя; б – график изменения температуры наддувочного воздуха после турбокомпрессоров; в – график изменения температуры корпусов турбин.

Выводы.

Таким образом, использование полученных данных при реализации различных методик технического диагностирования с применением сопутствующего программного обеспечения представляется возможность

проведения экспресс-диагностирования ТК без его демонтажа с дизельного двигателя, а также определения возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации, либо прогнозирования мощностных потерь двигателя СДМ в зависимости от её пробега.

Список литературы:

1. Руководство по эксплуатации автомобилей семейства «Мустанг»: Руководство по эксплуатации / М.: ГАБТУ, 2006. – 488 с.
2. Лянденбургский, В.В. Динамичная система технического обслуживания автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.В. Федосков, П.А. Мнекин // Грузовик. – 2012. № 8. - с. 16-19.
3. Бурячко В.Р. Автомобильные двигатели: Рабочие циклы. Показатели и характеристики. Методы повышения эффективности энергопреобразования / В.Р. Бурячко, А.В. Гук. – СПб.: НПИЦК, 2005 г. - 292 с.
4. Дьяченко Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания / Н.Х. Дьяченко, А.К., Костин, Б.П. Пугчев, Р.В. Русинов, Г.В. Мельников. – Л.: Машиностроение, 1974. – 552 с.
5. Патент РФ №2759782 «Способ определения технического состояния турбокомпрессоров дизеля». Дата регистрации 17.11.21.
6. Патент РФ № 209241 от 08.02.22 «Устройство экспресс-диагностирования параллельных турбокомпрессоров дизельного двигателя».

Модель высокоскоростного взаимодействия в системе «взрывчатое вещество – поражающий элемент» барражирующего боеприпаса**A model of high-speed interaction in the explosive– striking element system of a barrage munition**

Аннотация. В статье представлена модель высокоскоростного взаимодействия в системе «взрывчатое вещество – поражающий элемент – преграда» для барражирующего боеприпаса. Проведено численное моделирование процессов формирования и взрывного метания готовых поражающих элементов (ГПЭ) различной конфигурации под воздействием детонационной волны. Особое внимание уделено зависимости начальной скорости элементов от их геометрической конфигурации и коэффициента наполнения.

Abstract. The article presents a model of high–speed interaction in the explosive – striking element -barrier system for a barrage of ammunition. Numerical modeling of the processes of formation and explosive throwing of ready-made striking elements (GPE) of various configurations under the influence of a detonation wave has been carried out. Special attention is paid to the dependence of the initial velocity of the elements on their geometric configuration and filling coefficient.

Ключевые слова: модель взрывного метания, метод конечных элементов, высокоскоростное взаимодействие, готовые поражающие элементы, конфигурация.

Keywords: explosive throwing model, finite element method, high-speed interaction, ready-made striking elements, configuration.

Ключевые слова: средство эксплуатации, изделия военной техники, время остывания сооружения, время отказа, живучесть.

Keywords: means of operation, military equipment products, cooling time of the structure, failure time, survivability.

Для расчёта скорости осколков при взрыве используется уравнение баланса энергии. Общая энергия взрыва делится на кинетическую энергию осколков и кинетическую энергию продуктов детонации. Наиболее известной является формула, предложенная профессором Г. И. Покровским, которая основана на следующих допущениях: скорость продуктов детонации внутри цилиндрической оболочки уменьшается линейно от максимальной на внутренней поверхности до нуля на оси заряда; кинетическая энергия продуктов детонации изменяется в зависимости от расстояния до оси заряда.

Из этих допущений следует, что

$$v = v_0 \frac{x}{r_0} \quad (1)$$

а кинетическая энергия элементарной массы продуктов детонации $dm = 2\pi rhdrp_{\text{вв}}$, (на рис. 1 обозначена штриховой линией) будет определяться выражением

$$dE_{\text{ид}} = \frac{dmv^2}{2}$$

Из этого следует, что кинетическая энергия поражающих элементов будет иметь вид

$$E_0 = \frac{m_0 v_0^2}{2}$$

На основании этих допущений и выводится формула для расчета начальной скорости осколков [1]

$$v = \sqrt{\frac{2 \sum kE}{m}} \quad (2)$$

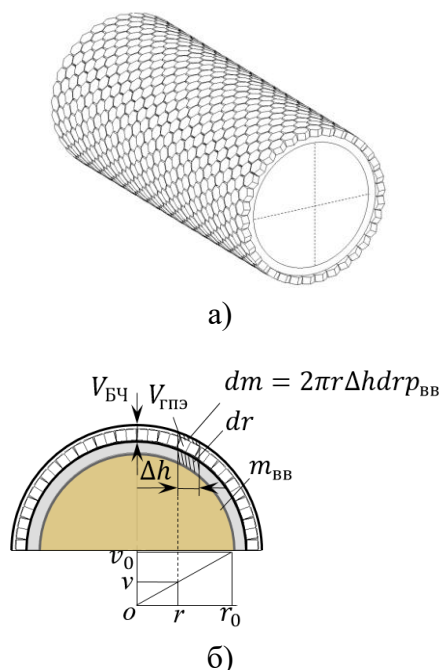


Рис. 1. Схема БЧ ББ: а) изометрия; б) вид спереди в разрезе

Важным моментом является учет потерь энергии, которые связаны с: разрушением металла оболочки; выдуванием продуктов детонации через торцы заряда, энергетическими потерями в зазорах между готовыми поражающими элементами. Эти потери учтены в коэффициенте, который выражается через несколько параметров, включая массу ВВ и форму поражающего элемента. Формула (1) является основным инструментом для теоретического расчета начальной скорости осколков, позволяющая учитывать потери энергии на различные процессы при взрыве. Потери энергии на выдувание продуктов детонации через зазоры между поражающими элементами (ГПЭ) можно рассчитать, учитывая форму элементов, количество зазоров и их влияние на потерю энергии взрыва. Разные формы поражающих элементов, такие как шары, цилиндры и шестиугольные призмы, рис. 2, создают различное количество зазоров, что существенно влияет на потери энергии при взрыве.

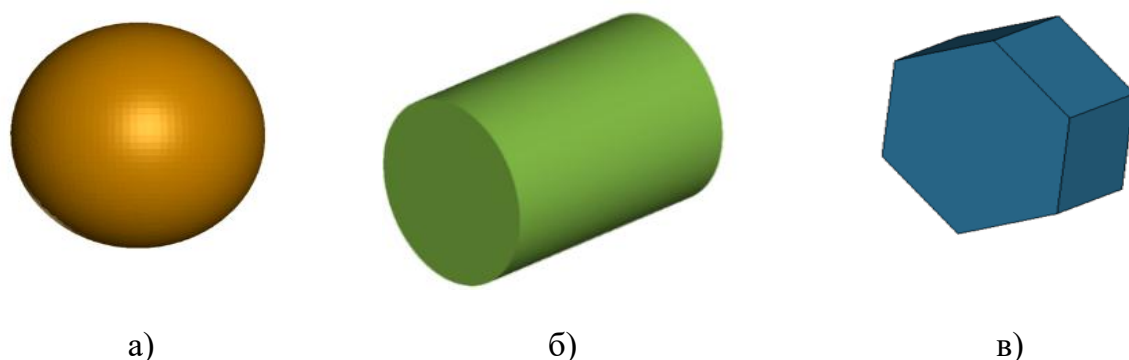
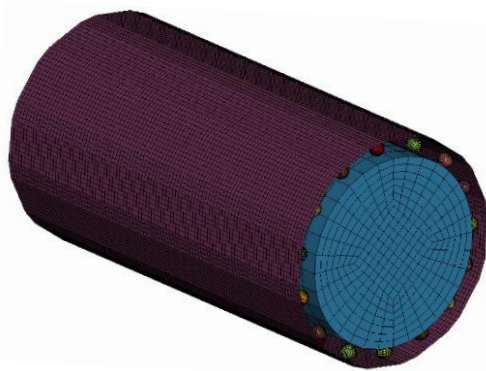


Рис. 2. Готовые поражающие элементы различной формы: а) шар; б) цилиндр; в) шестиугольная призма

Для определения кинетической энергии, начальной скорости разлета готовых поражающих элементов, геометрических характеристик поражающих элементов их количества в зависимости от их конфигурации и площади поперечного сечения, при учете коэффициента заполнения готовыми поражающими элементами боевой части и энергии на выдувание

между зазорами проведем численные исследования процесса высокоскоростного взаимодействия в системе «взрывчатое вещество – готовый поражающий элемент». Модель боевой части барражирующего боеприпаса с готовыми поражающими элементами различной конфигурации и процесс взрывного метания представлены на рис. 3 [4].



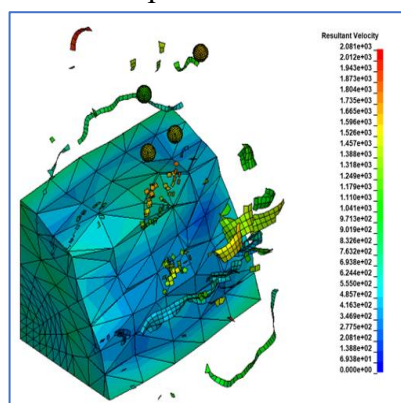
а)

б)

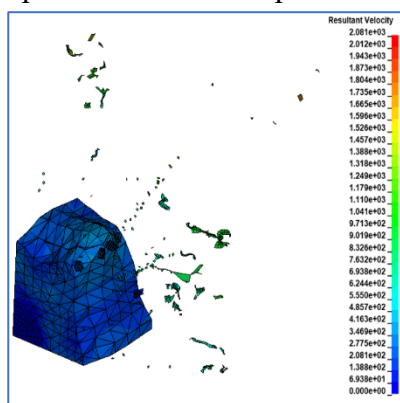
Рис. 3. Боевая часть барражирующего боеприпаса: а) модель; б) процесс взрывного метания

На рис. 4 представлены эпюры высокоскоростного взаимодействия в системе «взрывчатое вещество – готовый поражающий элемент», где используются готовые поражающие элементы различной

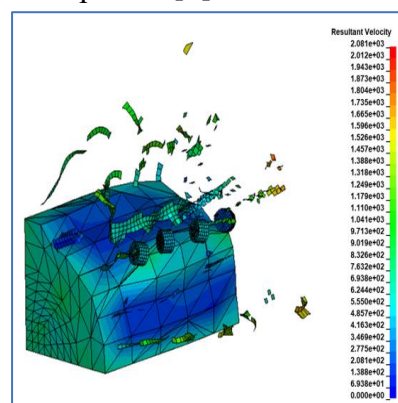
конфигурации. Результаты в виде зависимостей скорости и кинетической энергии от времени для ГПЭ шар, шестиугольная призма и цилиндр представлены на рис. 5 [6].



а)

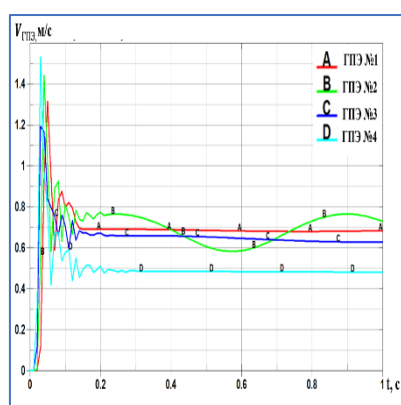


б)

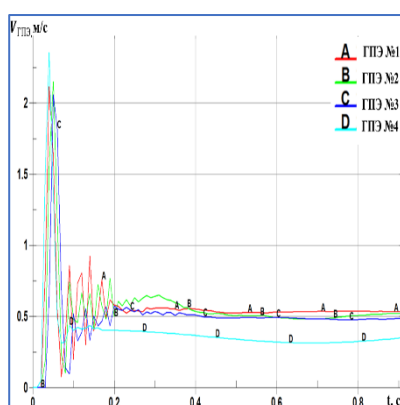


в)

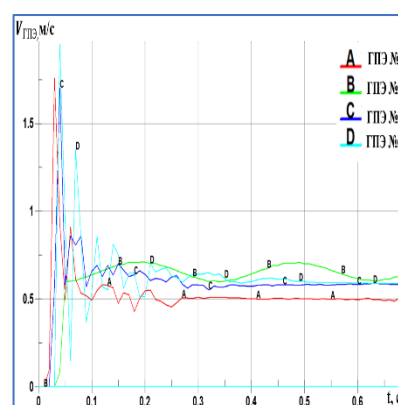
Рис. 4. Численные исследования взрывного метания готовых поражающих элементов различной конфигурации: а) шар; б) шестиугольная призма; в) цилиндр



а)



б)



в)

Рис. 5 – Результаты взрывного метания готовых поражающих элементов различной конфигурации: а) шар; б) шестиугольная призма; в) цилиндр

Анализ полученных результатов по определению влияния коэффициента заполнения готовыми поражающими элементами боевой части на их

начальную скорость после детонации ВВ при учете энергии на выветривание между зазорами представлен на рис. 6 [8].

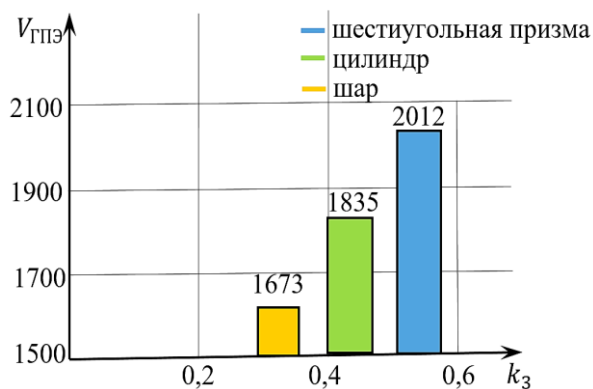


Рис. 6. Результаты численных исследований начальной скорости ГПЭ различной конфигурации

Таким образом, моделирование высокоскоростного взаимодействия позволило определить, что форма поражающих элементов оказывает значительное влияние на их начальную скорость. В частности, шестиугольная призма демонстрирует максимальное значение скорости $V_{ПП}=2012$ м/с, что на 12% выше, чем у ГПЭ шар. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании барражирующих боеприпасов с оптимизированной формой ГПЭ для повышения их эффективности..

Список литературы:

1. Покровский, Г.И. Взрыв. 4-е издание., перераб. и доп. М., Недра, 1980., – 190 с.
 2. Cai, S., Feng J., Xu H., et al. The concentration of deformation caused by the closed end contributes to the destruction of the sleeve in the lower part[J]. Defence Technology 2020;16(6):1151-9.
 3. LS-DYNA Theory Mnual. Livermore: LSTC, 2019. 686 s.
 4. Бабкин А.В., Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов / А.В. Бабкин, В.Н. Колпаков, В.Н. Охитин [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 518 с.
 5. Велданов В.А., Прикладная теория удара / В.А. Велданов. –М.: Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2016. – 44 с.4. Тихонов К.М., Тишков В.В.
 6. Галлагер Р.М., Метод конечных элементов. Основы.: [пер.с англ.] / Р.М. Галлагер. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
 7. Басов К.А., ANSYS справочник пользователя / К.А. Басов. – М.: Изд-во ДМК-Пресс, 2005. – 640 с.
 8. Герасимов А.В., Высокоскоростной удар. Моделирование и эксперимент. Томск: изд. НТЛ, 2016. – 568 с.
 9. Зарубин В.С., Вариационные и численные методы механики сплошной среды / В.С. Зарубин, В.В. Селиванов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993. – 508с.
 10. Зенкевич О.В., Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред / О. Зенкевич, И. Чанг. – М.: Мир, 1974. – 239 с.
- унктах Российской Федерации. – введ. 06.09.2000. – М.: Госстрой России, 2000. – 14с.

Рассмотрение вопросов надежности эксплуатации объектов наземной инфраструктуры**Consideration of issues of reliability of operation of ground infrastructure facilities**

Аннотация. В статье рассматриваются сооружения, предназначенные для эксплуатации изделий военной техники, как средство эксплуатации с прогнозированием надежности обеспечивать требуемые параметры микроклимата в помещениях в различных условиях эксплуатации, представлена модель времени «отказа» изделия военной техники из-за снижения температуры в помещениях сооружения при прекращении тепло- и электроснабжения в случае повреждения объектов теплоэнергетической инфраструктуры, обоснован выбор диагностических параметров, позволяющих прогнозировать скорость наступления «отказа» при остывании сооружения в зависимости от внешних и внутренних факторов.

Abstract. The article deals with structures designed for the operation of military equipment, as a means of operation with the prediction of reliability to provide the required parameters of the microclimate in the premises in various operating conditions, a model of the time of "failure" of a military equipment product due to a decrease in temperature in the premises of the structure when the heat is stopped is presented.- in case of damage to heat and power infrastructure facilities, the choice of diagnostic parameters that allow predicting the rate of "failure" when the structure cools down, depending on external and internal factors, is justified.

Ключевые слова: средство эксплуатации, изделия военной техники, время остывания сооружения, время отказа, живучесть.

Keywords: means of operation, military equipment products, cooling time of the structure, failure time, survivability.

К функционированию зданий и сооружений, являющихся объектами наземной инфраструктуры, предъявляются повышенные требования по обеспечению заданных условий эксплуатации изделий военной техники (ИВТ) как средствам эксплуатации [1]. Особенно выполнение данных требований важно при эксплуатации ИВТ, коэффициент готовности которых стремится к 1 ($K_g \rightarrow 1$) [4]. Как правило, это достигается многократным резервированием основных систем. Однако опыт проведения специальной военной операции (СВО) показал, что поражение объектов теплоэнергетической инфраструктуры, приводящее к приостановке либо полному прекращению обеспечения зданий и сооружений тепловой и (или)

электрической энергией, может привести к отказу ИВТ [3, 5] и снижению боевой эффективности [2].

Вышесказанное определяет необходимость диагностирования и, при необходимости, повышения живучести зданий и сооружений, обеспечивающих эксплуатацию ИВТ, как фактор поддержания боевой эффективности.

Выбор расчетных параметров

В зданиях и сооружениях, предназначенных для эксплуатации ИВТ поддержание заданных параметров микроклимата, определяемых требованиями эксплуатационной документации, обеспечивается техническими системами (ТС). В теплый период года ассимиляция тепловлагоизбытков в помещениях

осуществляется системой вентиляции и кондиционирования воздуха, в холодный период года компенсация тепловых потерь через ограждающие конструкции обеспечивается системой отопления. Данные системы входят в состав ТС. Учитывая, что режимы функционирования технических систем напрямую зависят от параметров окружающей среды и связаны с ней процессами энергомассообмена, то при моделировании процессов функционирования ТС при взаимодействии с окружающей средой они рассматриваются как единая термодинамическая система [6].

При эксплуатации ИВТ в холодное время года тепловой баланс в помещениях, как уже было сказано выше, обеспечивается системой отопления. Величина тепловых потерь сооружением через ограждающие конструкции $Q_{огр}$ может быть рассчитана по формуле профессора Ермолаева Н.С. [7]:

$$Q_{огр} = V \cdot \left[\frac{P}{S} \cdot (k_c + \varphi \cdot (k_{ок} - k_c)) + \frac{1}{H} \cdot (k_c + \psi_1 \cdot k_{пл} + \psi_2 \cdot k_{пл}) \right] \cdot (t_b - t_n), \quad (1)$$

Как видно из выражения (1), теплотери зависят от геометрических характеристик сооружения H, V, S, P (соответственно высота, объем, площадь, периметр, м); коэффициентов теплопередачи наружных стен, окон, пола, кровли $k_c, k_{ок}, k_{пл}, k_{пл}$; коэффициента остекления φ ; поправки на перепад температур между верхним и нижним ограждением ψ_1, ψ_2 ; температуры воздуха внутри и снаружи сооружения t_b, t_n .

Также значительные теплотери сооружением происходят за счет инфильтрации $Q_{и}$, определяемые по формуле:

$$Q_{и} = 0,28 \cdot G \cdot c_b \cdot (t_b - t_n) \cdot \delta, \quad (2)$$

где: G — расход инфильтрующегося воздуха, кг/час;

c_b — удельная теплоемкость воздуха Дж/(кг*К);

δ — коэффициент, учитывающий встречный тепловой поток.

С учетом закона Ньютона-Рихмана, определяющего количество отдаваемой телом теплоты, может быть выведена

модель времени остывания сооружения [8], час:

$$\tau = \frac{(m_b \cdot c_b + m_{ск} \cdot c_{ск}) \cdot (t_b - t_{кр}) + m_t \cdot c_t \cdot (t_t^H - t_{кр})}{V \cdot \left[\frac{P}{S} \cdot (k_c + \varphi \cdot (k_{ок} - k_c)) + \frac{1}{H} \cdot (k_c + \psi_1 \cdot k_{пл} + \psi_2 \cdot k_{пл}) \right] + 0,28 \cdot G \cdot c_b \cdot \delta} \cdot (t_b - t_n), \quad (3)$$

где $m_b, m_{ск}, m_t$ — массы воздуха, внутренних строительных конструкций (в соответствии с техпаспортом), теплоносителя в системе отопления (в соответствии с паспортом системы отопления), кг;

$c_b, c_{ск}, c_t$ — удельные массовые теплоемкости воздуха, внутренних строительных конструкций, теплоносителя, Дж/(кг*К);

$t_{кр}$ — критическая температура воздуха в помещениях сооружения, °С.

Для электронной вычислительной аппаратуры, к которой относится большинство ИВТ, критической является температура «точки росы», при достижении которой на элементах ИВТ будет конденсироваться влага, приводящая, как правило, к электрическому пробое и выходу из строя аппаратуры, т.е. отказу [5]. Учитывая, что температура «точки росы» зависит от влажности и температуры воздуха в помещении, которые поддерживаются в сооружениях с ИВТ, как правило, на уровне 18 ± 2 °С и влажности $60 \pm 5\%$, то для данных параметров критическая температура составляет $11-13$ °С [8].

Рассмотрим сооружение, предназначенное для эксплуатации ИВТ с нижеследующими параметрами:

- температура воздуха в помещениях $t_b. 18$ °С;
- относительная влажность воздуха в помещениях $\varphi. . . 60\%$;
- температура критическая (точка росы) $t_{кр} 12$ °С;
- геометрические размеры (длина x ширина x высота $42,0 \times 42,0 \times 21,0$ м;
- расстояние между секционирующими задвижками $l_{сз} 1,1$ км;
- диаметр трубопровода теплоснабжения $d_{тр} 0,159$ м;

- расчётный диапазон изменения температуры окружающей среды за отопительный

- период $t_{oc} \ 35 \leq t_{oc} \leq 8 \ ^\circ C$;
- скоростной напор ветра 27 кг/м^2 .

Наружные стены выполнены из сборных навесных керамзитобетонных панелей толщиной 300 мм по серии 1.432-14/80 выпуск 0,1.

Дверные и оконные блоки деревянные, оконные блоки с двойным остеклением.

Из выражения (3) следует, что основными параметрами, влияющими на время остывания сооружения до критической температуры являются температура наружного воздуха t_n и расход инфильтрующегося воздуха G . В соответствии с [9] расход инфильтрующегося воздуха зависит от разности давлений воздуха на внутренней и наружной стороне ограждающих конструкций, которая в свою очередь является функцией геометрических параметров сооружения, характеристик ограждающих конструкций и скорости ветра.

Таким образом, для рассматриваемого сооружения представляется возможным получить зависимость расхода инфильтрующегося воздуха от скорости ветра (рис. 1).

Так как объем теплоносителя, находящийся в системе отопления сооружения с запасенной в нем тепловой энергией по сравнению с объемом сооружения незначителен, то влияние теплоотдачи теплоносителя на время остывания сооружения можно не учитывать.

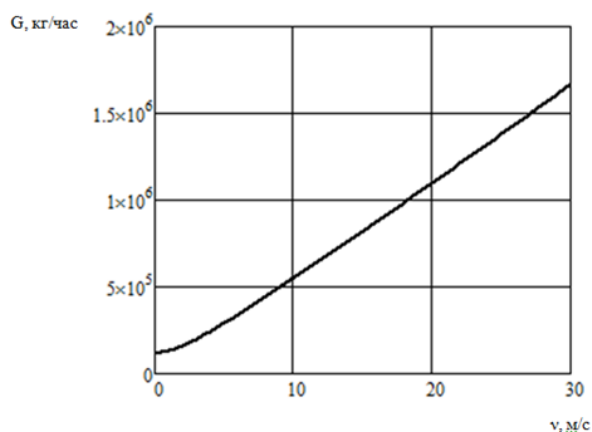


Рис. 1. Зависимость расхода инфильтрующегося воздуха G от скорости ветра v .

Таким образом, теплоустойчивость сооружения в конкретный момент времени зависит в основном от двух параметров – температуры наружного воздуха и скорости ветра.

График зависимости времени остывания рассматриваемого сооружения до критической температуры в зависимости от данных параметров представлен на рис. 2.

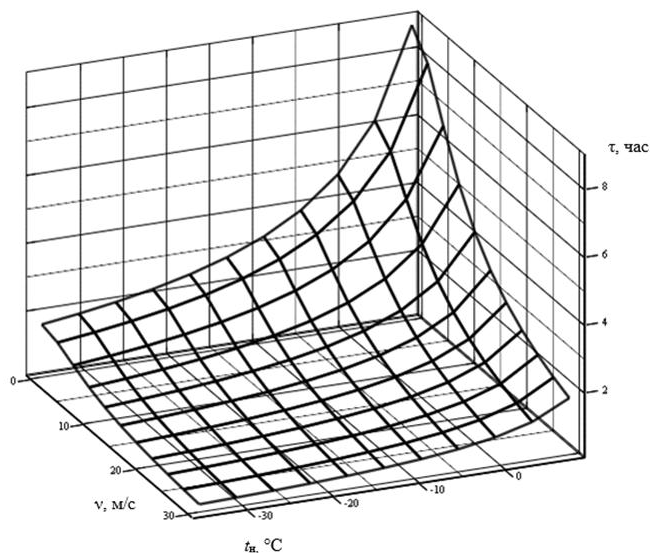


Рис. 2. Зависимость времени остывания сооружения τ до критической температуры $t_{кр}$ от температуры наружного воздуха t_n и скорости ветра v .

Прогнозирование времени отказа

При аварии (разрушении) тепловых сетей время восстановления поврежденного участка можно определить по эмпирической формуле, ч [10]:

$$t_p \approx 6 \cdot (1 + (0,5 + 1,5 \cdot l_{сз}) \cdot d_{тр}^{1,2}), \quad (5)$$

где t_p – время ремонта тепловых сетей, зависящее от диаметра трубопровода (без учёта времени на поиск места аварии).

$l_{сз}$ – расстояние между секционирующими задвижками, км;

$d_{тр}$ – диаметр трубопровода, м.

При повреждении теплогенерирующей установки (котельной станции теплоснабжения и т.п.) и сетей электроснабжения время восстановления тепло- и электроснабжения зависит от объема повреждений и возможности оперативно подключить резервные

источники. Это время может быть определено после оценки объема повреждений, а также оценки возможности проведения аварийно-восстановительных работ имеющимися силами и средствами.

В соответствии с (5) время ремонта сети теплоснабжения составит 7,4 ч. Из графика (см. рис. 2) видно, что для рассматриваемого сооружения за это время критическая температура в помещениях будет достигнута при температуре наружного воздуха ниже 4 °С и ветре свыше 6 м/с. И чем ниже температура наружного воздуха и сильнее ветер, тем быстрее критическая температура будет достигнута. Особенно опасно при отрицательной температуре наружного воздуха снижение температуры в сооружении до 5 °С, при которой в слабо отапливаемых помещениях (лестничные марши, тамбуры, технические этажи и т. п.) возможно замерзание теплоносителя в трубопроводах и отопительных приборах системы отопления, воды в системах водоснабжения различного назначения, сточных вод

в системах водоотведения, что приведет к разрушению оборудования этих систем.

Выводы.

Полученные зависимости для определения времени достижения критической температуры (времени «отказа») позволяет определить располагаемый запас времени при повреждении тепло- и электроснабжения сооружения и принять дежурным персоналом обоснованное решение по выполнению минимально необходимых мероприятий по недопущению нарушения требуемых условий эксплуатации ИВТ.

Также эти зависимости позволяют оценить теплоустойчивость сооружения при различных параметрах окружающей среды в соответствии с метеопрогнозом, т.е. спрогнозировать стойкость всей системы и, при необходимости, улучшить теплотехнические характеристики сооружения, что приведет к повышению его живучести, а ИВТ к повышению боевой эффективности.

Список литературы:

1. ГОСТ РВ 0101-001-2007. Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения. – введ. 01.01.2008. – М.: Стандартиформ, 2007. – 23с.
2. ГОСТ РВ 52403-2005 Свойства и состояния систем, комплексов и образцов военной техники. Термины и определения. – введ. 01.06.2007. – М.: Стандартиформ, 2006. – 16с.
3. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. – Взамен ГОСТ 27.002-89; введ. 01.03.2017. – М.: Стандартиформ. 2017. – 25с.
4. Абсаямов Д.Р. Повышение надежности систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха методом формализации поиска отказов по показателям эффективности использования топливно-энергетических ресурсов / Д.Р. Абсаямов, В.И. Сеньченков // Инженерно-строительный журнал «Гидравлика. Инженерные сети и системы зданий». –2012. – №2(28)/2012 – С. 39-47.
5. Миргородский А.Н. Оценивание характеристик сооружения по обеспечению требуемых условий эксплуатации изделий военной техники / А.Н. Миргородский, С.Н. Буяков, Д.А. Эльцофон // – Труды ВКА имени А.Ф.Можайского. – 2019. – № 669 – С.146-151.
6. Термoeкономический метод обеспечения требуемых тепловых режимов эксплуатации специальных сооружений / Д.А. Авсюкевич, А.Н. Миргородский, С.Н. Буяков, С.Е. Ниезова // – Специальные сооружения и объекты: актуальные проблемы изысканий, строительства и эксплуатации: сборник научных статей межвузовской научно-практической конференции – СПб: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2017. – С. 117-121.
7. Ермолаев Н.С. К вопросу об определении тепловой характеристики зданий / Н.С.Ермолаев // – Отопление и вентиляция. – 1932. – №4 –С. 18-21.

8. Тупицин Ю.Е. Прогнозирование теплоустойчивости специальных сооружений с целью повышения надежности эксплуатации технических систем / Ю.Е. Тупицин, А.Н. Миргородский, Н.Б. Литвинова // – Военный инженер. – 2022. – №1 (23) – С. 17-20.

9. СП 50.13330-2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – введ. 07.01.2013. – М.: МинрегионРоссии, 2012г.

10. МДС 41-6.2000. Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации. – введ. 06.09.2000. – М.: Госстрой России, 2000. – 14с.

Методика определения сил и средств, необходимых для подготовки и содержания транспортных путей**The methodology for determining the forces and means necessary for the preparation and maintenance of transport routes**

Аннотация. В статье рассматривается методика расчета подготовки и содержания транспортных путей для организации быстрой перевозки материальных средств и передвижения специальной техники при строительстве новых или модернизации имеющихся объектов, в условиях с неблагоприятными географической или климатической обстановкой, со сложной социально-политической обстановкой, требующих формирования колонн для технического сопровождения или организации их охраны.

Abstract. The article considers the methodology for calculating the preparation and maintenance of transport routes for the material assets rapid transportation organization and the movement of special equipment during the construction of new or modernization of existing facilities, in conditions with unfavorable geographical or climatic conditions, with a complex socio-political situation requiring the formation of columns for technical support or organization of their protection.

Ключевые слова: транспортные пути, выдвижение колонн, земляные работы, единичные нормативы.

Keywords: transport routes, column extension, earthworks, single standards.

В последнее время в Российской Федерации уделяется большое внимание, развитию инфраструктуры, включая военной, в Арктике и в районах Крайнего севера. Президент Российской Федерации В.В. Путин в послании Федеральному собранию 29 февраля 2024 г. определил ключевые направления развития страны. Особое внимание было уделено вопросам северных территорий. Оно уточняло Стратегию развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности до 2035 г. [1]. В свою очередь Министр обороны РФ С.К. Шойгу заявил о необходимости построения в Сибири трех-пяти городов с численностью населения по 300-500 тыс. чел., которые должны стать кластерами экономического развития региона. Все это требует развития инфраструктуры и строительства новых или восстановления и модернизации существующих объектов. Проведение этих мероприятий в Арктике, в Сибири, а также

на «новых» территориях будут затрудняться в связи с неблагоприятными географическими и климатическими условиями, сложной социально-политической обстановки. В этих обстоятельствах часто возникает необходимость быстрой и безопасной доставки различных материальных средств, техники и механизмов. При этом большую роль имеет задача по охране перемещаемых грузов и повышению живучести создаваемых объектов в целом [2]. Наиболее просто эта задача решается путем формирования колонн транспорта и организации их технического сопровождения и охраны. При этом основополагающую роль играет имеющаяся или строящаяся система транспортных путей движения механизмов и подвоза потребных материалов.

Исходя из этого, возникает важный вопрос расчета возможностей потребного количества путей, их пропускной

способности и возможностей по их подготовке, оборудованию и содержанию.

Рассмотрим алгоритм расчета сил и средств, необходимых для подготовки и содержания путей, которая может применяться для расчетов при

оборудовании новых или реконструкции существующих объектов в сложных метеорологических или социально-политических условиях.

Схема алгоритма представлена на рис.1.

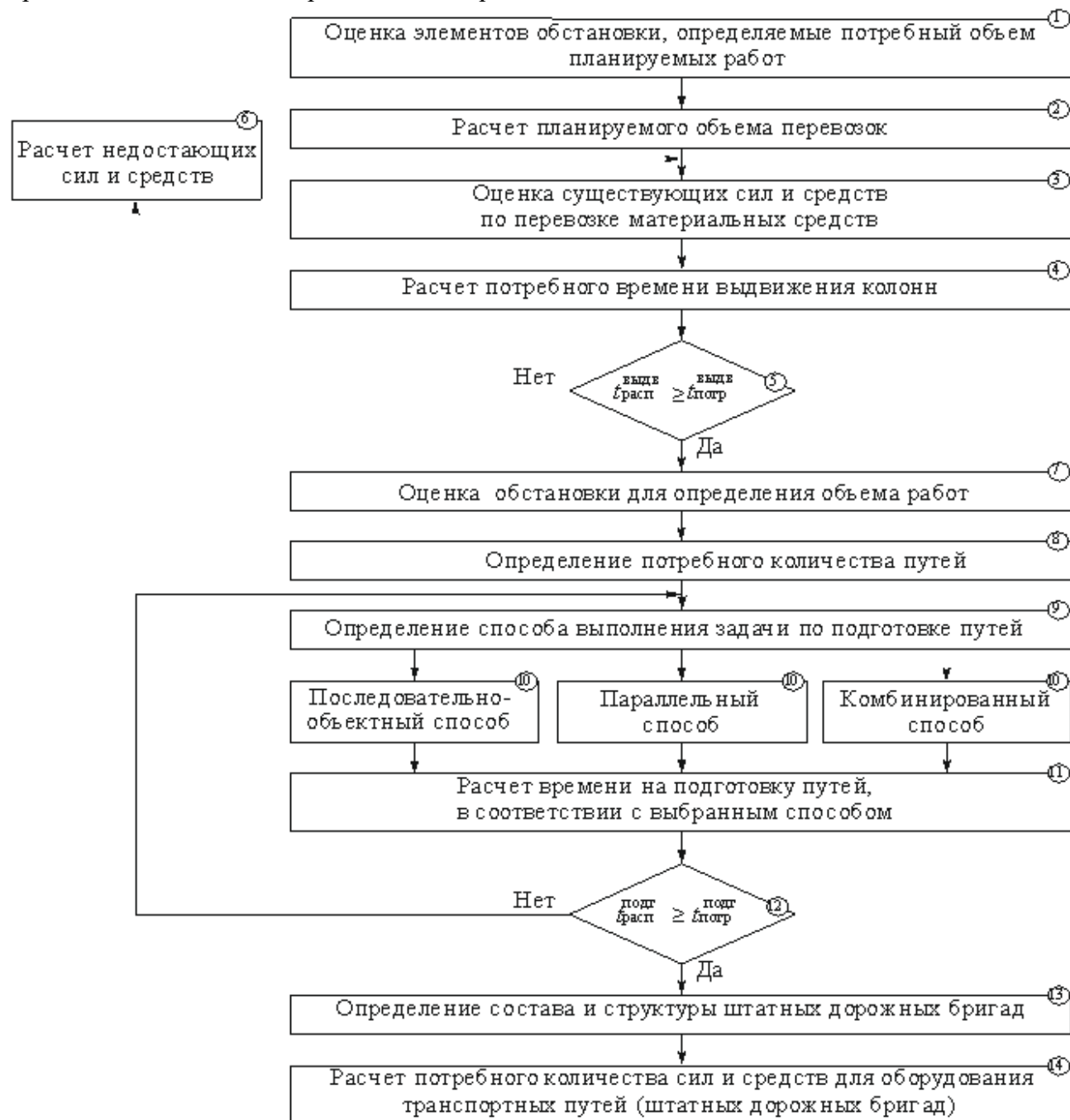


Рис. 1. Алгоритм расчета сил и средств для подготовки транспортных путей

На первом этапе, после проведенной оценки обстановки и проведения расчетов (блоки 1, 2, 3), производится расчет потребного времени выдвижения формируемых колонн (блок 4). Полученное значение потребного времени необходимо сравнить с располагаемым (блок 5). В случае отрицательного значения

необходимо произвести корректировку с целью уменьшения объема планируемых работ или наращивания сил и средств, привлекаемых для перевозки материальных средств (блок 6).

На следующем этапе, после оценки обстановки для определения объема планируемых работ (блок 7), производим

определение потребного количества транспортных путей для обеспечения бесперебойной доставки материальных средств при ограничении времени не более располагаемого (блок 8).

Исходя из полученных значений количества путей и располагаемого времени, производится выбор способа выполнения задачи и производится расчет времени, необходимого для подготовки путей (блоки 9, 10, 11). Производим сравнение располагаемого и потребного времени, при необходимости осуществляем корректировку (блок 12). На последнем шаге производим расчет потребного количества сил и средств для оборудования транспортных путей (блок 13). Для удобства все расчеты производим в приведенных единицах штатных дорожных бригад.

Раскроем алгоритм (рис.1) и рассмотрим порядок расчета сил и средств, необходимых для подготовки и содержания транспортных путей при строительстве новых и реконструкции существующих объектов.

На первом этапе определяем требуемое количество путей движения механизмов и подвоза материальных средств. Для этого определим необходимое время выдвижения колонн от баз хранения или станций разгрузки до объекта с учетом задействования нескольких маршрутов движения. Расчет производим по формуле:

$$t_{\text{выдв}}^{\text{потр}} = t_{\text{движ}} + t_{\text{выт}} = \frac{L}{V_{\text{движ}}} + \frac{K_{\text{выт}} \cdot l_{\text{кол}}}{V_{\text{движ}} \cdot n_i} \leq t_{\text{выдв}}^{\text{расп}} \quad (1)$$

где $t_{\text{выдв}}^{\text{потр}}$ – потребная продолжительность выдвижения от исходного пункта до объекта, ч;

$t_{\text{движ}}$ – продолжительность выдвижения от исходного пункта до объекта, ч;

$t_{\text{выт}}$ – время при вытягивании колонны из района формирования колонны, ч;

L – протяженность пути от исходного пункта до объекта, км;

$V_{\text{движ}}$ – скорость движения колонны, км/ч;

$K_{\text{выт}}$ – коэффициент, учитывающий снижение скорости движения при вытягивании колонны из исходного района ($K_{\text{выт}} = 1,1 - 1,4$);

$l_{\text{кол}}$ – длина колонны при выдвижении по одному маршруту, км;

n_i – количество путей движения, шт.;

$t_{\text{выдв}}^{\text{расп}}$ – располагаемое время на подвоз механизмов и материальных средств, ч.

Исходя из формулы (1) определяем требуемое количество путей при ограниченном времени подвоза материалов:

$$n_i = \frac{K_{\text{выт}} \cdot l_{\text{кол}}}{V_{\text{движ}} \cdot t_{\text{выдв}}^{\text{расп}} - L} \quad (2)$$

На втором этапе определяем потребное количество сил и средств на подготовку путей подвоза от исходного района доставки до строящегося объекта. При этом для преодоления сложных или проблемных участков оборудуются с временные переходы (например, гати на заболоченных участках или понтонные переправы через водные преграды. Для этого используем метод единичных нормативов. Единичные нормативы принимаются из типовых таблиц обустройства путей, переходов и переправ [3,4,5,6].

Исходные данные для этого метода:

- характер грунтов;
- характер и количество естественных препятствий и сложных участков;
- нормативы на устройство переходов через проблемные участки;
- протяженность подготавливаемого пути.

При последовательно-объектном способе выполнения задачи общее время на подготовку пути составит:

$$t_o^{\text{по}} = t_{\text{движ}} + \sum n_j \cdot \Delta t_{pj}; \quad (3)$$

$$t_{\text{движ}} = \frac{L}{V_{\text{движ}}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{движ}}$ – время, затрачиваемое колонны для проезда подготавливаемого пути;

$V_{\text{движ}}$ – скорость движения колонны;

n_i – количество i -ых проблемных участков;

Δt_{pi} – время (единичные нормативы) на устройство переходов на i -ых проблемных (сложных) участках.

При параллельном способе общее время подготовки пути составит:

$$t_o^n = t_{os} + \frac{\sum n_j \cdot \Delta t_{pj}}{m} \quad (5)$$

где n – количество j -ых объектов, на которых одновременно (параллельно) выполняются задачи;

Δt_{pj} – время выполнения задачи на j -ых объектах;

m – количество одновременно (параллельно) работающих бригад (средств) на различных объектах.

При комбинированном способе выполнения задачи общее время составит:

$$t_o^k = \frac{L}{V_{\text{движ}}} + \sum n_i + \Delta t_{pi} \frac{\sum n_j t_{pj}}{m} \quad (6)$$

При необходимости задачу можно решить графическим методом, который позволяет более точно определить время, а также необходимые силы и средства на подготовку транспортных путей.

На график будет нанесено:

- на горизонтальной линии отображается протяженность подготавливаемого пути в масштабе и разбивается на отдельные одинаковые участки;

- под горизонтальной линией показывается выпрямленный подготавливаемый путь в масштабе (намеченный на карте) с нанесением на него предполагаемых объектов, на которых возможно выполнение задач;

- под проблемными участками (объектами) показываются необходимые силы и средства на устройство в них переходов и единичные нормативы на их выполнение;

- на горизонтальной линии отображается временной показатель.

На графике отображается движение колонн подвоза материалов по подготавливаемому маршруту, единичные нормативы выполнения различного рода

задач по преодолению проблемных участков, при этом учитываются способ выполнения задачи (последовательный, параллельный, комбинированный) и другие необходимые сведения (кто проводит работы по оборудованию переходов, кто в дальнейшем будет содержать переход).

На третьем этапе определяем потребное количество сил и средств для оборудования транспортных путей.

Для этого проведем оперативные расчеты, которые предполагают установление исходного (нормативного) значения трудозатрат на подготовку пути движения определенной протяженности или темпа подготовки пути в обычных условиях и корректировку их с помощью системы коэффициентов, учитывающих реальные условия выполнения задачи. В итоге получают расчетное значение трудозатрат или темпа подготовки пути.

Расчеты производятся исходя из возможностей отдельных дорожных механизмов и дальнейшим суммирование всего объема выполненных работ, привлекаемых сил и средств, приведенных к расчетной дорожной бригаде [3,4,5,6].

Протяженность оборудуемых транспортных путей движения определяется по топографической карте. В расчетах используется приведенная протяженность путей, которая рассчитывается по формуле:

$$L_{np} = L_m + 1,2L_{zp} + 1,5L_{zpl} + 1,7L_{\psi}, \quad (7)$$

где L_{np} – приведенная протяженность участка от исходной до конечной точки, км;

L_m – участок пути, проходящего по существующим дорогам с твердым покрытием, км;

L_{zp} – участок пути, проходящего по существующим грунтовым дорогам, км;

L_{zpl} – участок пути, проходящего по оборудуемым грунтовым дорогам, км;

L_{ψ} – участок пути, проходящего по целине, км.

Расчетный темп подготовки путей определяется по формуле:

$$V_p = V_n \cdot K_{yc}, \quad (8)$$

где V_p – нормативный темп подготовки путей типовой дорожной бригадой или расчетной группой механизмов, км;

K_{yc} – корректирующий коэффициент, учитывающий реальные условия выполнения задачи.

$$K_{yc} = K_{co} \cdot K_d \cdot K_p \cdot K_l \cdot K_{\text{вз}} \cdot K_y, \quad (9)$$

где K_{co} , K_d , K_p , K_l , $K_{\text{вз}}$, K_y – коэффициенты, учитывающие, соответственно:

- наличие социально-опасных групп ($K_{co} = 1,2-1,8$);
- плотность имеющейся дорожной сети ($K_d = 0,65-1,0$);
- рельеф ($K_p = 0,75-1,0$);
- залесенность местности ($K_l = 0,67-1,0$);
- время года ($K_{\text{вз}} = 0,8-1,0$);
- суток ($K_{\text{вс}} = 0,75-1,0$);
- укомплектованность дорожных бригад ($K_y = 0,75-1,0$).

Коэффициенты определяются методом экспертных оценок.

Общее время, необходимое на подготовку и содержание транспортных путей перемещения механизмов и материальных средств, можно определить по формуле:

$$t_{\text{подг}}^{\text{норм}} = \frac{L_{np}}{V_p \cdot m}, \quad (10)$$

где m – количество дорожных бригад или расчетных групп механизмов, приведенных к дорожной бригаде, привлекаемых к выполнению задачи по подготовке и содержанию транспортных путей.

При ограниченном времени или при

Список литературы:

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. – Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645
2. Лунис И.В., Федоренко А.В. Алгоритм обеспечения живучести стационарных объектов при воздействии обычных средств поражения. – Труды Военно-космической академии им. А.Ф.Можайского, № 663, 2018. – С. 180 – 183.
3. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 (с изменением №1).

заданном времени на подготовку транспортных путей передвижения механизмов и перемещения материальных средств необходимое количество дорожных бригад можно определить по формуле:

$$m = \frac{L_{np}}{V_p \cdot t_{\text{подг}}^{\text{расч}}}, \quad (11)$$

где $t_{\text{подг}}^{\text{расч}}$ – располагаемое время на подготовку и содержание транспортных путей, ч.

Выводы.

Вывод 1. Предложенная методика расчета сил и средств, необходимых для подготовки и содержания транспортных путей при строительстве новых или реконструкции объектов позволяет произвести быстрые оперативные расчеты при определении потребного количества транспортных путей, сил и средств для доставки механизмов, оборудования и других материальных средств, при оборудовании новых или реконструкции существующих объектов, в районах со сложными (неблагоприятными) географическими, климатическими и социально-политическими условиями.

Вывод 2. Методика расчета сил и средств, необходимых для подготовки и содержания транспортных путей при строительстве новых или реконструкции объектов, может быть востребована при строительстве в Арктике, Сибири, а также при восстановлении социальных, экономических и военных объектов на «новых» территориях и при дальнейшем их развитии.

4. СП 45. 13330. 2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.
5. Государственные элементные строительные нормы (ГЭСН) 81-02-01-2022, Сметные нормы на строительные работы. Сборник 1. Земляные работы.
6. Нормативные показатели расхода материалов. Сборник №1. Земляные работы. – М.: Госстрой РФ, 1998.

Использование метаматериалов в строительных конструкциях сооружений**Using of meta materials in building structures**

Аннотация. Рассмотрен подход к проектированию композитных материалов для строительных конструкций, обладающих уникальными свойствами при воздействии динамических нагрузок. Уникальность рассматриваемых свойств обуславливается получением прочностных характеристик конструкции, превышающих параметры аналогичных характеристик материалов, входящих в ее состав. Предложен упрощенный математический аппарат для расчета сопротивляемости материалов в составе конструкции динамическому воздействию. Сформулированы методические основы построения структурной матрицы композитного материала строительной конструкции и вектор дальнейших экспериментальных исследований.

Abstract. An approach to the design of composite materials for building structures that have unique properties when exposed to dynamic loads is considered. The uniqueness of the properties under consideration is determined by obtaining strength properties of the structure that exceed the parameters of similar characteristics of the materials included in its composition. A simplified mathematical apparatus has been proposed for calculating the resistance of materials to dynamic pressure. The methodological basis for constructing a structural matrix of a composite material for building construction and the vector for further experimental research are formulated.

Ключевые слова: метаматериалы, ауксетические структуры, неньютоновская жидкость, сопротивление, усилия в материале, строительная конструкция.

Keywords: metamaterials, auxetic structures, non-Newtonian fluid, resistance, forces in the material, building structure.

В настоящее время существует широкий спектр материалов, применяемых для производства различных строительных конструкций. Тенденции научного развития указывают на необходимость применения инновационных материалов, обладающих повышенными прочностными характеристиками. К таким материалам стоит отнести современные метаматериалы, такие как неньютоновская жидкость и ауксетические структуры. На сегодняшний день применение неньютоновских жидкостей для защиты от механического воздействия приобретает все более актуальное значение в различных сферах деятельности человека. Эти жидкости обладают специфическими свойствами, которые обеспечивают высокий

уровень защиты от ударных нагрузок и иного кинетического воздействия. На сегодняшний день известны примеры использования рассматриваемой жидкости в средствах индивидуальной бронезащиты, запатентованных в России и зарубежных странах. Также неньютоновские жидкости применяются в медицине для защиты тканей и органов от ударов и вибраций во время хирургических вмешательств. Они также используются в автомобильной промышленности для создания амортизирующих материалов, обеспечивающих безопасность пассажиров в случае аварии. Таким образом, применение неньютоновских жидкостей для защиты механического воздействия на сегодняшний

день имеет широкий спектр и может быть эффективным способом обеспечения безопасности.

Тем не менее классические рецептуры неньютоновских жидкостей обладают конечными параметрами их прочностных свойств что указывает на предел их применения для решения конкретной задачи. Примером тому может стать защита сооружения или элементов дорожной инфраструктуры массивными конструкциями от воздействия обломков обрушающихся горных пород в обвалоопасных районах. Другим локальным примером может быть создание облегченных конструкций для создания защитных экранов для операторов промышленного оборудования (металлообработки) при работе на которых существует вероятность откола материала и разлета с высокой скоростью в случае нештатной ситуации. В настоящее время данные конструкции производятся из традиционных конструкционных материалов (железобетон, металл, искусственные каменные материалы, полимеры и т.д.), применение которых на сегодняшний день приближается к пределу за счет возрастания их массогабаритных характеристик при применении под конкретные задачи. Ввиду рассмотренных обстоятельств прослеживается высокая актуальность исследования свойств новых конструкционных материалов, обладающих высокими защитными свойствами от механического воздействия наряду с малыми массогабаритными характеристиками.

Неньютоновские жидкости, их структура, свойства, сравнение с классическими конструкционными материалами. Неньютоновские жидкости – это класс жидкостей, поведение которых не подчиняется линейному закону Ньютона в отношении напряжений деформации и скорости сдвига. Для неньютоновских жидкостей характерно изменение вязкости в зависимости от скорости деформации, времени или других факторов. Взаимо-связь между напряжением и скоростью

деформации в неньютоновской жидкости описана различными реологическими моделями, включая модель Куайска, модель Бингама, модель Пуассона, модель Фойгта, модель Максвелла и множеством моделей других ученых, в том числе отечественных. Все эти модели основываются на дифференциальных зависимостях с множеством переменных.

Часть данных реологических моделей дополняют или развивают друг друга в отношении изучения поведения неньютоновских жидкостей при определенном воздействии, однако существуют модели, противоречащие друг другу. Данное обстоятельство обусловлено тем, что на сегодняшний день свойства рассматриваемых жидкостей полностью не изучены, и динамика изменения их свойств зависит от характера физического взаимодействия, химического качественного состава жидкости, условий взаимодействия и ряда других факторов. Таким образом, каждая из разработанных моделей создана для установления зависимости между конкретным целевым свойством и заданным механическим (физическим) воздействием.

Метаматериалы, их свойства, уникальные особенности. Метаматериалы представляют собой сложные, заранее рассчитанные геометрические структуры, обладающие механическими свойствами или их совокупностями, не встречающимися в природе. Среди метаматериалов наиболее известными являются акустические материалы (акустетики), обладающие свойствами, описываемыми отрицательными значениями коэффициента Пуансона. Благодаря данной особенности они демонстрируют ряд механических особенностей, таких как отличная стойкость к сжатию за счет равномерного распределения нагрузки, высокая жесткость при сдвиге. Также помимо механических свойств, они способны поглощать акустическую, тепловую энергию и радиоволны за счет заложенного распределения свойств материалов

в заданной структуре [1]. При этом изучение влияния геометрии ячеек акустических материалов на механические свойства позволяет прогнозировать их применение в различных конструкциях. Манипулирование геометрией локальных ячеек, их глобальным пространственным распределением и расположением позволяет проектировать и создавать механические метаматериалы с беспрецедентными свойствами и функциями [2]. Наиболее приемлемой и универсальной на сегодняшний день ауксетической структурой является структура, геометрически воспроизводящая механизм Саррюса, состоящий из четырех звеньев с шарнирными связями в двух идентичных группах, которые расположены перпендикулярно друг другу, при условии одинаковой длины всех звеньев [3].

Модель проникания аппроксимированного пенетратора в новый композитный материал на основе неньютоновской жидкости. Таким образом, при рассмотрении двух уникальных групп материалов, возникает научный интерес создания комбинированного материала на основе неньютоновской жидкости, наполненной ауксетическими структурами. Опираясь на структуры ранее разработанных аналитических моделей для оценивания свойств данных материалов целесообразно составить вербальную механическую модель взаимодействия ауксетических структур в массиве неньютоновской жидкости при нагружении силами, воздействующими на материал при внедрении аппроксимированного твердого пенетратора в некоторый объем материала. В рассматриваемой модели пенетратор является идеализированным осколком материала (телом) правильной формы, имеющим два геометрических параметра, представляющих интерес при рассмотрении процесса энергообмена. Данными параметрами являются наличие конусообразной носовой части, способствующей возбуждению работы

усилий вязкости в материале при проникании пенетратора, а также наличие цилиндрической удлиненной части постоянного сечения, способствующей повышению усилий трения в материале и недопущения релаксации усилий вязкости после воздействия конической носовой части.

Графическое представление данной модели с соответствующими ограничениями и допущениями рассматривается на рис. 1. Для упрощения модели рассмотрим ее в двухмерном виде, в плоскости, параллельной направлению движения пенетратора. При формировании модели использованы следующие ограничения и допущения:

- ауксетические структуры строго ориентированы параллельно направлению движения пенетратора в виде характерных столбцов, с обращением наиболее деформируемых поверхностей к телу пенетратора;
- пенетратор движется строго симметрично между столбцами ауксетических структур;
- среда неньютоновской жидкости рассматривается как вязкая упруго-пластическая среда с конечным пределом упругости;
- механика движения частиц среды из неньютоновской жидкости имеет инерционную составляющую, за счет соотношения размеров частиц заполнителя и объема связующего материала;
- затухание скорости движения пенетратора в среде материала происходит по линейному закону;
- материал ауксетика является несжимаемым твердым материалом с минимальным пределом упругости;

На представленной схеме изображен характер распространения усилий в рассматриваемом композитном материале некоторыми особенностями их передачи между компонентами среды. При протекании процесса сопротивления рассматриваемого материала прониканию пенетратора в момент времени $T_{(1)}$

происходит многократная передача усилий с характерным преобразованием (геометрическим и качественным). В начальный момент времени происходит передача усилий $F_{c(1)}$ от носовой части пенетратора в вязкую упруго-пластическую среду неньютоновской жидкости. Далее, рассеивающиеся по некоторому закону, усилия передаются на поверхность ауксетической структуры и концентрируясь на ней порождают перемещения элементов данной структуры, что приводит к уменьшению внутреннего объема пространства внутри структуры без изменения площади поверхности, воспринимающей усилия. Именно в этом

и заключается уникальное свойство ауксетических структур, используемое в предлагаемом композитном материале. При локализации напряжений на поверхности ауксетической структуры в работу вступает локальный замкнутый объем неньютоновской жидкости внутри структуры. В результате этого происходит максимальное расходование его некой потенциальной энергии, создающей сопротивление объемному обжатию усилиями $F_{a(1)}$ за счет исключения рассеивания напряжений по материалу, как это было бы в случае использования неньютоновской жидкости без заполнения структурами.

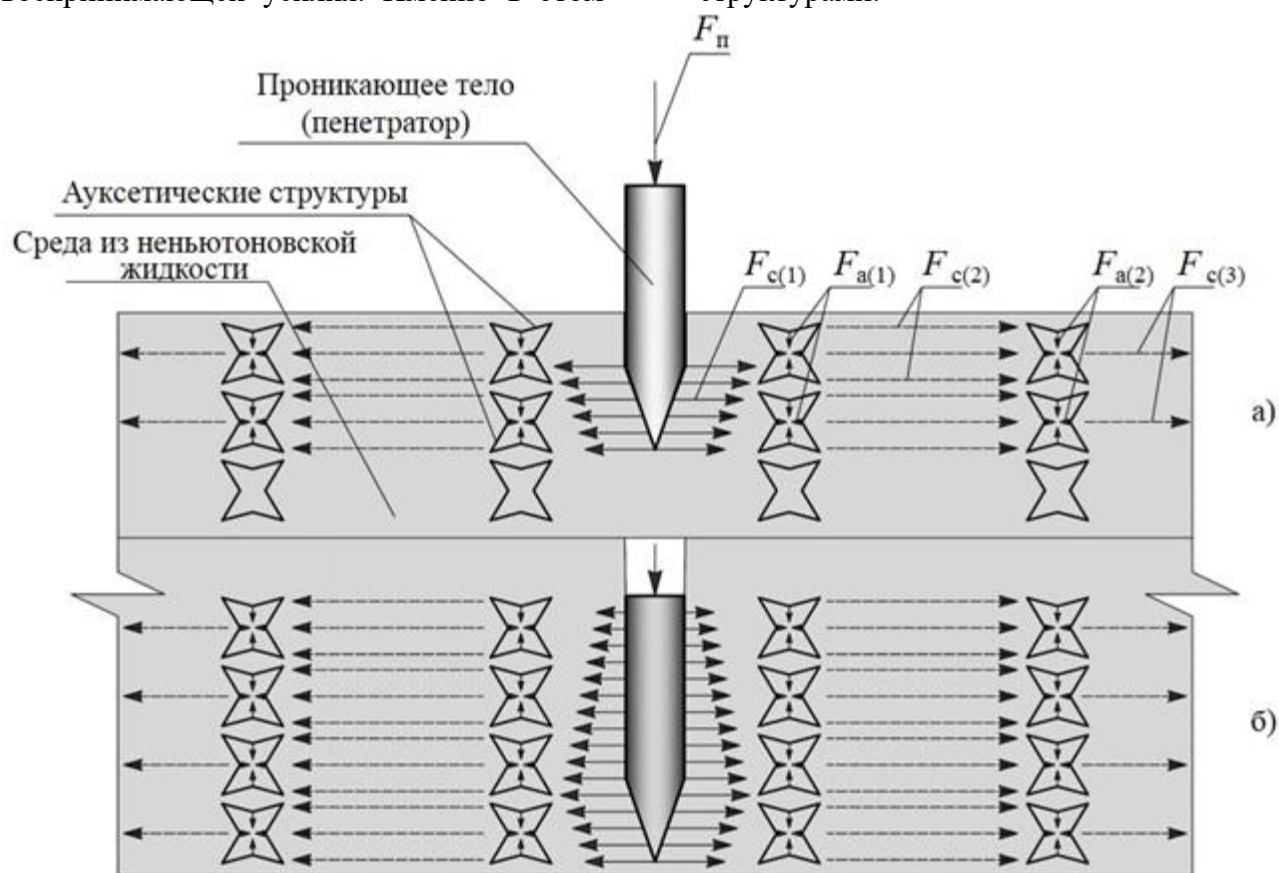


Рис. 1. Схема взаимодействия проникающего пенетратора с композитным материалом:

- а) – начальное проникновение в момент времени $T_{(1)}$
 б) – проникновение на некоторую глубину в момент времени $T_{(n)}$

В силу геометрических особенностей рассматриваемых ауксетических структур и ограниченных энергопоглощающих возможностей неньютоновской жидкости, при определенных условиях, в определенный момент времени протекания процесса энергообмена внутри материала произойдет передача усилий от

ауксетика в среду по направлению действия первоначальных усилий и приведет к возникновению усилий $F_{c(2)}$. Таким образом данный процесс будет продолжаться с последовательным образованием в композитном материале усилий $F_{c(n)}$ и $F_{a(n)}$ с соответствующими им некоторыми усилиями сопротивления

материала и структур до полного израсходования кинетической энергии пенетратора при $F_{\Pi} = 0$, что приведет к переходу системы взаимодействия «пенетратор – композитный материал» в равновесие.

Математическая зависимость, описывающая рассматриваемое взаимодействие сил в системе взаимодействия несжимаемого, тела, проникающего в вязкую упругопластическую среду [4], может быть представлена в виде:

$$F_{\Pi} = F_{c(1)} + F_{a(1)} + \dots + F_{c(n)} + F_{a(n)} \quad (1)$$

где F_{Π} – инерционная сила пенетратора при внедрении в среду;

$F_{c(1)}$ – усилия, передаваемые через среду материала (неньютоновская жидкость) в начальный момент времени $T_{(1)}$;

$F_{a(1)}$ – усилия, распределенные по поверхности ауксетического тела в начальный момент времени $T_{(1)}$;

n – количество возможных циклов энергопередачи в локальной системе «среда – ауксетик».

Инерционная сила проникания пенетратора при внедрении в среду композитного материала F_{Π} определяется его кинетической энергией, обретаемой им при падении с высоты или при разгоне специальной установкой (двигателем), а также площадью контактной поверхности. Соответственно усилия в среде неньютоновской жидкости $F_{c(1)}$ в начальный момент времени $T_{(1)}$ определяются зависимостью:

$$F_{c(1)} = \frac{M_{\Pi} V_{\Pi}^2}{2A_{\Pi}} k_p \quad (2)$$

где M_{Π} – масса пенетратора;

V_{Π} – скорость пенетратора в момент контакта с поверхностью материала;

A_{Π} – площадь поверхности пенетратора, способствующая возникновению усилий в материале (аппроксимировано – площадь конического участка пенетратора);

k_p – коэффициент, учитывающий долю расходования кинетической энергии пенетратора на характерном участке движения в среде при взаимодействии с единицей объема материала.

Коэффициент k_p представляет собой безразмерную величину, характеризующую долю энергии пенетратора, которая переходит в механическую работу по перемещению элементарных частиц материала при прохождении пенетратором пути, эквивалентного размеру ауксетической структуры или группы частиц. Данный коэффициент определяется аналитическим путем с использованием реологических моделей рассматриваемой среды и теории движения тела в вязкой упругопластической жидкости. Ввиду сложности аналитического решения задачи вычисления данного коэффициента для конкретной задачи с учетом всех особенностей процессов целесообразно определять его эмпирическим путем с использованием апробированных методик [5, 6].

Следует отметить важную особенность процесса, заключающуюся в снижении усилий $F_{c(1)}$ за счет расходования их на перемещение частиц неньютоновской жидкости до момента достижения предельного значения напряжений и перехода жидкости в режим «псевдотвердой» среды. В результате чего усилия в виде распределенной нагрузки на поверхности ауксетического тела $F_{a(1)}$ имеют значения меньше усилий $F_{c(1)}$, что по сути является первой ступенью некоего каскадного демпфирования нагрузки от внедряющегося пенетратора на массив рассматриваемого материала.

Воспринимая распределенную нагрузку по поверхности материала, ауксетическая структура изменяет свою геометрическую форму путем угловых перемещений ее элементов в условных шарнирах. Ввиду особенностей геометрического строения рассматриваемых структур происходит уникальное механическое явление, заключающееся

в объемном обжати конструкции (условного тела) с уменьшением объема, заключенного внутри нее пространства, без уменьшения площади поверхности. В результате такого механического преобразования напряжения со всей поверхности ауксетика переходят в локальный объем неньютоновской жидкости внутри нее, что приводит к возрастанию напряжений в данном локальном объеме, и как следствие уменьшением интенсивности передачи усилий в основной объем исследуемой композитной среды за границами ауксетической структуры. Локальный расчет подобной структуры с некоторыми допущениями и ограничениями осуществляется с использованием классических зависимостей теории сопротивления материалов и технической механики [7, 8]. Простейшим математическим инструментом для решения данной задачи стоит считать классическую зависимость:

$$F_{a(1)} = F_{c(1)} A_{a(1)} \gamma_{\Gamma} \quad (3)$$

где $A_{a(1)}$ – площадь поверхности ауксетической структуры;

γ_{Γ} – коэффициент неоднородности распределения усилий по поверхности ауксетика с учетом его геометрических параметров.

Данный механический процесс является второй ступенью каскадного демпфирования нагрузки от внедряющегося пенетратора на массив рассматриваемого материала. Таким образом описанные механические (энергетические) преобразования в рассматриваемой системе происходят n раз до полного израсходования пенетратором его кинетической энергии.

В результате равновесное состояние системы «пенетратор – композитный материал» можно представить уравнением, полученным путем подстановки зависимостей (2) и (3) в (1):

$$F_{\Pi} - \sum_{i=1}^n \frac{M_{\Pi} V_{\Pi}^2 A_{a(i)} k_{p(i)} \gamma_{\Gamma(i)}}{2 A_{\Pi}} = 0 \quad (4)$$

Данное решение является довольно приближенным ввиду того, что безразмерные коэффициенты $k_{p(i)}$ и $\gamma_{\Gamma(i)}$ на каждом i -ом участке распространения усилий в цепочке «среда – ауксетик», что опять приводит к необходимости составления сложных аналитических зависимостей большим числом неизвестных с совокупности с построением сложной системной матрицы состояний.

Предложенное решение в простой алгебраической форме справедливо для решения задач расчета прочности простейшего композитного материала на основе неньютоновской жидкости с введенными в ее состав ауксетическими телами по схеме, представленной на рисунке 1 при условии глобальной аппроксимации данной модели. Получаемые результаты могут быть использованы как базовые характеристики материала для комплексного планирования экспериментальных исследований различных составов и конфигураций подобных материалов для выявления эмпирических зависимостей, позволяющих в последующем более точно проводить предварительные расчеты композитных метаматериалов в зависимости от конкретной задачи.

Выводы.

Вывод 1. Предлагаемая структура композитного материала, построенного по принципу матрицы из ауксетических структур с заполнением внутреннего и внешнего пространства позволит получить повышенные прочностные характеристики в зависимости от типа применяемых материалов. Технические решения из подобных материалов будут эффективны для создания уникальных строительных конструкций, работающих при высоких динамических нагрузках и обретут широкую сферу применения.

Вывод 2. Дальнейшим этапом освоения теории проектирования данных материалов должна стать серия экспериментальных исследований, направленных на выявление различного

рода зависимостей, способствующих получению максимального эффективных рецептур составов и конфигураций структуры материала для конкретных условий механических процессов.

Список литературы:

1. Large deformation and energy absorption of additively manufactured auxetic materials and structures: A review / J. Zhang, G. Lu, Z. You. // Composites Part B: Engineering. – 2020. – Т. 201. – С. 108340.
2. Zheng X. et al. Reprogrammable flexible mechanical metamaterials. Applied Materials Today. 2022. Т. 29. С. 101662.
3. Глазунов В. А. Пространственные механизмы параллельной структуры / В.А. Глазунов, А.Ш. Колисков, А.Ф. Крайнев. – М.: Наука, 1991. – 95 с.
4. Сагомоян А.Я. Проникание / А. Я. Сагомоян ; Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2014. - 298, [8] с.
5. Мосолов П.П., Мясников В.П. Механика жесткопластических сред. М.: Наука, 1981, 208 с.
6. Тутьшкин Н.Д. Начальное пластическое течение при внедрении плоского штампа под действием динамической нагрузки. / Н.Д Тутьшкин. // Известия вузов. Машиностроение, 1981, №3, с. 103-106.
7. Imbalzano G., Tran P., Lee P.V.S., Gunasegaram D., Ngo T.D. Influences of material and geometry in the performance of auxetic composite structure under blast loading. Applied Mechanics and Materials, 2016, vol. 846, pp. 476–481.
8. Zhao X., Gao Q., Wang L., Yu Q., Ma Z.D. Dynamic crushing of double-arrowed auxetic structure under impact loading. Materials & Design, 2018, vol. 160, pp. 527–537.

Коликов И.В., Тимофеев М.С., Дружков А.А.
Kolikov I.V., Timofeev M.S., Druzhkov A.A.

Исследование применения автокорреляционной функции для обнаружения радиосигналов со сложной структурой при ведении радиотехнического контроля в условиях критически низкого отношения сигнал-шум

Research autocorrelation function for the detection of radio signals with a complex structure when conducting radio engineering control in conditions of a critically low signal-to-noise ratio

Аннотация. В статье представлен вид автокорреляционной функции массива выборок радиоизлучения при наличии сигнала с линейно-частотной модуляцией и при наличии только шумовой составляющей. Приведены результаты экспериментальных исследований обнаружения радиосигналов, характерных при ведении радиотехнического контроля современных источников радиоизлучения при критически низком отношении сигнал-шум.

Abstract. The article presents a type of autocorrelation function of radio emission sampling in the presence of a signal with linear frequency modulation and in the presence of only a noise component. The results of experimental studies of the detection of radio signals characteristic of conducting radio engineering control of modern radio sources at a critically low signal-to-noise ratio are presented.

Ключевые слова: радиосигналы, автокорреляционная функция, обнаружение, низкое отношение сигнал-шум, линейно-частотная модуляция

Keywords: radio signals, autocorrelation function, detection, low signal-to-noise ratio, linear frequency modulation.

Введение

Современный уровень развития радиотехнических систем определяет повсеместное использование сигналов со сложной структурой [1,2]. Данный фактор накладывает существенные ограничения на возможность обнаружения их в условиях априорной неопределенности частотно-временных параметров, что характерно для практики ведения радиотехнического контроля [3,4], где наиболее распространены энергетические принципы обнаружения, в том числе в частотной области. Одним из путей повышения вероятности обнаружения сигналов со сложной структурой, является выбор в качестве достаточной статистики значения автокорреляционной функции (АКФ) выборки сигнала, которая фактически является взаимной

корреляционной функцией между выборкой сигнала и его копией.

В энергетическом смысле сложные сигналы имеют расширенный спектр, «размазывая» энергию по частотному спектру. Одновременно, данное обстоятельство определяет высокую концентрацию энергии при расчете ряда временных характеристик, в том числе и автокорреляционной функции. Действительно, высокая выраженность главного лепестка АКФ может быть использована для повышения обнаружения сигналов со сложной структурой при критическом низком отношении сигнал-шум (ОСШ) в рамках ведения радиотехнического контроля. Под критически низкими значениями ОСШ понимается ситуация, когда энергия шума

превышает энергию обнаруживаемого радиосигнала (ОСШ менее 0 дБ).

1. Вид автокорреляционной функции выборки радиоионизлучения.

При решении задачи обнаружения радиосигналов существует две альтернативных ситуации, когда присутствует только шумовая составляющая в выборке $S_u(t)$, и когда присутствует полезный сигнал $S_c(t)$.

Рассмотрим выражение нормированной АКФ выборки [5], в условиях отсутствия полезного сигнала:

$$B(k) = \frac{1}{B_0} \sum_{k=0}^{N-k} S_u(t) \times S_u(t-k),$$

где N – объем массива выборок радиоионизлучения;

k – значение смещения массива выборки сигнала относительно его копии;

B_0 – значение АКФ при нулевом смещении, что соответствует значению суммарной энергии выборки;

$S_u(t)$ – выражение шумовой составляющей.

Оценим плотность вероятности значений АКФ в этом случае. Каждая выборка синфазной составляющей в случае только шума распределена по нормальному закону, с $m=0$ $\sigma^2 \neq 0$.

Известно, что умножение двух случайных величин, распределённых по нормальному закону, дает случайную величину, распределенную по закону:

$$F(z) = \frac{1}{\pi} k_0(z), z = \frac{x_i x_j}{\sigma_i \sigma_j},$$

где k_0 – функция Бесселя второго рода нулевого порядка, x_i и x_j – значения исходных случайных величин, σ_i и σ_j – среднеквадратичные отклонения исходных случайных величин.

Дисперсия данного распределения определяется через умножение дисперсий исходных распределений, т.е.

$$\sigma_z^2 = \sigma_i^2 \sigma_j^2 = \sigma_u^4.$$

Каждое ненормированное значение

АКФ выборки при наличии только шумовой составляющей, является суммой $N-k$ случайных величин, распределенных по $F(z)$. По определению функция плотности вероятности случайной величины, являющейся результатом сложения случайных величин, определяется через свертку исходных функций плотности вероятности. При большом количестве $N-k$ слагаемых распределение не нормированной АКФ $F(z)$ асимптотически переходит в нормальное распределение со следующими параметрами:

$$m_{uuu}=0, \sigma_{uuu}^2 = (N-k)\sigma_z^2 = (N-k)\sigma_u^4,$$

где m_{uuu} – математическое ожидание значений АКФ,

σ_{uuu}^2 – дисперсия значений АКФ.

При решении задач обнаружения радиосигнала по оценке АКФ, необходимо рассчитать первые ее значения, при этом значение k выбирается существенно меньше, чем общее количество значений АКФ:

$$\sigma_{uuu}^2 \approx N\sigma_u^4, k \ll N.$$

В случае ограниченной полосы пропускания радиоприемника начальные значения АКФ в пределах, так называемого интервала корреляции, распределены по закону типа «sinc». Значение интервала корреляции обратно пропорционально ширине полосы пропускания радиоприемника. Вне интервала корреляции АКФ обладает приведенными параметрами.

Оценим вид АКФ выборки в случае наличия полезного сигнала в виде радиоимпульса с ЛЧМ, как наиболее распространенного примера сигнала со сложной структурой.

При одновременном наличии полезного сигнала и шумовой составляющей, АКФ определяется следующим выражением:

$$B(k) = \frac{1}{B_0} \sum_{k=0}^{N-k} (S_c(t) + S_u(t)) \times (S_c(t-k) + S_u(t-k)) \quad (1)$$

При условии независимости двух шумовых составляющих $q(t)$ и $q(t-k)$ выражение (1) представляется суммой следующих составляющих:

$$\frac{1}{B_0} \sum_{k=0}^{N-k} S_u(t) \times S_u(t-k) = B_{uu}(k) \quad - \text{слагаемое АКФ,}$$

определяемое шумовой составляющей сигнала;

$$\frac{1}{B_0} \sum_{k=0}^{N-k} S_c(t) \times S_c(t-k) = B_{cc}(k) \quad - \text{слагаемое,}$$

определяемое совместной энергией сигнала и шумовой составляющей, здесь учтено, что $B_{cu}(k) = B_{uc}(k)$;

$$\frac{1}{B_0} \sum_{k=0}^{N-k} S_c(t) \times S_c(t-k) = B_{cc}(k) \quad - \text{слагаемое,}$$

определяемое энергией сигнала.

Рассмотрим основные характеристики данных слагаемых, как случайных величин.

Слагаемое $B_{uu}(k)$ было рассмотрено выше, это случайная величина, распределенная по нормальному закону, с $m_{uu}=0$ и дисперсией, равной $\sigma_{uu}^2 \approx N\sigma_{\text{норм}}^4$, при $k \ll N$.

Рассмотрим характеристики слагаемого $B_{cu}(k)$. На рис. 1 представлены схематично два случая, возникающие при расчете АКФ.

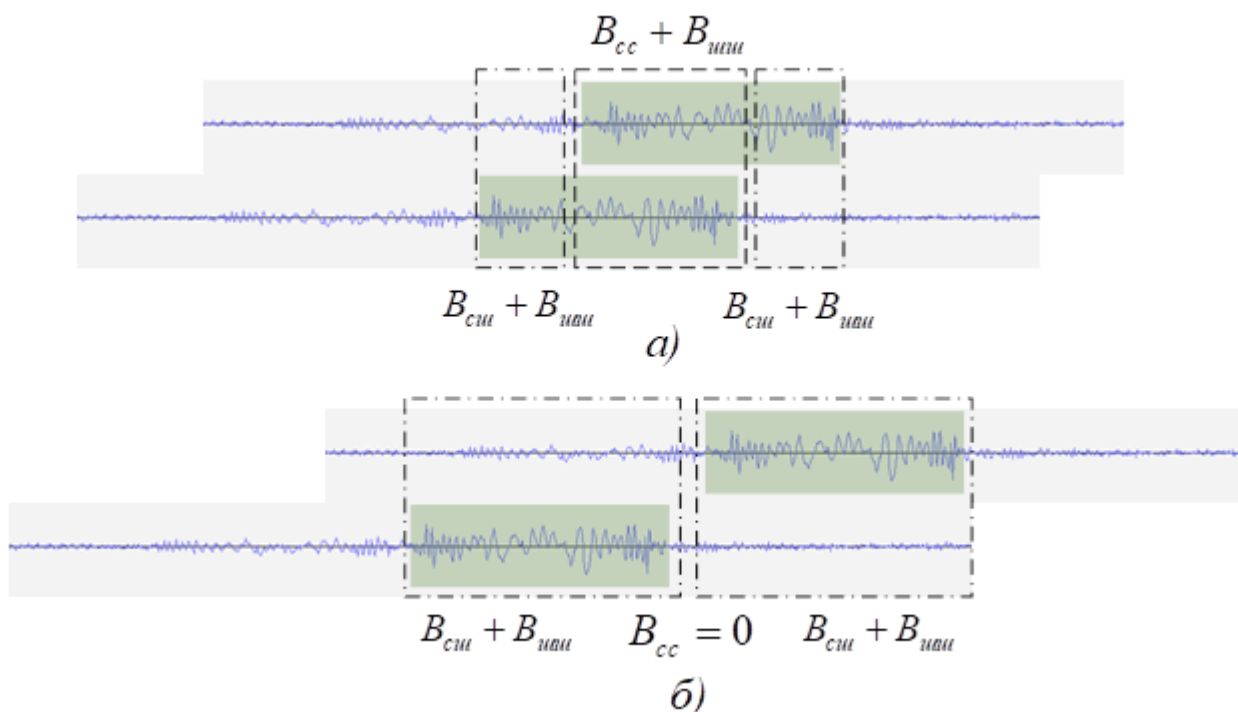


Рис.1 – Вид АКФ в случае наличия компоненты B_{cc} при ее расчете (а) и ее отсутствии (б)

В первом случае (рис 1.а), когда значение аргумента АКФ k не превышает длительность сигнала T_c , то при в АКФ присутствует компонента $B_{cc}(k)$, соответствующая АКФ полезного сигнала.

Математическое ожидание компоненты $B_{cu}(k)$ будет равно нулю, в связи с предположением, что шумовая составляющая имеет нормальное распределение с нулевым средним. Дисперсия каждого слагаемого компоненты $B_{cu}(k)$ определяется дисперсией шумовой

составляющей, умноженной на соответствующее значение полезного сигнала. В процессе суммирования членов данной компоненты, итоговое значение дисперсии равно сумме дисперсий членов компоненты. Однако, доля сигнала, которая участвует в расчете компоненты $B_{cu}(k)$, различна на каждом шаге расчета (смещении k). Введем коэффициент h_k , значение которого изменяется от 0 до 1 и рассчитывается на каждом шаге смещения АКФ по формуле:

$$h_k = \begin{cases} \frac{k}{T_c}, k \in [0, T_c) \\ 1, k \in [T_c, N] \end{cases}.$$

Тогда дисперсия компоненты $B_{cu}(k)$ при данном значении смещения k рассчитывается согласно выражению:

$$\sigma_{cu}^2 = h_k T_c A^2 \sigma_{ui}^2 = h_k P \sigma_{ui}^2 = P_k \sigma_{ui}^2 \quad (2)$$

где T_c – длительность сигнала;

A – амплитуда сигнала;

P_k – доля мощности сигнала, участвующего в расчете компоненты АКФ.

Действительно, когда смещение равно нулю, слагаемое АКФ $B_{cu}(k) = 0$, при смещении, равном T_c , т.е. когда достигается максимальное перекрытие сигнала и шумовой составляющей, коэффициент m_k принимает максимальное значение.

Во втором случае (рис. 1, б) дисперсия исследуемого слагаемого $B_{cu}(k)$ также определяется выражением (2), в которой коэффициент h_k не меняется при дальнейшем смещении при расчете АКФ, т.е. остается постоянным и равным единичному значению.

Слагаемое $B_{cc}(k)$ имеет детерминированный характер, т.е. очевидно не является случайной величиной, и фактически соответствует автокорреляционной функции полезного сигнала. В рамках всей АКФ, данное слагаемое определяет ее математическое ожидание.

АКФ линейно-частотного модулированного (ЛЧМ) сигнала рассчитывается согласно следующему выражению:

$$B_{cc}(k) = \frac{A_0^2}{2\mu} \int_{\omega_0 - \frac{\Delta\omega}{2}}^{\omega_0 + \frac{\Delta\omega}{2}} \cos w k dw = \frac{A_0^2 T_c}{2} \frac{\sin(\frac{\Delta\omega}{2} k)}{\frac{\Delta\omega}{2} k} \cos \omega_0 k = \frac{A_0^2 T_c}{2} \frac{\sin(\pi \Delta f k)}{\pi \Delta f k} \cos \omega_0 k.$$

Таким образом, АКФ является случайной величиной, распределенной по нормальному закону, с учетом всех ее слагаемых. В области аргумента АКФ, не

превышающего длительности сигнала, имеет детерминированное смещение, соответствующее значениям АКФ полезного сигнала, с учетом корректирующего коэффициента $(1-h_k)$ и случайную составляющую с нулевым математическим средним и дисперсией, определяемой как $\sigma_{cu}^2 = m_k \cdot \sigma_{ui}^2$.

При дальнейшем расчете АКФ и увеличении смещения k значение $B_{cc}(k)$ уменьшается, а дисперсия компоненты $B_{cu}(k)$ увеличивается. В момент, когда смещение превышает длительность сигнала, поведение АКФ имеет полностью случайный характер. Математическое среднее имеет нулевое значение, а дисперсия определяется суммой дисперсий компонент $B_{cu}(k)$ и $B_{ui}(k)$:

$$\sigma_{cu+ui}^2 = 2\sigma_{cu}^2 + \sigma_{ui}^2 = 2P_k \sigma_{ui}^2 + \sigma_{ui}^4 \quad (3)$$

Таким образом, начальные значения АКФ при наличии только шумовой составляющей в массиве выборок радиоизлучения определяются интервалом корреляции, которая в свою очередь зависит от ширины значения полосы пропускания радиоприемника. При наличии полезного сигнала значения АКФ массива выборок радиоизлучения в пределах смещения, равного длительности полезного сигнала, имеют среднее значение, определяемое значением АКФ полезного сигнала, и дисперсией, рассчитываемой с помощью выражения (3). Далее среднее значение АКФ равно нулю, а дисперсия принимает максимальное значение, рассчитываемое также с помощью выражения (3), но с учетом $P_k^{\max} = E$. Следовательно, в качестве достаточной статистики целесообразно выбрать первые k значений АКФ массива выборок радиоизлучения.

2. Экспериментальные исследования обнаружения сигналов со сложной структурой на основе расчета автокорреляционной функции выборок

радиоизлучения при критически низком ОСШ.

Рассмотрим поведение АКФ выборки сигнала РЛС без наличия радиоимпульсов в ней.

Анализ непосредственных записей сигналов работы РЛС при ведении РТК

подтвердил, что в качестве модели шума целесообразно выбрать гауссовский процесс [6,7]. На рис. 2 представлен пример расчета АКФ выборки записи работы РЛС, в которой присутствует только шумовая составляющая.

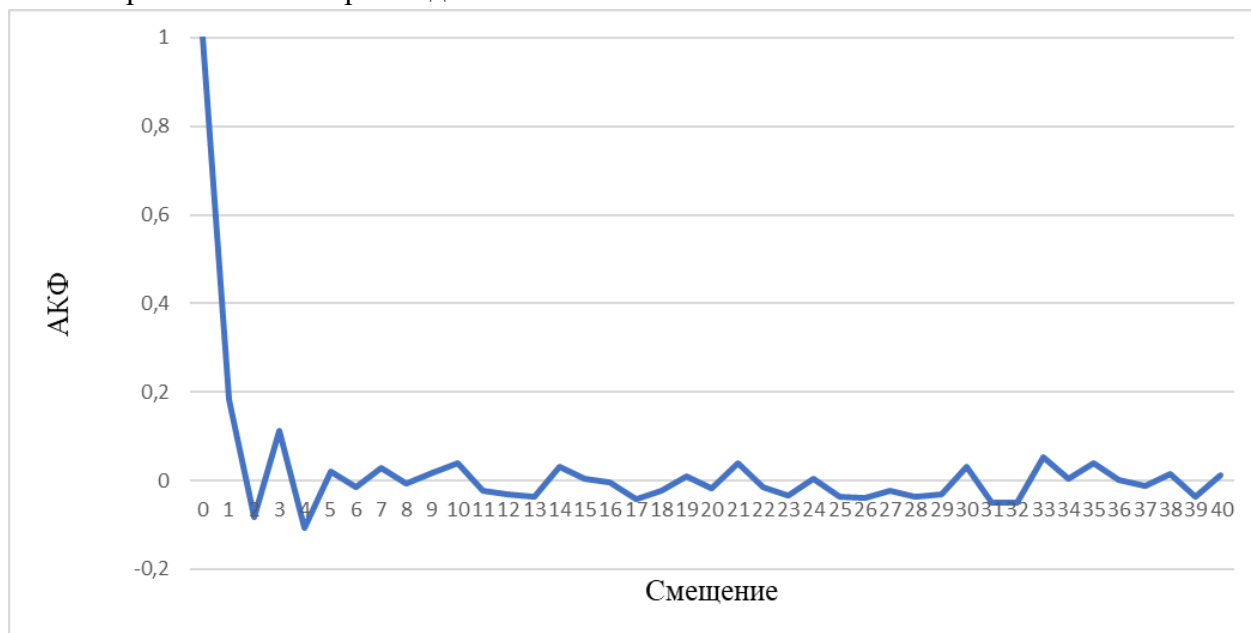


Рис.2 – АКФ выборки сигнала работы РЛС без наличия радиоимпульсов

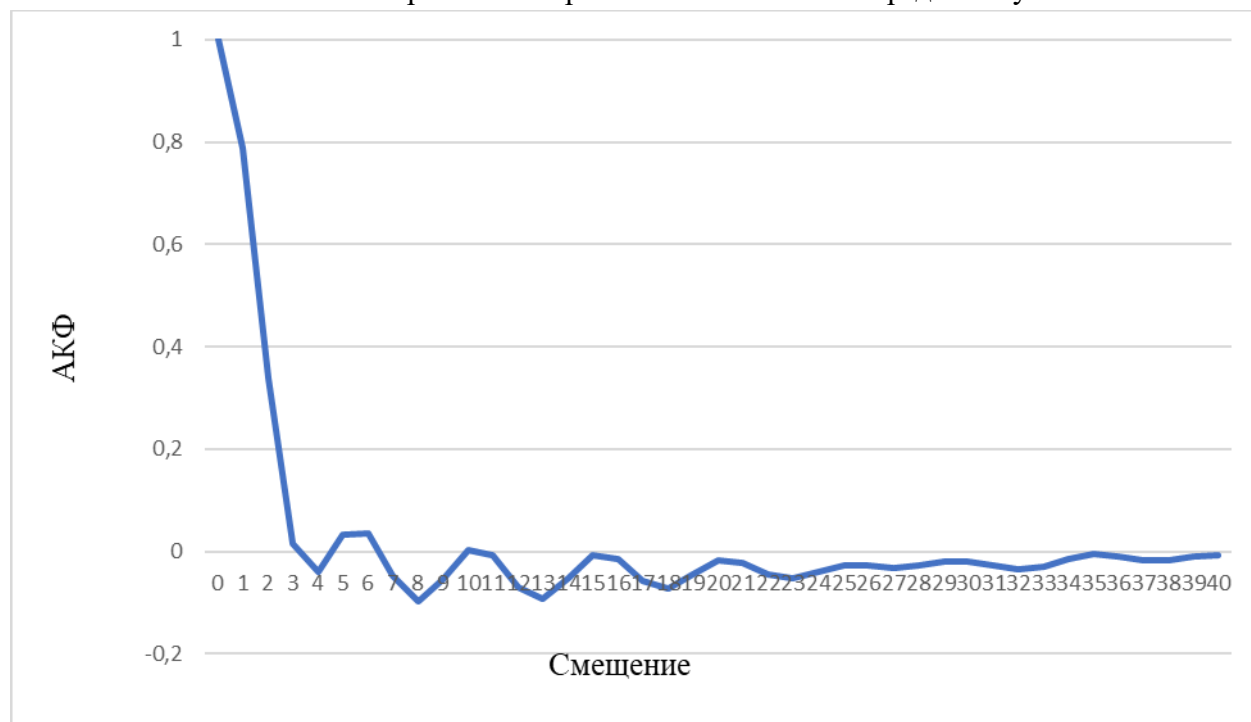


Рис.3 – Вид АКФ записи сигнала РЛС № 22 при наличии радиоимпульса с ЛЧМ

Значения АКФ при смещении более 7, являются случайными значениями с нулевым средним значением и порядком дисперсии, соответствующем расчетному значению. В области смещения от 0 до 6 значения АКФ объясняется ограниченной

полосой (ΔF) приемных трактов средств радиотехнического контроля. Моделью белого гауссовского шума пользоваться нельзя, так как спектр шума при приеме реальных сигналов представляется вырезкой из модельного шума с полосой ΔF

и спектральной плотностью N_0 . Согласно известным исследованиям с учетом, что значение центральной частоты полосы приема отлично от нуля, вид АКФ будет определяться выражением:

$$R(k) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{i2\pi f k} df}{R(0)} = \frac{N_0 \int_{F_c - \frac{\Delta F}{2}}^{F_c + \frac{\Delta F}{2}} e^{i2\pi f k} df}{R(0)} = \frac{\sin \pi \Delta F k}{\pi \Delta F k} \cos(2\pi F_c k).$$

Согласно [5] вид АКФ шумовой составляющей представляет собой относительно высокочастотное колебание с частотой, соответствующей центральной частоте полосы приема, промоделированное множителем $\frac{\sin \pi \Delta F k}{\pi \Delta F k}$. Первое нулевое значение данного множителя, определяющее огибающую, соответствует времени корреляции шумовой составляющей:

$$\Delta \tau = \frac{1}{|\Delta F|}$$

Вид АКФ, представленной на рис. 1, согласуется с теоретическими расчетами. Запись шумовой составляющей была произведена с полосой приема 7 МГц, и с частотой дискретизации равной 8 МГц. Соответственно первый отсчет АКФ находится в непосредственной близости от ее первого нулевого значения, на рис. 1 первое значение равно 0,17.

Рассмотрим поведение АКФ выборки сигнала РЛС при наличии радиоимпульсов в ней. Пример такой АКФ записи сигнала РЛС № 22 при наличии радиоимпульса с ЛЧМ представлен на рис. 3.

Главный лепесток АКФ справа ограничен значением смещения, равным 3. При условии, что значение смещения фактически выражается через обратную величину частоте дискретизации, данный факт согласуется с теоретическими зависимостями и определяется выражением:

$$\Delta \tau_{лчм} = \frac{1}{|\Delta f|}.$$

Справа от главного лепестка расположена серия боковых лепестков, существенно более слабых по отношению к главному. Длительность сигнала в примере составляет 550 отсчетов, соответственно в области первых лепестков, ограниченных 20 отсчетами, АКФ выборки определяется преимущественно АКФ радиоимпульса с ЛЧМ.

Таким образом, при выполнении условия $\frac{1}{|\Delta F|} \geq \frac{1}{|\Delta f|}$ АКФ выборки медленнее спадает, по сравнению со случаем, когда присутствует только шумовая составляющая.

Кроме того, остроконечность АКФ сигналов со сложной структурой, в рамках решения задачи обнаружения сигнала в условиях априорной неопределенности параметров полезного сигнала, позволяет повысить вероятность правильного принятия решения о наличии радиоимпульсов со сложной структурой при фиксированном значении ОСШ, по сравнению с энергетическими принципами обнаружения, например по мощности спектральных составляющих полезного сигнала на фоне помех.

В совокупности два данных фактора определяют целесообразность выбора в качестве достаточной статистики обнаружения первые значения АКФ выборки сигнала. В рамках исследования в качестве достаточной статистики выбрано среднее значение модулей первых двух значений АКФ.

Для расчета порога обнаружения были рассчитаны достаточные статистики в двух случаях: при наличии только шумовой составляющей и при наличии полезного сигнала в выборке. Исследования распределения достаточной статистики проводились с помощью разработанного на языке C++ программного обеспечения (ПО), которое представляет собой совокупность алгоритмов по расчету нормированной АКФ выборок радиосигналов РЛС с возможностью их искусственного

зашумления с выбранными характеристиками с целью управляемого изменения ОСШ.

Исходными сигналами явились записи радиоизлучения современных радиолокационных станций. Записи представляют собой файлы формата «gaw», в которых поочередно записаны синфазная и квадратурная составляющая сигнала, при этом на каждый отсчет выделяется 2 байта. Каждый файл соответствует записи радиоизлучения длительностью не менее 10 секунд. Учитывая, что радиоимпульсы РЛС имеют заведомо меньшую длительность, в СПО был реализован оконный принцип расчета АКФ. В каждом случае выбиралось значение окна выборки, в пределах от длительности радиоимпульсов до значения, превышающего длительность в пять раз.

При этом реализовано пересечение окон выборки при каждом смещении. Размер пересечения составлял от 5 до 20 процентов от длительности окна.

Исследование обнаружения радиоимпульсов при различных ОСШ, проводилось в следующем порядке. При условии, что в очередной выборке сигнала присутствует радиоимпульс, в реализованном ПО запускается циклический процесс по зашумлению текущей выборки и повторному расчету АКФ. При условии, что после очередной итерации зашумления радиоимпульс не обнаружен, фиксируется текущее значение ОСШ. Таким образом, после ряда циклов расчета АКФ формируется статистика значений АКФ и соответствующих ошибок («ложной тревоги» и «пропуска цели») распознавания при различных ОСШ.

На рис. 4 представлены гистограммы значений АКФ при ОСШ не хуже 10 дБ. Результат экспериментальных исследований по расчету АКФ в двух случаях при критически низком ОСШ не более -6 дБ представлен на рис. 5.

На рис. 6 представлена диаграмма распределения количества обнаружений радиоимпульсов РЛС № 22 при различных значениях ОСШ

предложенным алгоритмом радиоимпульсов РЛС № 22.

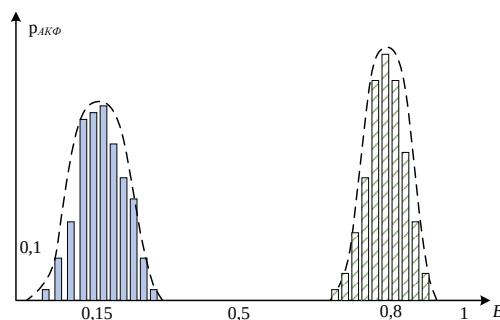


Рис.4 – Гистограммы значений АКФ при ОСШ не хуже 10 дБ

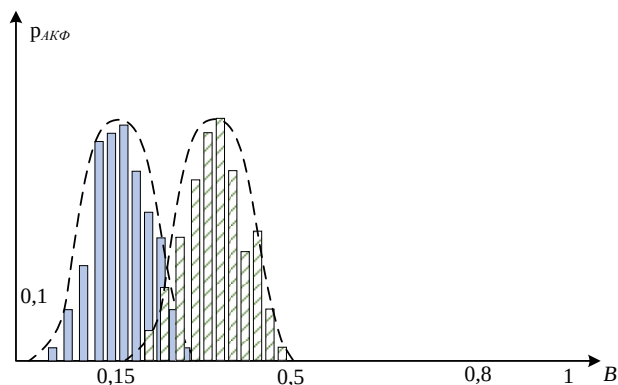


Рис.5 – Гистограммы значений АКФ при ОСШ не более -6 дБ

Согласно диаграмме анализ был проведен на основе 1068 окон выборок, в которых присутствует радиоимпульсы. Значение ОСШ в исходной записи сигнала составляло не менее 3 дБ. Первый столбец диаграммы определяет количество фактов обнаружения радиоимпульсов (618) при значениях ОСШ в пределах от 0 до 0,34. Т.е. в более чем в половине случаев радиоимпульсы обнаружены при критически малых значениях ОСШ.

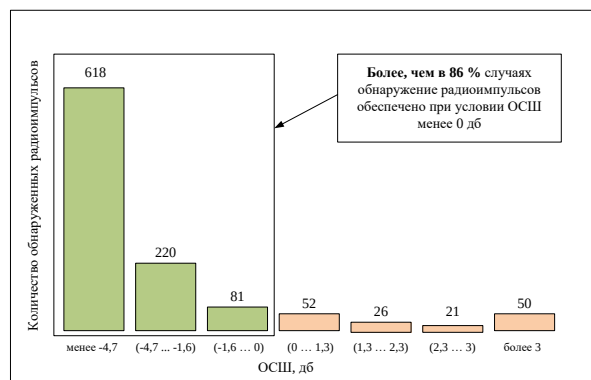


Рис.6 – Диаграмма распределения количества обнаружений радиоимпульсов РЛС № 22 при различных значениях ОСШ

На основе результатов аккумулирования статистических данных о распределении значений АКФ при различных ОСШ, была построена кривая обнаружения при значении ошибки «ложная тревога» 0,05, представленная на рис. 7.

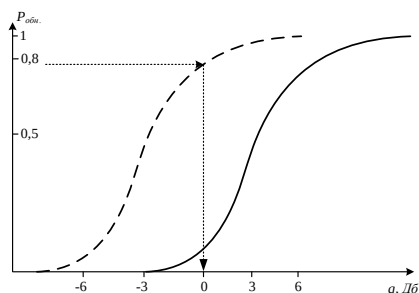


Рис.7 – Вид распределения вероятности правильного обнаружения в зависимости от отношения

Для сравнения на том же графике, построена теоретическая кривая обнаружения на основе использования энергетического порога при таком же значении ошибки «ложная тревога».

Анализ графика показывает, что при ОСШ менее 0 дБ обеспечивается

вероятность обнаружения сигнала со сложной структурой не хуже 0,8, на основе расчета АКФ выборки радиоизлучения.

Заключение.

Таким образом, в работе представлен вид автокорреляционной функции выборки радиоизлучения при наличии сигнала со сложной структурой и при наличии только шумовой составляющей. Приведены результаты экспериментальных исследований обнаружения радиосигналов, характерных при ведении радиотехнического контроля современных источников радиоизлучения при критически низком отношении сигнал-шум. Показано, что применение автокорреляционной функции обеспечивает возможность обнаружения сигналов со сложной структурой при критически низком отношении сигнал-шум (менее 0 дБ) позволит с вероятностью не менее 0,8 при значении ошибки «ложной тревоги» 0,05.

Список литературы:

1. Бабанов Н.Ю. Дмитриев В.В., Замятина И.Н. О применении ЛЧМ-зондирующих сигналов в нелинейной радиолокации // Вестник НГИЭИ, 2018. № 3 (82). С. 18-27.
2. Доматырко Д.Г. Моделирование ЛЧМ сигналов и их достоинства перед другими сложными сигналами // Вестник Воронежского государственного технического университета, № 4, 2010. С. 144-149.
3. Купряшкин И.Ф., Соколик Н.В. Алгоритм обработки сигналов в РЛС с непрерывным излучением в интересах обнаружения малозаметных воздушных объектов, оценки их дальности и скорости движения // Известия вузов России. Радиоэлектроника, №1, 2019. С. 39-55.
4. Безрук В.М. Обнаружение и распознавание сигналов в условиях априорной неопределенности при автоматизированном радиомониторинге // Радиоэлектроника и информатика. 2018. №3. С. 8-12.
5. Никандрова Ю. А. Автокорреляционные функции одномерных хаотических моделей // Прикладная информатика, №2, 2007. С. 122-138.
6. Коликов И.В. Проектирование динамической комплексной модели радиоэлектронной обстановки при разработке сценариев применения средств радиоэлектронного контроля / И.В. Коликов, В.В. Уткин, А.С. Босый // Военный инженер. – 2021. – № 1(19). – С. 31-41.
7. Стратифицированный подход к моделированию радиоэлектронной обстановки в интересах эффективного управления и применения сил и средств радиотехнического контроля / В.В. Уткин, А.П. Ратушин, А.С. Босый, И.В. Коликов // Первая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в военной сфере "Имитационное моделирование систем военного назначения, действий войск и процессов их обеспечения": Труды конференции, Санкт-Петербург, 25 ноября 2020 года. – Санкт-Петербург: "Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева" Министерства обороны Российской Федерации, 2020. – С. 239-245.

Блинов А.В., Борисов А.А., Стороженко И.И., Николаева К.В., Богданов А.И.
Blinov A.V., Borisov A.A., Storozhenko I.I., Nikolaeva K.V., Bogdanov A.I.

Влияние климатогеографических условий на психофизиологическое состояние специалистов Крайнего Севера

The influence of climatic and geographical conditions on the psychophysiological state of workers in the Far North

Аннотация. В статье рассматривается понятие «познавательная самостоятельность». Актуальность данного исследования определена современными требованиями к высшему образованию: Федеральным законом №273-ФЗ «Об образовании», федеральными государственными образовательными стандартами третьего поколения. Цель работы – уточнение понятия «познавательная самостоятельность». В статье описан интерес к данному явлению в историческом аспекте выдающихся ученых, философов, мыслителей, внесших большой вклад в разработку проблемы познавательной самостоятельности. Современная трактовка понятия «познавательная самостоятельность» не дает четкого определения, поэтому был выполнен контент-анализ данного понятия. В работе представлена таблица, показывающая обобщенный контент-анализ понятия. При выполнении исследования понятия «познавательная самостоятельность» были выявлены объединяющие позиции при определении познавательной самостоятельности.

Abstract. The article discusses the concept of "cognitive independence". The relevance of this research is determined by modern requirements for higher education: Federal Law No. 273-FZ "On Education", federal state educational standards of the third generation. The purpose of the work is to clarify the concept of "cognitive independence". The article describes the interest in this phenomenon in the historical aspect of prominent scientists, philosophers, and thinkers who have made a great contribution to the development of the problem of cognitive independence. The modern interpretation of the concept of "cognitive independence" does not provide a clear definition, so a content analysis of this concept was performed. The paper presents a table showing a generalized content analysis of the concept. During the study of the concept of "cognitive independence", unifying positions were identified in the definition of cognitive independence.

Ключевые слова: познавательная самостоятельность, качество личности, признаки, критерии, уровни, этапы.

Keywords: cognitive independence, personality quality, signs, criteria, levels, stages.

Современные требования к высшему образованию подразумевают использование стандартов подготовки высококвалифицированного специалиста, способного профессионально самосовершенствоваться.

В структуру системы образования включаются федеральные государственные образовательные стандарты, которые предъявляют требования к сформированности познавательной самостоятельности. Профессиональная компетентность является главным критерием оценки специалистов.

Требования Федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения (ФГОС 3++) к результатам освоения программы ВО (специалитета), выдвигаются в виде компетенций: универсальных, общепрофессиональных и профессиональных. Согласно сформированности этих компетенций будет зависеть насколько выпускники успешны в карьере после окончания вуза, востребованы.

Одной из универсальных компетенций выделяется компетенция самоорганизации и саморазвития: УК-6: способен определять и

реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы её совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни. Одна из общепрофессиональных компетенций, устанавливаемая программой специалитета, - ОПК-1, 2: способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологиях. Профессиональные компетенции определяются на основе профессиональных стандартов, размещенных на сайте Министерства труда и социальной защиты РФ. Они имеют узкую направленность на основе видов профессиональной деятельности.

Согласно Федеральному закону от 29.12.2012 N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации" обязанностью и ответственностью педагогических работников является «развивать у обучающихся познавательную активность, самостоятельность, инициативу, творческие способности ...» [16]

Поэтому приоритетным направлением образовательной политики на современном этапе является повышение роли познавательной самостоятельности, обновление системы профессионального развития личности в соответствии с ее потребностями, мотивами, способностями.

Развитие познавательной самостоятельности имеет глубокие исторические корни. Сократ считал, что цель воспитания – это познание самого себя, «истину» он помогал находить не с помощью готовых знаний и выводов, а «с помощью вопросов и ответов» [9]. Этот метод обучения был назван сократическим, откуда позднее развилась сократическая беседа: развитие ученика с учетом его индивидуальных способностей. Аристотель назвал его индукцией. По мнению Платона, этот процесс берет свое начало из «удивления обыденному». Платон, Аристотель и другие античные мыслители говорили, что развитие человека осуществляется в процессе самопознания. В

эпоху античности мыслители рассматривали самостоятельность как цель воспитания, средство активизации учебы [7].

Большой вклад в разработку проблемы познавательной самостоятельности внесли такие выдающиеся мыслители, философы и педагоги, как Франсуа Рабле, Томас Мор, Ян Амос Коменский, Джон Локк, Жан-Жак Руссо и др. Они все были приверженцами разностороннего воспитания. В основе их педагогических идей лежат: развитие самостоятельного мышления, активность, занятия самообразованием, самостоятельность в наблюдении, в речи, в практике и в применении [9].

Я. А. Коменский считал, что «природное в человеке обладает самостоятельной и самодвижущейся силой». Исходя из этого, Я. А. Коменский формулирует как закономерность воспитания «принцип самостоятельности воспитанника в осмыслении и деятельном освоении мира» [8].

Идеи Дж. Локка, о том, что «умение рассуждать делает ум способным самостоятельно приобретать знания», весьма современны. Он определял самообразование «как почти единственный способ усовершенствовать разум в полную меру его способностей» [8]. Педагогические идеи Д. Локка подхватили и развили Ж.-Ж. Руссо, И. Г. Песталоцци, а также русские просветители.

Ж.Ж. Руссо является родоначальником теории свободного воспитания: самостоятельное накопление жизненного опыта – наилучшее воспитание. Самым главным умением в данной теории – умение искать, думать, включаться в решение проблем. Внутренней мотивацией этого процесса становится стремление к самосовершенствованию [8]. Большую значение в формировании развивающей среды самостоятельного познания Локк придавал воспитателю: он должен направлять на решение вопроса, руководить интересами воспитанника.

Видный философ Жан Антуан Кондорсе утверждал, что под влиянием образовательного

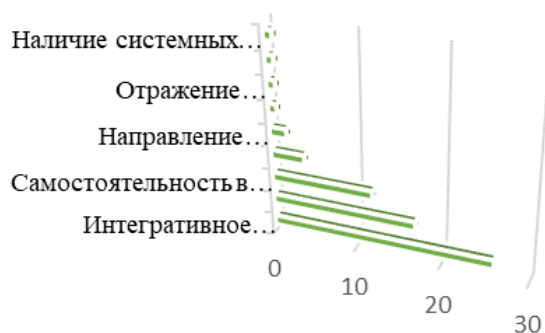
процесса человеческий разум способен развиваться бесконечно [9].

Швейцарский педагог И.Г. Песталоцци выделил взаимосвязь интеллектуального, физического и нравственного образования, которое ведет к всесторонне развитой гармонической личности. Цель воспитания – развитие природных сил и способностей человека всесторонне и гармонично. Основой метода самосовершенствования Песталоцци выделял свободное, самостоятельное стремление к «полному развитию своих сил» [8].

Выдающийся немецкий педагог Дистервег считал, что положительное значение развития самостоятельности будет иметь положительное значение только при наличии цели, которая является объективной стороной воспитания, а ценность имеют только те знания и навыки, которые получены самостоятельным путем.

М.В. Ломоносов в процессе обучения выделял познавательный интерес, вызывающий творческое усвоение учебного материала и развитие у учащихся исследовательских устремлений.

В Г. Белинский, А.И. Герцен высказывались о важности самостоятельности учащихся в обучении. Основой педагогической теории Белинского является опора на возрастные особенности и индивидуальные склонности учащихся при развитии самостоятельности. По мнению Герцена, в образовании важен упорный труд и собственные размышления. Образование должно способствовать развитию у учащихся самостоятельного мышления [9].



Ключевые характеристики понятия
"познавательная самостоятельность"

В педагогике XIX в. особую роль имела познавательная самостоятельность как эффективный путь освоения знаний.

Н.И. Пирогов, Н. Г. Чернышевский и Н. А. Добролюбов придавали большое значение самостоятельной работе учащихся, привитию навыков и умений самим приобретать знания, как важному средству развития мышления учащихся [9]. К. Д. Ушинский также придавал большое значение развитию у учащихся умения самостоятельно работать. Л.Н. Толстой сформировал оригинальное учение об обучении и воспитании. Основой этого учения было развитие у учащихся творчества и активности, познавательного интереса, самостоятельности мышления и работы.

Пятидесятые годы прошлого века характеризуются продвижением форм обучения, которые предполагают развитие инициативы и самостоятельности обучающихся: теории [2,4,11]: общего развития Л.В. Занкова, содержательных обобщений Д.В. Эльконина, В.В. Давыдова, поэтапного

формирования умственных действий П.Я. Гальперина, З.Ф. Талызина, проблемного обучения Т.В. Кудрявцева, М.И. Махмутова, И.Я. Лернера. Основные направления данных теорий: развитие умения мыслить, наблюдать, введение в занятия интенсивной самостоятельной деятельности, умение решать проблемные задачи, преемственность школы и вуза в обучении.

В современной научной литературе нет единого определения понятия познавательной самостоятельности. Для уточнения понятия «познавательная самостоятельность» нами был проведен контент-анализ, рассматривающий данную категорию, и выделены основные ключевые характеристики понятия «познавательная самостоятельность» (рис. 1).

В число наиболее частотных ключевых характеристик понятия «познавательная самостоятельность» входят: интегративное качество личности, отсутствие потребности или потребность в минимальной помощи при обучении, самостоятельность в познавательной деятельности. Кроме того, данные характеристики связаны с понятиями, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Описание характеристик познавательной самостоятельности

№ п/п	Ключевая характеристика понятия ПС			Кол-во упоминаний
1.	Интегративное качество личности	связь	мотив	26
			способы деятельности	
			напряжение волевых условий	
		проявление	самообразование	
			самостоятельная познавательная деятельность	
		наличие	ответственное поведение	
			сознательное и инициативное действие	
2.	Отсутствие потребности или потребность в минимальной помощи	постижение	знания и способы деятельности	17
		решение	познавательные задачи	
		определение и поиск	ближайшие цели и задачи деятельности	
		приобретение	новые знания из различных источников	
		мышление и действие	самостоятельность	
3.	Самостоятельность в познавательной деятельности	самоуправление, целенаправленность, самообразованность, основные характеристики	познавательная деятельность	12

Данный анализ показал, что часть ученых (Рубинштейн С.Л., Лернер И.Я., Шамова Т.И., Петунин О.В., Кулагина Т.И., Кочановская Е.В., Половникова Н.А., Леонтьев А.Н., Богоявленская Д.Б., Каменский А.А., Бодалев А.А., Преображенская Е.В., Данилов М.А., Пустовойтов В.Н. [3, 6, 11-14, 17]) определяют данное понятие как интегративное качество личности; ученые Кочановская Е.В., Зимняя И.А., Вяткин Л.Г., Петунин О.В., Половникова Н.А., Пустовойтов В.Н., Костылёва Э.С. [1, 5, 10, 12, 13, 14] связывают познавательную самостоятельность с мотивом, способами и целенаправленностью деятельности, напряжением волевых условий; такие ученые, как Лернер И.Я., Кулагина Т.И., Половникова Н.А., Пустовойтов В.Н. выделяют самообразование и самостоятельную познавательную деятельность как качества личности. Творческий подход, поиск и систему творческих задач выделяют как важнейшее средство развития познавательной самостоятельности ученые Лернер И.Я.,

Петунин О.В., Костылева Э.С. и Махмутов М.И. Ученые Лернер И.Я., Шамова Т.И., Половникова Н.А., Леонтьев А.Н., Богоявленская Д.Б., Каменский А.А., Пидкасистый П.И., Рубинштейн С.Л., Костылева Э.С., Китайгородская И.Г., Бабанский Ю.К., Петровский А.В., Вяткин Л.Г., Петунин О.В., Данилов М.А. концентрируют свое внимание на потребности в минимальной помощи или ее отсутствии в постижении знаний, способов действий, в решении познавательных задач, определении и поиску ближайших целей и задач, самостоятельности мышления и действия. Исследования ученых (Пидкасистый П. И., Пустовойтов В. Н., Абрамова Т.В.) рассматривают отношение к познавательной самостоятельности, процесс выполнения учащимися самостоятельной работы, направление личности на саморазвитие и активность как условие самостоятельности [1, 3, 5, 6, 11, 15].

Объединяющим позиции разных ученых является определение познавательной самостоятельности как

интегративного качества личности, основанного на потребности, стремлении и умении учащихся выполнять познавательную деятельность без посторонней помощи.

Таким образом, познавательная самостоятельность – это интегративное качество личности, которое основано на потребности, стремлении и умении выполнять познавательную деятельность

без помощи или с минимальной помощью, на умении определять цели и добиваться их достижения, на ответственном поведении, в умении действовать сознательно и инициативно в разных условиях; имеет характеристики познавательной деятельности, систему внутренних образований и их внешнего проявления – практических действий по самообразованию.

Список литературы

1. Вяткин Л.Г. Самостоятельная работа учащихся на уроке / Л.Г. Вяткин. - Саратов: Изд-во СГУ, 1978. - 25 с.
2. Давыдов В. В. Проблемы развивающего обучения – М.: Директ-Медиа, 2008. - 613 с.
3. Данилов М.А. Теоретические основы обучения и проблема воспитания познавательной активности и самостоятельности учащихся. Ученые записки / М.А. Данилов. - Казань: Изд-во Каз. гос. пед. ин-та, 1972. Вып. 102. Вопросы воспитания познавательной активности и самостоятельности школьников. - С. 3 - 23.
4. Занков Л. В. Обучение и развитие. — М.: Педагогика, 2015. — 440 с.
5. Зимняя И. А. Педагогическая психология. – М.: Логос, 2014. — 384 с.
6. Каменский, А. А. Развитие познавательной самостоятельности подростков в современной школе: дис. ... канд. пед. наук :13.00.01 / Алексей Алексеевич Каменский. – СПб., 2020. – 235 с.
7. Капран, С. Б. Проблема организации и осуществления самообразовательной деятельности студентов в философской, психолого-педагогической и научно-методической литературе / С.Б. Капран // Молодой ученый. — 2013. — № 7. — С. 387 – 392.
8. Коменский Я. А., Локк Д., Руссо Ж.-Ж., Песталоцци И. Г. Педагогическое наследие / Сост. В. М. Кларин, А. Н. Джуринский. — М.: Педагогика, 1989 — 416 с.
9. Константинов Н. А. и др. История педагогики: Учебник для студентов пед. ин-тов/ Н. А. Константинов, Е. Н. Медынский, М. Ф. Шабаетова.— 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Просвещение, 1982. — 447 с.
10. Костылева Э.С. Развитие познавательной самостоятельности старшеклассников в процессе обучения гуманитарным дисциплинам на примере изучения литературы, истории, мировой художественной культуры: дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Костылева Эвелина Сергеевна. - Челябинск, 2004. - 209 с.
11. Лернер И.Я. Проблемное обучение / И.Я. Лернер. - М.: Знание, 1974. - 64 с.
12. Петунин, О. В. Активизация познавательной самостоятельности учащейся молодежи : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 / Олег Викторович Петунин.— Кемерово, 2010. — 453 с.
13. Половникова, Н. А. Исследование процесса формирования познавательной самостоятельности школьников в обучении : дис. ... д-ра пед. наук / Наталья Александровна Половникова. – Казань: КПИ, 1976. – 483 с.
14. Пустовойтов В.Н. Развитие познавательной самостоятельности учащихся старших классов (на материале математики и информатики): дисс канд. пед. наук: 13.00.01 / Пустовойтов Виктор Николаевич. -- Брянск, 2002. - 205 с.
15. Скрыбина, А. Г. Педагогические условия развития познавательной самостоятельности обучающихся классов гуманитарного профиля: дис. ... канд. пед. наук :13.00.01 / Алевтина Гавриловна Скрыбина. – Якутск, 2019. – 186 с.
16. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации"
17. Шамова, Т. И. Активизация учения школьников / Т.И. Шамова. – М.: Педагогика, 1982. – 208 с.

Исследование отличительных характеристик феномена политической идентичности**Research of the distinctive characteristics of the phenomenon of political identity**

Аннотация. В статье рассмотрены основные характеристики и особенности таких понятий, как «политическая идентичность», «гражданская идентичность», «государственная идентичность», «национальная идентичность» и «этническая идентичность»; проведен анализ и сравнение данных феноменов с целью выявления отличительных особенностей политической идентичности.

Abstract. The article considers the main characteristics and features of such concepts as "political identity", "civil identity", "state identity", "national identity" and "ethnic identity"; it analyzes and compares these phenomena in order to show the distinctive features of political identity.

Ключевые слова: идентичность, политическая идентичность, гражданская идентичность, государственная идентичность, национальная идентичность, этническая идентичность.

Keywords: identity, political identity, civil identity, state identity, national identity, ethnic identity.

Процесс глобализации, рост масштабов миграции населения, связанный с локальными природными, политическими или военными факторами, приводят к тому, что «классическая концепция «национального государства» на сегодняшний день претерпевает ряд существенных трансформаций», различные факторы глобального и локального значения, влияющие на мировое геополитическое пространство, влекут за собой «размывание политической идентичности, смешение категорий и форм восприятия политической реальности» [18, с.107].

Между тем, идентичность является тем фактором, который объединяет группы лиц, формирует общность и единство на основе схожих интересов. По словам А.В. Кучерова и Н.И. Шестова, именно «идентичность является тем качеством, которое роднит всех политических субъектов, независимо от их места и роли в политической жизни, иерархического (неформально-традиционного, или формальноправового)

статуса, реальной политической функциональности» [6, с.107]. Из этого вытекает важность и необходимость четкого определения политической идентичности, а также её формирования среди российских граждан и в особенности среди военнослужащих, составляющих (совместно с членами семей, отставниками, работниками оборонного комплекса и правоохранительных органов) «примерно 20% от общей численности всех граждан, наделенных избирательным правом.» [7, 103]. При этом важная роль, по мнению А.Г. Асмолова, должна отводиться системе образования: «социальное конструирование идентичности личности как человека мира и гражданина своей страны выступает как миссия социокультурной модернизации образования, способствуя движению России по направлению к гражданскому обществу» [1, с.28]. В то же время сама система образования должна реализовываться не как ограниченная сфера, а во взаимосвязи с политическими, социально-экономическими, культурными

и интеллектуальными аспектами. Из этого можно сделать вывод о том, что формирование политической идентичности у курсанта в условиях образовательного пространства военного вуза является одной из важных задач для поддержания стабильности как политической системы в отдельности, так и всего общества в целом.

Однако прежде чем говорить о формировании какого-либо отдельного вида идентичности целесообразно начать с определения сущности самого термина «идентичность».

Философский словарь приводит следующую трактовку этого понятия: «тождественность, одинаковость, полное совпадение <...> Принцип идентификации, или закон тождества ($A = A$), требует, чтобы всякому понятию в течение определённого мыслительного акта придавалось одно и то же значение» [16]. Исходя из этого следует, что идентичность обозначает схожесть неких объектов или понятий между собой на основании определенного признака.

Энциклопедический словарь под редакцией А. А. Ивина определяет идентичность, как отношение, в котором все члены тождественны друг другу. Схожая идея выражена и в новой философской энциклопедии: «идентичность есть не свойство (т.е. нечто присущее индивиду изначально), но отношение» [9, с.78]. Таким образом, формирование идентичности происходит только в ходе социального взаимодействия, при котором группы лиц или индивиды идентифицируют себя в качестве устойчивых целостностей, тождественных самим себе. Здесь стоит отметить, что индивидуальный или групповой характер идентичности является спорным вопросом. Так в новой философской энциклопедии отмечается, что идентичность присуща только индивидам, так как только они «обладают качеством субъектности и, соответственно, способны относить или не относить к себе определенные значения» [9, с.78], при этом

в политологии часто выделяются именно группы лиц как субъекты международных отношений, например, «христианская» или «исламская», «западная» или «восточная» идентичности.

Согласно словарю социолингвистических терминов, под этим понятием «идентичность» подразумевается «психологическое соотнесение индивида с социальной группой или этносоциальной общностью, с которой он разделяет определенные нормы, ценности, групповые установки, а также то, как воспринимают человека окружающие, с какой из групп его соотносят» [14, с.72]. Данное определение может выступать в качестве аргумента, подтверждающего идею о том, что идентичности свойственен не только индивидуальный, но и групповой характер. Кроме того, в словаре указывается, что групповая идентичность может характеризоваться, как положительная или отрицательная, то есть может указывать на признание или непризнание индивида членом определенной группы.

Также идентичность может проявляться на индивидуальном или социальном уровне, то есть выражаться в виде характеристик, представляющих уникальные качества индивида, либо отождествлять его с нормами и правилами какой-либо социальной среды. При этом эти два уровня всегда выступают в тесной взаимосвязи друг с другом, так как «представления индивида о самом себе, воспринимаемые им как его собственные и неотделимые от его самости, являются в конечном итоге результатом интериоризации социальных норм» [9, с.79].

Кроме указанных выше классификаций, идентичность можно разделить в зависимости от ее основания на возрастную, гражданскую, локальную, классовую (сословную), конфессиональную, культурную, национальную, поколенческую, политическую, профессиональную, региональную, родоплеменную, субэтническую, этатическую (государственную), этническую.

Таким образом, идентичности представляется как сложный и многогранный феномен и может носить, в зависимости от заданных параметров, разный характер. Она может представлять собой совокупность факторов, через которые индивид определяет сам себя, а также свое место в обществе, а может представляться набором ценностей и поведенческих моделей, через которые происходит отождествление человека с той или иной группой лиц, обладающей тождественными ему свойствами.

Возвращаясь к аспекту политической идентичности, важно отметить, что единогласное определение данного понятия так и не сформировалось в современной литературе. Во многом это связано отсутствием четких границ между такой идентичностью, а так же гражданской, государственной, национальной и этнической. Поэтому для создания более ясного образа политической идентичности целесообразно рассмотреть каждую из них отдельно.

Рассмотрим для начала гражданскую идентичность. По словам А.А. Рухтина, она «реализуется в гражданской активности и политическом участии» и «выражается в доверии или недоверии общественным организациям, муниципальной и центральной власти» [12, с.81]. Уже при таком подходе видно, что границы между гражданской и политической идентичностями достаточно размыты. Д.В. Монастрыцкий приводит более четкое объяснение и отмечает, что гражданская идентичность определяется как «осознание принадлежности к сообществу граждан того или иного государства, имеющей для индивида значимый смысл» со стороны одного лица, и как «феномен надындивидуального сознания, признак (качество) гражданской общности» со стороны группы лиц [8, с.183]. Таким образом, гражданская идентичность выражает единство интересов индивида и гражданской общности. При этом для

становления и поддержания такой общности особым значением обладают общее историческое прошлое, самоназвание, общий язык, культура и накопленный опыт.

Л.М. Дробижева в свою очередь указывает на различие гражданской и государственной идентичности. Последней В.Р. Янакова дает следующую трактовку: «это неизменные, привязанные к определенной роли осмысления и ожидания по поводу себя, в основе которых лежат теории, коллективно разделяемые участниками в отношении себя и остальных, и образующие структуру общественного порядка» [19, с.19]. В структуре государственной идентичности выделяют два вида: эгоистическую, при которой деятельность государства строится исключительно на собственных интересах, и коллективную, при которой подразумевается взаимовыручка и сотрудничество, а так же принятие решений на основе компромиссов. Таким образом, государственная идентичность в отличие от гражданской принимает большие масштабы и может рассматриваться не только на индивидуальном или государственном (групповом) уровнях, но также и на международном.

Помимо указанного выше, В.Р. Янакова отмечает, что государственная идентичность отождествляется с принадлежностью человека к «определённому государству через институт гражданства», а также с представлениями «о государствах, как субъектах международного права» [19, с.20]. Это, в свою очередь, указывает на то, что государственная идентичность является более узким понятием, чем национальная. Подтверждением данному высказыванию является то, что нация выражается в единении гражданского общества и государства, а также то, что «нации – более позднее общественное формирование, возникшее позже

государства, следовательно, является более объемным по характеру объединяющих людей признаков» [19, с.20]. К таким признакам, как правило, относят исторические, религиозные, языковые и культурные. Их совокупность и дает представление о национальной идентичности человека или группы лиц. Само определение термина «национальная идентичность», согласно В.А. Тишкову можно выразить следующим образом: «общеразделяемое представление граждан о своей стране, ее народе и как чувство принадлежности к ним» [15, с.28]. Таким образом национальная идентичность принимает значение заданное не только государственными границами или институтом гражданства, но также морально-нравственными ценностями, которые сформировались у того или иного народа, за время его существования.

Параллельно с национальной можно выделить другую идентичность – этническую. Она, в отличие от описанных выше, «никак не взаимосвязана с государственными институтами» [19, с.20], но тем не менее тесно пересекается с понятиями «народ» и «национальность». Одной из отличительных черт этнической идентичности является сохранение исторических корней, символических форм и явлений у определенного народа, преданий, мифов, фольклора. Этничность проявляется в образе жизни людей, связанном с их рождением и семьей. Таким образом, для этнической идентичности важной является «культурно-историческая обусловленность, ориентированная на прошлое» [4, с.20]. Однако это не единственный аспект, отличающий этническую идентичность от национальной. По словам Н.П. Денисюка, зачастую социальные группы могут возникать и распадаться, что делает срок их существования ограниченным, кроме того, человек может входить и выходить из разных групп при смене своих интересов, взглядов, возраста, места жительства, при

этом «из этнической общности, которая устойчива во времени, человека исключить нельзя. Его этнический статус сохраняется им самим» [2, с.87].

При этом, несмотря на неотъемлемый характер этнической идентичности, она может проявляться в виде индифферентности, то есть «нежеланием поддерживать культурные ценности «своей» группы, чувством этнической неполноценности, ущемленности, отчуждения от собственной группы» [2, с.88]. Таким образом, этническая идентичность, как и описанные выше, является осознанным приобщением человека к культурно-историческим ценностям народа.

Теперь вернемся к вопросу политической идентичности. Она является важным инструментом формирования и регулирования поведения и сознания различных групп, сообществ и классов. Однако, как отмечает В.Р. Янакова, «в современной литературе так и не было сформировано четкого и единого определения термина политической идентичности» [19, с.19]. И.С. Семененко, в свою очередь, дает следующую объяснение данного понятия: «комплекс идейно-политических ориентаций и предпочтений, которыми субъекты политического процесса наделяют себя и друг друга в процессе коммуникации, и предполагает отождествление носителя политической идентичности с тем или иным политическим сообществом» [13, с.71]. Отсюда можно сделать вывод, что в политической идентичности важную роль играет отождествление личности именно с определенной политической общностью, т.е. её «политическая идентификация».

Для того чтобы определить принадлежность индивида к той или иной группе, прежде всего необходимо выявить признаки, по которым будет происходить идентификация. Так, по словам Ю.Л. Качанова, политическую идентичность личности можно установить только при

условии, что остальные участники политических отношений определяют его по тем же значениям, которые он себе приписывает самостоятельно. В.Р. Янакова выделяет следующие свойства политической идентичности «постоянно присутствующие в сознании большинства граждан страны: общий опыт государственности, общая ответственность за будущее государства, набор общих ценностей для данного социума» [19, с. 198]. При этом к первому можно отнести не только совместный опыт, но и оценку общего прошлого, восприятие ключевых исторических событий. Что касается второго свойства, то оно не подвержено изменениям, и поэтому является наиболее устойчивым; это связано с тем, что ответственность может либо присутствовать, либо отсутствовать, в случае чего будет отсутствовать и политическая идентичность. К третьему свойству, как правило, относят только наиболее важные общественные установки, разделяемые основной массой граждан.

Таким образом, политическая идентичность представляет собой устойчивое, стабильное явление, представленное прошлым опытом и событиями, настоящими устоями и представлениями о будущем государства. При этом основная направляющая данного феномена связана непосредственно с политическим пространством и политическими взаимоотношениями между субъектами (индивидуальными или групповыми), что и выделяет его среди других схожих идентичностей.

Четкое понимание проанализированных выше различий и особенностей, позволит сформировать у военнослужащих, в частности у курсантов военных вузов, политическую идентичность, отвечающую не только национальным и государственным интересам страны, но и способную отстаивать социально-культурные ценности, наравне с обеспечением защиты граждан, государственных территорий и ресурсов.

Список литературы:

1. Асмолов, А.Г. Стратегия социокультурной модернизации образования: на пути к преодолению кризиса идентичности и построению гражданского общества / А.Г. Асмолов // Психолого-педагогический поиск. – 2010. – № 14. – С. 21-39.
2. Денисюк, Н.П. Формирование этнической идентичности в современных условиях / Н.П. Денисюк // Веснік БДУ. Серія 3, Гісторыя. Эканоміка. Права. – 2013. – №3. – С. 86-89.
3. Дробижева, Л.М. Государственная и этническая идентичность: выбор и подвижность / Л.М. Дробижева // Гражданские, этнические и религиозные идентичности в современной России. – Москва : Институт социологии Российской академии наук, 2006. – С. 10-29.
4. Дубовикова, С.Н. Этническая идентичность: представление россиян о себе (на примере волгоградской области) / С.Н. Дубовикова, Е.Р. Минасян // Социальная интеграция и развитие этнокультур в евразийском пространстве. – 2019. – Т. 2, № 8. – С. 270-275.
5. Качанов, Ю.Л. Опыты в поле политики. – Москва : Институт экспериментальной социологии, 1994. – 159 с.
6. Кучеров, А.В. Социально-политическая идентичность военных: проблемы политологической концептуализации / А.В. Кучеров Н.И. Шестов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. – 2010. – Т. 10, № 3. – С. 68-74.
7. Кучеров, А.В. Проблемы политической идентичности военнослужащих в обществоведческой литературе современной России / А.В. Кучеров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. – 2010. – Т. 10, № 2. – С. 103-107.
8. Монастырский, Д.В. Гражданская идентичность: теоретические подходы к исследованию и формирующие ее факторы / Д.В. Монастырский // Гуманитарий Юга России. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 181-188.

9. Новая философская энциклопедия: в 4 томах. Том 2. / Институт философии РАН; Национальный общественно-научный фонд; Председатель научно-редакционного совета В.С. Степин. – 2-е изд., испр. и допол. – Москва : Мысль, 2010. – 634 с.
10. Попова, О.В. Политическая идентификация в условиях трансформации общества. – Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского университета, 2002. – 258 с.
11. Попова, О.В. Особенности политической идентичности в России и странах Европы / О.В. Попова // Полис. Политические исследования. – 2009. – № 1. – С. 143-157.
12. Рухтин, А.А. Гражданская идентичность как условие формирования гражданского общества в современной России / А.А. Рухтин // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке : сборник материалов 4-й международной научно-практической конференции, Махачкала, 30 апреля 2014 года. – Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью "Апробация", 2014. – С. 80-82.
13. Семененко, И.С. Политическая идентичность и политика идентичности в 2 Т. Т. 1: идентичность как категория политической науки: словарь терминов и понятий / отв. Ред. И.С. Семененко. – Москва : Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2012. – 208 с.
14. Словарь социолингвистических терминов / В.А. Кожемякина, Н.Г. Колесник, Т.Б. Крючкова [и др.]. – Москва : Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт языкознания Российской академии наук, 2006. – 312 с.
15. Тишков, В.А. Что есть Россия и российский народ / В.А. Тишков // Pro et Contra. – 2007. – Т. 11, № 3. – С. 21-41.
16. Философский словарь : [Электронный ресурс]. URL: <http://www.harc.ru/slovar/767>. (Дата обращения: 14.10.2023).
17. Философия : энциклопедический словарь / под ред. А. А. Ивина. – Москва : Гардарики, 2004. – 1072 с.
18. Экзекова, М.Н. Политическая идентичность как онтологическая категория: отраслевое определение идентичности в контексте политического бытия / М.Н. Экзекова // Общество: философия, история, культура. – 2022. – № 9(101). – С. 107-110.
19. Янакова, В.Р. Политическая идентичность: Концептуализация понятия / В.Р. Янакова // Социально-политические науки. – 2017. – № 5. – С. 18-23.

**Развитие профессионально-ориентированной иноязычной компетенции курсантов
военно-морского вуза с учетом ведущих каналов восприятия**

**Development of professionally oriented foreign language competence of naval cadets,
considering their leading channels of perception**

Аннотация. В данной статье обосновывается необходимость развития профессионально-ориентированной иноязычной компетенции курсантов военно-морского института. Раскрыто понятие «профессионально-ориентированная иноязычная компетенция» в системе высшего образования; выделены особенности подготовки курсантов в военно-морском институте. Автор отмечает, что целесообразно использовать различные подходы и методики с учётом гендерного подхода. В рамках эксперимента определен ведущий канал восприятия обучающихся и выбрана необходимая педагогическая опора (визуальное средство обучения) для эффективного развития ПОИК курсантов. Представлен сравнительный анализ до и после проведения эксперимента.

Abstract. This article substantiates the need to develop professionally oriented foreign language competence of cadets at the Naval Institute. The concept of "professionally oriented foreign language competence" in the higher education system is revealed; the peculiarities of cadet training at the naval Institute are highlighted. The author notes that it is advisable to use different approaches and techniques based on a gender approach. As part of the experiment, the leading channel of students' perception was determined and the necessary pedagogical support (visual learning tool) was selected for the effective development of cadets' professionally oriented foreign language competence. A comparative analysis before and after the experiment is presented too.

Ключевые слова: профессионально-ориентированная иноязычная компетенция, иностранный язык, гендерный подход, специалист ВМФ, визуальные средства обучения, военно-профессиональная деятельность.

Keywords: professionally oriented foreign language competence, foreign language, gender approach, Navy specialist, visual learning tools, military professional activity.

Составной частью профессиональной компетенции будущих специалистов ВМФ является иноязычная компетенция, служащая платформой для диалога между зарубежными государствами и их Вооруженными силами на иностранном языке. Военно-профессиональное взаимодействие на иностранном языке в рамках проведения морских маневров, учений, международных морских салонов (конференций) или межнационального общения между экипажами и имеющейся

квалификации, является значимым и необходимым направлением для развития военно-политического и технического сотрудничества Российской Федерации с зарубежными странами. Поэтому развитие профессионально – ориентированной иноязычной компетенции (ПОИК) будущих специалистов ВМФ становятся обязательным компонентом в программах высшего образования и в нормативных

документах Министерства обороны РФ [10; 11].

В настоящее время развитие ПОИК осуществляется на всех уровнях военного образования, в том числе и в военно-морском институте ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия».

Анализ научной, методической, научно-педагогической литературы, а также собственный опыт обучения курсантов иностранному языку позволили сделать вывод о том, что ПОИК обучающихся в контексте высшего образования военно-морского вуза представляет собой способность и готовность будущего специалиста ВМФ применить совокупность компетенций (лингвистических, коммуникативных, социокультурных, информационно-аналитических, стратегических, самообразовательных и дискурсивных) для решения военно- профессиональных задач, межличностного общения в условиях интернационального экипажа или в объёме функциональных обязанностей. Данная формулировка позволяет конкретизировать учебный процесс и найти эффективные пути развития ПОИК будущего специалиста ВМФ.

Особенность подготовки курсантов в военно-морском институте, в частности, совмещение их обучения с выполнением служебных обязанностей, прохождением морской учебной практики, строгой регламентацией образовательной деятельности - определяет специфику овладения обучающимися иностранным языком. Поскольку основной массой курсантов являются юноши, то для организации учебного процесса целесообразно использовать различные подходы и методики с учётом гендерного подхода.

Согласно Т.В. Лариной, знание особенностей речевых отделов мозга мужчины, учёт гендерных и возрастных

различий в когнитивной и эмоциональной сферах помогает преподавателю иностранного языка выстраивать стратегию своей работы с мужской аудиторией, отбирать соответствующие методики обучения. Обучающимся мужского пола свойственны качественный подход к изучению учебного материала и синтетический подход, позволяющий обобщать на рациональной основе склонность к диалогово-дискуссионной деятельности, азартности. При обучении они отдают предпочтение схемам, графикам, опорным конспектам и др. У них высокая скорость концентрации внимания, особенно в критических ситуациях, более развиты математические способности, и они предпочитают практическую деятельность [2].

Таким образом, более эффективными средствами обучения ИЯ являются визуальные, помогающие курсантам сконцентрироваться на существенном и необходимом для их будущей военно- профессиональной деятельности.

С целью развития ПОИК курсантов при помощи опросника С.В. Ефремцева определен ведущий канал восприятия обучающихся с первого по пятый курс (см. рис. 1). Данный опрос выявил, что ведущий тип восприятия у большинства – аудиовизуальный, что подтверждает склонность курсантов к конкретно-образному мышлению и решению визуальных задач.

Учебный процесс в военно-морском институте подчинён в определённой степени алгоритмизации и клишированию. Поэтому, использование визуальных средств обучения (схем, рисунков, диаграмм, интеллект - карт, облаков слов и т.д.) является естественным инструментом для структурирования, визуализации и отработки профессионально-ориентированной лексики на иностранном языке в техническом институте.

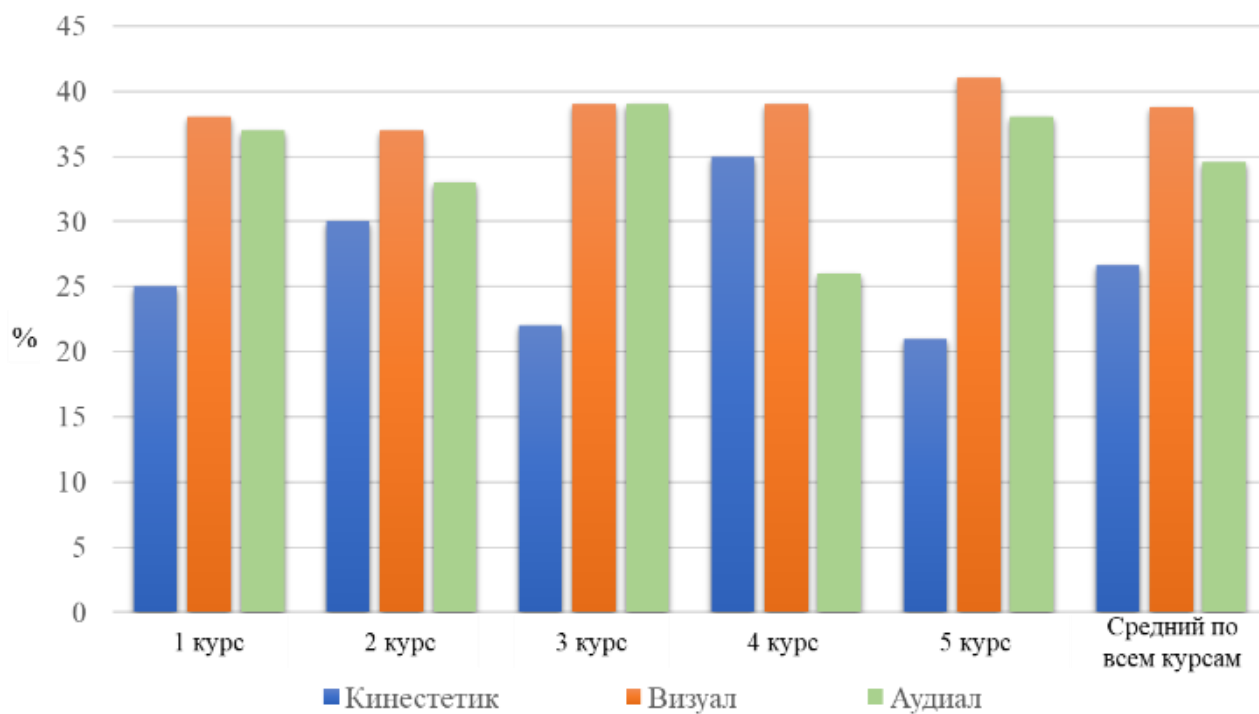


Рис. 1. Типы ведущей перцептивной модальности обучающихся

Но, эффективным средством визуализации учебного материала для развития ПОИК курсантов, как показал педагогический эксперимент, является проектирование образовательного видеоконтента на учебно-тренировочных комплексах (УТК) профилирующих кафедр совместно обучающимися и преподавателем, и дальнейшее использование этих видеоматериалов на практических занятиях. По совместно разработанному сценарию курсанты отрабатывали учебный материал (репетировали свои роли) на тренажёрах профилирующих кафедр, являясь главными героями данного фильма, демонстрируя (применяя) свои лексические единицы информации (ЛЕИ) в профессиональной деятельности и межличностном общении в объёме функциональных обязанностей. Далее видеоматериал применялся на практическом занятии с целью закрепления ЛЕИ и проверки эффективности новой методики развития ПОИК. Данный подход соответствовал личным профильно-ориентированным интересам и потребностям курсантов (задачи в рамках языковой подготовки),

что в свою очередь позволил в значительной степени развить ПОИК обучающихся. Сравнительный анализ полученных результатов за несколько лет обучения показал, что количество правильных ответов в экспериментальной группе после проведения среза оказалось выше, чем в контрольной на 14,37% (см. рис.2).

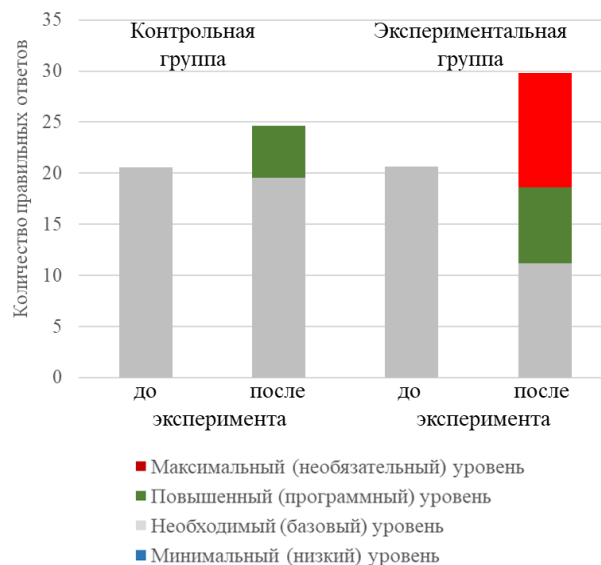


Рис. 2. Показатель среднего количества правильных ответов до и после эксперимента

Ежегодно прослеживался и рост мотивации у курсантов на занятиях по дисциплине «Иностранный язык» за счет

применения визуальных средств обучения, а именно проектирования образовательных видеоматериалов на УТК профилирующих кафедр. На примере 2024 года видно, что уровень мотивации в КГ вырос на 15%, а в ЭГ на 40%, что на 25% больше, чем в КГ. Такие изменения произошли вследствие акцентирования внимания курсантов экспериментальной

группы на усвоение ЛЕИ непосредственно на тренажерной базе, на основе совместной творческой деятельности, использования профессионально-ориентированного подхода с применением новой, интересной методики, требующей полного погружения в процессе проектирования видеофильма (см. табл. 1).

Таблица 1

Изменение уровня мотивации курсантов, принимающих участие в эксперименте

Показатель	2024 год			
	До эксперимента		После эксперимента	
	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ
Уровень мотивации	средн.	средн.	средн.	высок.
Уровень изменения мотивации, %	50	55	65	95
Изменение уровня мотивации по группам, %			15%	40%
Изменение уровня мотивации ЭГ относительно КГ после эксперимента, %			25%	

Следовательно, можно сделать вывод, что развитие ПОИК курсантов военного вуза обусловлено внедрением разработанной методики на основе проектирования визуальных средств обучения (образовательных видеофильмов), созданных совместно обучающимися и преподавателем на УТК профилирующих кафедр, учитывая ведущие каналы восприятия. Участие в совместной творческо-продуктивной деятельности

позволяет курсантам творить, создавать свой собственный продукт, что приводит к саморазвитию и личностному росту в процессе изучения ИЯ. Сам опыт совместной работы и приобретения новых знаний, и является важным результатом [3- 4], повышает мотивацию в неязыковом вузе, так как создаются условия максимально приближенные к реальным речевого (военно-профессионального) общения на иностранном языке.

Список литературы:

1. Лазарев, В. С. Творчество и инновационная деятельность учителя / В. С. Лазарев // Инновационные проекты и программы в образовании. – 2008. – № 2. – С. 24-30.
2. Ларина, Т.В. Повышение качества обучения курсантов военных вузов с учетом гендерного подхода / Т.В. Ларина, Н.А. Неровная, Е.А. Калгина // Мир науки, культуры, образования. – 2020. – № 3(82). – С. 252-254.
3. Шарухина, Т. Г. Творческо-продуктивные технологии обучения курсантов военных образовательных организаций высшего образования Росгвардии иноязычно-профессиональному нарративу / Т. Г. Шарухина // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. – 2024. – № 2(27). – С. 203-211.
4. Barton, K. C. Themes or motifs? Aiming for coherence through interdisciplinary outlines / K. C. Barton, L. A. Smith // Reading Teacher. – 2000. – Vol. 54, No. 1. – P. 54-63.
5. Образцов, П. И. Проектирование и конструирование профессионально-ориентированной технологии обучения : Учебно-методическое пособие / П. И. Образцов, А. И.

Ахулкова, О. Ф. Черниченко ; Под общ. ред. П.И. Образцова. – Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2003. – 94 с.

6. Аванесова, Т. П. Основные требования вузов к подготовке обучающихся к профессиональной деятельности / Т. П. Аванесова, Л. К. Груздева, Д. Ю. Груздев, М. В. Мефлех // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2021. – № 1(34). – С. 65-69.

Особенности обучения иностранных военнослужащих русскому языку с использованием дискурсного чтения

Features of teaching Russian to foreign military personnel using discourse reading

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к обучению русскому языку как иностранному в условиях военно-морского вуза, включается использование дискурс-ориентированного подхода, применяемого в рамках компетентностно-деятельностного, обосновывается внедрение в учебный процесс коммуникативной технологии обучения дискурсному чтению.

Abstract. The article examines modern approaches to teaching Russian as a foreign language in the conditions of a naval university, includes the use of a discourse-oriented approach applied within the framework of competence-based approach, justifies the introduction of a communicative technology of teaching discourse reading into the educational process.

Ключевые слова: русский язык как иностранный, иностранные военнослужащие, коммуникативная технология, дискурсное чтение.

Keywords: Russian as a foreign language, foreign military personnel, communication technology, discursive reading.

Обучение иностранных военнослужащих является специфическим педагогическим процессом, выполняющим помимо образовательной, воспитательную, развивающую, психологическую, а также научно – исследовательскую и прогностическую функции [1, с.79].

Учитывая специфику наших научно-методических интересов, мы проанализировали принципы и закономерности военной дидактики, поскольку без их учета профессионально ориентированное обучение русскому языку в условиях военного вуза не может быть эффективным [2, с.142]. Так, среди выделяющихся в рамках военной дидактики общих и частных закономерностей, при обучении иностранных военнослужащих ценными представляются:

1) ключевые внешние факторы процесса профессионального освоения русского языка среди зарубежных военных включают учет образовательных и культурологических запросов общества

в разных сферах – образовании, культуре, социально-экономическом развитии. Такое взаимодействие требует адаптации учебных материалов для занятий по русскому языку;

2) внутренняя система закономерностей обучения представляет собой взаимосвязь трех сторон: преподавания, процесса обучения и изучаемого материала. Особое внимание здесь сосредоточено на определении целей и структуре учебного содержания, методах работы с обучающимися, выборе инструментов обучения и форматах проведения занятий – все это напрямую влияет на качество и результативность образовательного процесса [2, с. 145].

3) Общие закономерности в организации учебного процесса сводятся к акценту на целеполагании, структурировании материала по тематике и глубине изучения, а также обеспечении высокого качества преподавания;

4) частные закономерности включают специфику работы с познавательными

способностями иностранных военнослужащих в процессе обучения русскому языку, учитывая их особенный статус и профессиональные потребности.

Основные закономерности сходны по своей сути с ключевыми принципами дискурс-ориентированного подхода, применяемого в рамках компетентностно-деятельностного.

Дискурс-ориентированный подход понимается как одна из основ закрепления иноязычного дискурса при обучении русскому языку. Поскольку главным в коммуникации является достижение коммуникативных целей, дискурс, в отличие от текста, является образцом реализации коммуникативных намерений в контексте конкретной ситуации, выраженной уместными языковыми и неязыковыми средствами [5].

Изучение работ, посвященных дискурс-ориентированному подходу к обучению иноязычному чтению позволило выделить ключевые аспекты: для успешного восприятия профессионально направленных текстов важна способность правильно интерпретировать социальные, культурные и исторические контексты возникновения текста, его распространения и функционирования внутри определенных сообществ. В этом случае чтение требует не только умений актуализировать собственную теоретическую базу знаний [4], но и адекватной оценки содержащейся в тексте информации. В рамках данного подхода особое внимание уделяется не просто чтению текста, но и глубокому погружению обучающихся в дискурс-среду конкретных временных отрезков, что предполагает понимание контекстуальной значимости текста на этапе его формирования внутри определенного дискурс-сообщества [3, с. 44].

Использование дискурс-ориентированного подхода в рамках компетентностно – деятельностного предполагает уделение особого внимания развитию речевой активности иностранных

военнослужащих, учету индивидуальных особенностей восприятия учебного материала и образовательной среды, а также акцентированию на контекстуальном подходе к обучению, значимости каждого компонента образовательного процесса.

Дискурсное чтение выделяется среди других видов чтения за счет всестороннего, точного и глубокого осмысления лексических единиц определенной тематики, что напрямую применяется в профессиональной деятельности иностранных военнослужащих. Особенность данного процесса заключается в органическом единстве понимания содержания текста и его контекстуальной связи. В процессе дискурсного чтения оказываются задействованы все устоявшиеся виды чтения, составляющие основу нового вида чтения [3, с. 89; 8, с.121]. Таким образом, преимуществом дискурсного чтения является:

- глубина понимания, как умение оценить изложенные факты и интерпретировать имплицитное значение текста;
- интеграция традиционных видов чтения;
- направленность на понимание прочитанного на уровне социально-культурно-исторического смысла;
- расширение возможностей формирования универсальных компетенций посредством использования дискурс-ориентированного подхода в рамках компетентностно-деятельностного.

Процесс обучения русскому языку с использованием дискурсного чтения также должен опираться на основы военной дидактики, в которой особый акцент делается на ценностно-мировоззренческом компоненте военной сферы:

- соответствие воздействий преподавателя характеру деятельности;
- стремление иностранных военнослужащих к приобретению знаний и умений;
- соразмерности действий

преподавателя в соответствии с задачами и содержания обучения, с одной стороны, а с другой – познавательным возможностям обучающихся.

Для преподавателя русского языка как иностранного в военном вузе важно учитывать особенности военного образования и наиболее эффективно организовывать образовательный процесс.

Следовательно, ориентиром иноязычного военного образования должен стать адаптированный учебный материал с учетом:

1) специфики языкового окружения в определенном социальном контексте;

2) создание визуальной и эмоциональной связи учащихся с культурой, обычаями и обществом страны изучаемого языка;

3) ориентации на аутентичные социокультурные элементы языковой среды, что позволит обеспечить комплексную подготовку к специфике русского языка как иностранного и его культурных особенностей.

Также ставится вопрос о том, как учебный материал связан с будущей профессией и какую пользу обучающиеся смогут из него извлечь.

Все вышеперечисленное, применительно к профессионально-ориентированному обучению, указывают на важность использования дискурсного чтения при изучении русского языка иностранными военнослужащими в русле будущей специальности.

Обучение иностранных военнослужащих в контексте когнитивно-ценностного потенциала дискурсного чтения может повысить эффективность обучения русскому языку. На первый план при обучении данному виду чтения выходят ответы на вопросы, направленные на проверку понимания прочитанного на

уровне социально-культурного и исторического смысла, выраженного сформированным макроконтэкстом [7, с.74].

В нашем случае представляет интерес качество последовательного усвоения содержания обучения, структурированного в рамках изучаемых тем. Преобладающей формой обучения является работа с текстовой информацией. Рецептивная деятельность предполагает аудирование сообщений и использование материалов для чтения, а продуктивная – устные и письменные работы различного характера.

Так, например, в ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» в соответствии с учебным планом, в рабочую программу по русскому языку как иностранному включены разделы: великие сыны России; мореплаватели, кораблестроители России; развитие науки и техники; основные черты текстов научного стиля речи; Россия и международная жизнь; Военно-морской флот в годы Великой Отечественной войны; история и традиции флота России.

Изучение вышеперечисленных тем создает благоприятные условия для обучения русскому языку с использованием дискурсного чтения, поскольку в работе с каждой последующей темой используется основная информация из предыдущей, накладывается на новую информацию, получаемую как на занятиях русского языка, так и на социально-экономических, гуманитарных дисциплинах, дисциплинах специализации – так формируется макроконтэкст, являющийся междисциплинарным проводником, который позволяет адекватно воспринимать любую информацию на русском языке. Формирование макроконтэкста отображено на Рисунке 1.



Рис.1 – Формирование макроконтекста при обучении иностранных военнослужащих

Не имея точных рамок, макроконтекст позволяет адекватно понять фразу или фрагмент текста, когда ближайшее окружение слов не разрешает всех вариантов интерпретации, а также для коррекции первичного восприятия.

Таким образом мы определили, что макроконтекст становится ведущим показателем профессиональной ценности дискурсного чтения, которое характеризуется единством прочтения текста и контекста. Считаем целесообразным представить обучение дискурсному чтению технологией извлечения из текста информации – формированием макроконтекста как совокупности накопленных знаний. Данная технология – один из способов управления дидактическим процессом. Поскольку использование дискурсного чтения способствует формированию коммуникативных знаний и умений в учебно-профессиональной сфере, ее лингводидактическая ценность в аспекте военной дидактики состоит в том, что она направлена на формирование умений, адекватно отображающих объективную действительность, связанную с военной сферой.

Учебная программа по русскому языку как иностранному и тематический план изучения дисциплины русский язык как иностранный разработаны с соблюдением принципа междисциплинарных связей, которые,

безусловно, оказывают положительное влияние на мотивацию иностранных военнослужащих при изучении предметов гуманитарного и специального цикла, так как превращают их обучение в профессионально значимую деятельность.

Цель обучения русскому языку как иностранному реализуется в процессе учебно-коммуникативной деятельности. После окончания обучения иностранные военнослужащие должны достигнуть необходимого уровня практического владения языком, который позволит им подтвердить свои знания на выпускном экзамене для военно-технических кадров иностранных государств в военных образовательных организациях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации [6].

Для контроля знаний обучающихся используются тесты, содержащие требования сертификационных уровней, которые включают в себя проверку знаний на владение такими речевыми аспектами как: лексика / грамматика; письмо; говорение; аудирование; чтение.

Обучение иностранных военнослужащих русскому языку с использованием дискурсного чтения содействует пониманию профессионально направленного текста, поскольку содержит ситуативно-познавательные и эмоционально-

оценочные категории текста в их контексте.

Лингводидактическая ценность обучения иностранных военнослужащих русскому языку с использованием дискурсного чтения состоит в том, что предлагаемый вид чтения отличается как по целевой установке, так и по характеру протекания процесса.

Осмысление контекста после чтения тематически связанных текстов, его обсуждение на основе полученной информации позволит глубже понять прочитанное, в то время как полнота и точность будут достигаться с помощью уже устоявшихся видов чтения [7, с.72].

Место использования дискурсного чтения при обучении русскому языку отражено на Рисунке 2.

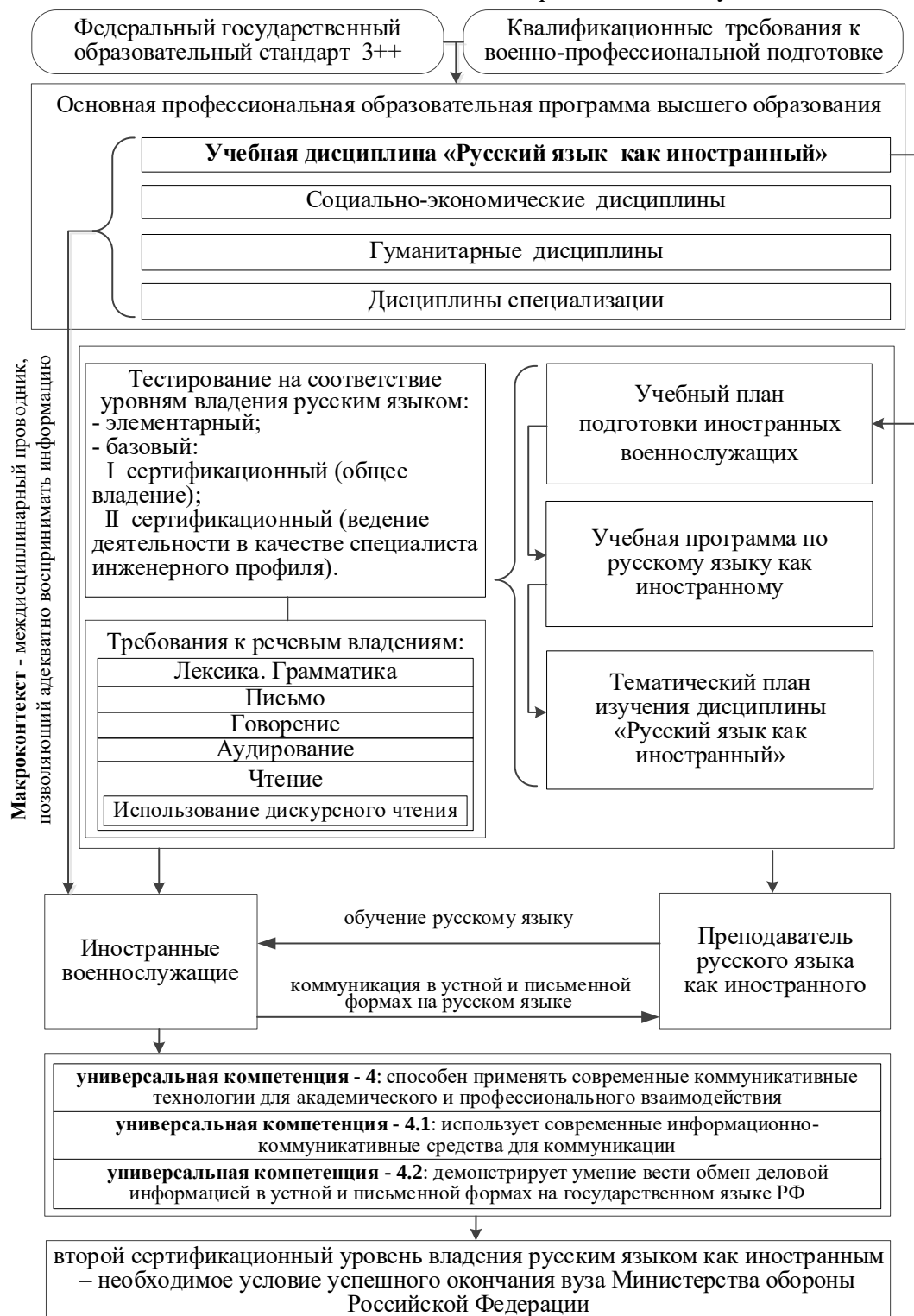


Рис. 2 – Место использования дискурсного чтения при обучении русскому языку иностранных военнослужащих

Выводы.

Таким образом, считаем, что процесс обучения русскому языку с использованием дискурсного чтения позволяет учитывать профессиональные потребности иностранных военнослужащих.

Предполагается, что полученные умения повысят эффективность обучения при формировании универсальных компетенций для получения

иностранными военнослужащими второго сертификационного уровня владения русским языком – необходимого условия успешного окончания вуза Министерства обороны Российской Федерации. Формируемые умения дискурсного чтения могут быть представлены как интегративная часть обучения чтению в рамках учебного плана.

Список литературы:

1. Алехин, И.А. Системный анализ развития процесса профессиональной подготовки иностранных военнослужащих в российских военных вузах // Право и образование. – 2007. – №2. – С.74-81.
2. Алехин, И.А. Военная педагогика: учебник для вузов / И.А. Алехин (и др.); под общей редакцией И.А. Алехина. – М.: Издательство Юрайт. – 2024. – 414 с.
3. Баграмова, Н.В. Обучение чтению на иностранном языке в современном университете: теория и практика // монография / под ред. Н.В. Баграмовой, Н.В. Смирновой, И.Ю. Щемелевой. – М.: Юрайт, 2023. – 186 с.
4. Браузскене, Е.М. Дискурсный подход в преподавании иностранного языка в неязыковом вузе [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/289147>.
5. Кибрик, А.А., Паршин П.Б. Дискурс [Электронный ресурс] // Онлайн энциклопедия «Кругосвет». – Режим доступа: <https://www.krugosvet.ru>.
6. Распоряжения Правительства РФ от 1.04.2010 г. №492-р, от 24.11.2014 г. №2350-р, от 06.09.1998 г. №1056, от 15.12.2016 г. №2696-рс, «Методические рекомендации по организации подготовки и обучения военных и военно-технических кадров иностранных государств в воинских частях и военных образовательных организациях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации», утвержденных статс-секретарем – заместителем Министра обороны Российской Федерации от 22 февраля 2019 года. М.: 2019. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [//base.garant.ru](http://base.garant.ru).
7. Савиных, Н.В. Макроконтекст как средство формирования у иностранных военнослужащих универсальной компетенции – показателя владения русским языком / Русский язык как иностранный: современные подходы и технологии преподавания: материалы III межвузовской научно-практической конференции 29 ноября 2022 года. ВУНЦ ВМФ «ВМА», СПб., 2022. – с.72-75.
8. Фоломкина Обучение чтению на иностранном языке в неязыковом вузе. – Минск: Высшая школа, 2005. – 255с.

Методическое обеспечение подготовки операторов FPV дронов с учётом проведения СВО на Украине

Engineering support experience of the Black Sea Navy during the Great Patriotic War

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы методического обеспечения подготовки операторов FPV дронов с учетом опыта применения FPV систем в ходе СВО на Украине.

Abstract. The article deals with the experience of using FPV in combat missions and combat support tasks, taking into account the experience SVO on the territory of the Ukraine. The model and methodology for designing FPV systems for specific tactical tasks are suggested.

Ключевые слова: БПЛА, FPV системы, тактические задачи, методическое обеспечение, обучающая программа и её компоненты, цели, задачи обучения и продолжительность обучения, требования к подготовке операторов FPV дронов.

Key words: UAV (an unmanned aerial vehicle), FPV systems, tactical tasks, the design FPV systems.

Современные локальные войны и военные конфликты все чаще включают использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и в частности FPV систем (сокр. с англ., First Person View - «вид от первого лица») для выполнения, как задач боевого обеспечения, так и решения непосредственно боевых задач.

FPV дроны - это квадрокоптеры или мультироторные беспилотные летательные аппараты, оснащенные камерой и передающие видео в реальном времени на устройство пилота. Актуальность данной системы состоит в том, что она работает на других частотах относительно классических БПЛА, что усложняет перехват и подавление ее противником.

Ставшие уже привычными в войсках антидроновые ружья в отношении FPV систем малоэффективны. Аналоговый сигнал от видеокamеры более устойчив к искусственным помехам, а высокая скорость полетов, (благодаря малому весу и большому выбору заменяемых моторов и различных компонентов, они могут развивать скорость в среднем от 100 до

350 км/ч., что также способствует оперативному решению различных задач.

Применение FPV дронов на поле боя обеспечивает существенное сокращение цикла боевого управления «обнаружил – поразил», повышение эффективности артиллерийского и минометного огня, а также снижение риска потери военнослужащих войсковой разведки и штурмовых групп.



Рис. 1. FPV-дрон "Люттик-Камикадзе"

Управление FPV дронами в специальных очках с экранами, особенно на большой скорости, делает их применение еще более эффективным. Так как FPV дроны представляют собой многовариантный конструктор, они обеспечивают возможность сборки разных вариантов для решения конкретных задач.

Например, легкий дрон, может предназначаться для скоростной разведки местности на глубину 4 – 5 километров и поиска раненых; дрон с аккумулятором большего объема - для дальних полетов; обладающий большой грузоподъемной силой - для поражения техники и живой силы противника.

Возможность ремонта на позиции обученными военнослужащими и их дешевизна (стоимость средне – статистических FPV-дронов, не превышает 30–50 тыс. рублей) также свидетельствует в пользу их массового применения.

Таким образом, тема FPV системы военного назначения является актуальной и требует глубокого изучения, как с технической точки зрения, так и с точки зрения методического обеспечения их эффективного применения.

Вместе с тем, комплексные исследования посвящённые конструированию, подготовке операторов (пилотов) и применению FPV систем в боевых условиях в настоящее время отсутствуют.

Предлагаемая статья посвящена методическому обеспечению подготовки операторов FPV систем содержит рекомендации по обеспечению качественной подготовки FPV дронов в этой связи в определённой степени восполняет этот пробел.

Впервые FPV системы начали использоваться около десяти лет назад. Первоначально они применялись при проведении различных зрелищных мероприятий, в ходе которых устраивались соревнования пилотов дронов.

В последующем FPV системы стали находить всё более широкое применение в различных областях народного хозяйства.

Первый опыт применения FPV дронов в интересах решения боевых задач, а также задач боевого обеспечения можно отнести к началу СВО на Украине.

В соответствии с информацией, полученной из открытых источников,

10 марта 2022 года в одной из лесопосадок в зоне специальной военной операции случилось происшествие, слухи о котором вместе с короткими видеороликами быстро распространились в рядах ВСУ. Район расположения украинского подразделения атаковали необычные дроны, которые издавали сильный шум, перемещались с большой скоростью и при этом наносили высокоточные удары по живой силе и военной технике.

В результате этой атаки за считанные минуты было уничтожено несколько огневых точек, опорный пункт был взят под контроль.

Одним из значимых примеров использования FPV дронов Вооруженными силами РФ стал случай освобождения мариупольского завода «Азовсталь». В процессе этой операции FPV дроны играли ключевую роль в обеспечении оперативной информацией о положении и действиях противника. FPV дроны помогали выявлять маршруты передвижения украинских военнослужащих, определять местоположение боевой техники и личного состава, в том числе снайперских позиций.

В последующем FPV дроны применялись во всё возрастающем масштабе и использовались для выполнения широкого круга военно-прикладных задач как ВС РФ, так и вооруженными силами украинского режима.

К основным из них следует отнести такие как:

1. Сбор разведывательной информации:
 - инженерная разведка местности;
 - определение огневых и стартовых позиций артиллерии и опорных пунктов общевойсковых подразделений в районах сосредоточения и на марше;
2. Предоставление оперативной информации:
 - передача видеoinформации в режиме реального времени;
 - обеспечение координации между подразделениями.

3. Применение FPV для корректировки ударов авиации и огня артиллерии:

4. Информационное обеспечение ведения боевых действий:

- обнаружение и уничтожение скрытых и подвижных целей;
- участие в огневой поддержке наступающих подразделений;
- мониторинг боевых действий и оценка эффективности.

5. Техническая поддержка с использованием FPV дронов:

- работы по минированию и разминированию местности;
- обнаружение и уничтожение взрывоопасных предметов;

6. Поисково-спасательные операции:

- определение местонахождения раненых и пострадавших;
- поддержка операций по эвакуации и медицинскому обслуживанию.

В настоящее время, по свидетельству военных экспертов, с применением FPV систем решается от 40 до 50 % всех разведывательно-боевых задач.

Таким образом, применение FPV систем в ходе специальной военной операции на территории Украины изначально имевшее ограниченное значение, со временем превратилось в неотъемлемую составную часть современного общевойскового боя.

В связи постоянным увеличением масштабов применения FPV систем в ходе боевых действий, наряду с разработкой модели и методики конструирования дронов и способов их боевого применения, особую актуальность приобретает обеспечение массовой, и в тоже время качественной подготовки операторов, способных эффективно применять такие системы в ходе боя.

На сегодняшний день, как показал анализ подготовки и применения FPV дронов в ходе боевых действий в ВС РФ на территории Украины система массовой подготовки операторов дронов находится только на этапе становления.

Дело в том, что до настоящего времени обучением операторов FPV дронов занимались только гражданские организации, которые обучали операторов для нужд СВО на добровольных началах, а финансирование велось в основном частными лицами.

Вместе с тем, операторы FPV дронов уже сегодня востребованы в массовом количестве и указанные подходы не удовлетворяют требованиям времени.

Более того, управление подобными БПЛА требует определенного таланта и длительного обучения. Дело в том, что автопилот на них, как известно, отсутствует, и в этой связи ответственность за управление дроном на всём маршруте полёта целиком лежит на операторе.

Особые требования к кандидатам на обучение в качестве операторов предъявляются и к состоянию их здоровья. К обучению могут быть допущены только лица прошедшие медицинские и психологические обследования. Данное требование обусловлено тем, что в ходе полетов на FPV у некоторых операторов наблюдались симптомы головокружения и тошноты, которые могли привести к падению и получению травмы, а также поломке оборудования. Кроме того, психологическое состояние операторов FPV также влияет на качество обучения и выполнение боевых задач. В этой связи, в интересах обеспечения качественной подготовки операторов FPV дронов к выполнению боевых задач и обеспечения безопасности полетов необходимо допускать только кандидатов не имеющих противопоказаний по результатам тестирования симптомов психологических расстройств. Кандидаты на обучение, имеющие медицинские противопоказания или другие отклонения от нормального поведения, к обучению не допускаются.

Таким образом, отбор кандидатов и их последующее обучение является сложной многокомпонентной задачей и требует комплексного подхода.

В последующем, в большей степени, мы остановимся на вопросах методического обеспечения подготовки операторов FPV систем.

Обобщение и анализ опыта подготовки операторов FPV систем в период проведения СВО на Украине показал, что во всех случаях такая подготовка включала такие блоки как: изучение основных компонентов FPV систем их функций и принципов работы; порядка подготовки систем к работе; обеспечение безопасности и правил использования; основ управления дроном в различных условиях боевой обстановки; практических упражнений и тренировок в управлении дроном; разведывательной подготовки; военной топографии; обучение законодательным и этическим аспектам использования FPV систем.

Таким образом, исходя из полученного опыта, можно обоснованно рекомендовать включение в программу подготовки операторов дронов следующих тем:

1. Введение в FPV системы: описание основных компонентов FPV системы, их функции и принципы работы.

2. Безопасность и правила использования: обучение правилам безопасности при использовании FPV систем, включая ограничения по высоте и расстоянию, зоны запрета полетов и другие регулятивные меры.

3. Подготовка к полету: обучение процедурам предполетной подготовки, включая проверку батарей, настройку радиоуправления, проверку оборудования и другие необходимые мероприятия.

4. Устранение неполадок и обслуживание: обучение процедурам устранения неполадок, диагностики и обслуживания FPV системы, включая замену компонентов, обновление программного обеспечения и другие технические аспекты.

5. Настройка и калибровка FPV системы: обучение процедурам настройки и калибровки FPV системы, включая

настройку видеопередачи, настройку камеры и видеоочков, настройку передатчика и приемника сигнала.

6. Режимы полета и функции FPV системы: обучение различным режимам полета и функциям FPV системы, включая автоматический возврат, точное позиционирование, трекинг объектов и другие дополнительные возможности.

7. Основы управления дроном: обучение основным принципам управления дроном, включая управление полетом, навигацию, стабилизацию и маневрирование.

8. Практические упражнения и тренировки: проведение практических упражнений и тренировок для закрепления полученных знаний и навыков управления дроном.

9. Законодательные и этические аспекты: обучение законодательным и этическим аспектам использования FPV систем, включая соблюдение правил полетов, защиту частной жизни и соблюдение авторских прав.

10. Военная топография: приёмы и способы ориентирования на местности, определение координат целей и объектов и порядок целеуказания.

11. Разведывательная подготовка: характерные разведывательные признаки целей и объектов, наиболее уязвимые места для нанесения ударов.

12. Типовые боевые подвесы, их предназначение, порядок крепления на дроне и меры безопасности при работе с ними.

Обучающая программа может включать в себя в качестве основных такие виды занятий как лекции, групповые и практические занятия. При этом проведение групповых и практических занятий на начальном этапе целесообразно проводить с использованием макетов и симуляторов, а в последующем и реальной материальной части FPV систем.

В интересах обеспечения качественной подготовки операторов FPV систем могут

быть определены следующие задачи обучения:

- освоение устройства и системы управления современных FPV дронов с формированием навыков по самостоятельной сборке и оснащения FPV дрона в зависимости от цели применения;

- привитие обучаемым навыков пилотирования FPV дронов в условиях, близких к условиям выполнения боевых задач в зоне СВО;

- изучение и освоение вариантов применения FPV дронов в боевых условиях показавших высокую эффективность;

- формирование способности самостоятельного выбора рационального способа выполнения поставленных задач и высоких морально-психологических качеств операторов, обеспечивающих безусловное выполнение боевых задач.

В результате успешного завершения курса подготовки обучаемый должен обладать следующими знаниями умениями и навыками:

- знать тактико-технические характеристики дронов в разных комплектациях, принципы и условия их работы;

- основные способы боевого применения дрона и порядок выполнения боевых задач;

- порядок планирования и построения маршрута полета;

- проведения предполетной подготовки, выбора средств поражения, в зависимости от планируемой цели;

- знать характеристики средств поражения и меры безопасности при обращении с этими средствами;

- порядок проведения технического обслуживания квадрокоптера после выполнения полета и устранения неисправностей в полевых условиях;

- уметь правильно использовать органы управления дронов;

- оценивать техническое состояние FPV дрона и его готовность к боевому применению;

- проводить анализ метеорологической обстановки и возможных помех полёту аппарата;

- осуществлять подготовку средств поражения к боевому применению;

- распознавать угрозы БПЛА в полете и принимать меры обеспечения его безопасности;

- осуществлять запуск дрона, дистанционно управлять им и контролировать параметры полёта;

- проводить техническое обслуживание квадрокоптера после выполнения полета и устранять неисправности;

- владеть навыками дистанционного управления FPV дронами в различных режимах полета и условиях обстановки;

- оценки обстановки в полосе (районе) боевого применения;

- поиска и обнаружения объектов(целей) противника для их поражения;

- выбора и маскировки позиции с которой осуществляется запуск и управление дроном;

- чтения карт и ориентирования на местности;

- распознавания объектов противника в интересах применения по ним средств поражения;

- работы на средствах связи.

Полученный опыт проведения занятий по обучению операторов БПЛА позволил определить, что в интересах более качественной их подготовки целесообразно иметь в учебных группах не более 10 человек. При этом и на каждую группу целесообразно назначать своего преподавателя (инструктора). Занятия следует проводить первоначально в специализированных учебно-методических классах, оборудованных необходимой материальной базой, а затем в полевых условиях.

Целесообразная продолжительность обучения при этом может составлять не менее 80 часов. Учебный день до 6 часов, учебный час - 45 минут.

Весь процесс подготовки операторов FPV дронов целесообразно разделить на два этапа - теоретический на основе использования специализированных классов и тренажёрной базы и практический на основе полевой учебно-материальной базы, завершающий из которых должен

заканчивается проведением итоговой аттестации в форме зачета. (Рис. 2)

Занятия первого этапа имеют целью формирование Место для уравнивания. ие знаний и умений будущих операторов, на втором этапе формируются навыки практической боевой работы.

Процесс подготовки операторов FPV дронов	
1 этап Теоретическая подготовка в объёме 60 часов с использованием специализированных классов и тренажёрной базы. При этом 25 часов из них отводится на изучение теоретических вопросов. В конце цикла теоретических занятий проводится контрольная работа для проверки качества усвоения материала. После прохождения программы подготовки на симуляторе в объёме 35 часов проводится контрольное занятие для проверки навыков управления, в случае неудовлетворительной оценки обучаемый не допускается к практической части обучения.	2 этап Практическая подготовка в объёме 20 часов на полевой учебно-материальной базе. При этом весь объём учебного времени, за исключением времени отводимого на проведение итогового зачёта используется на формирование практических навыков боевой работы. Занятия проводятся на полигонах с отработкой различных ситуаций основанных на реальных вариантах применения FPV дронов в боевых условиях, с использованием имитации реальных средств поражения, их крепления на дроне и выполнения боевых задач. В завершение программы обучения проводится зачет для оценки усвоенной программы обучения.

Рис. 2 – Распределение учебного времени по этапам обучения

Как показал анализ опыта практической деятельности по организации обеспечения качественной подготовки операторов FPV дронов в интересах ВС РФ, предложенные подходы способствовали успешному достижению целей обучения.

В этой связи, материалы статьи могут быть использованы при организации массовой и подготовки операторов FPV дронов в военных учебных заведениях ВС РФ и учебных центрах различного уровня.

Список литературы:

1. Бодрова А.С., Безденежных С.И. // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами: конф. г. Коломна, 2016. 274 с. С. 106-113.
2. Беспилотные летательные аппараты. //Справочное пособие. Воронеж. Издательство Полиграфический центр «Научная книга», 2015. 616 с.
3. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. // Н.Я. Василин. Минск. «Попурри», 2003. 272 с. ISBN: 9854389839.26
4. Бауэрс П. Летательные аппараты нетрадиционных схем. // Бауэрс П. М.: Мир, 2016. 320 с. С. 130-131.

5. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современно состояние // В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р.А. Красноперов; под ред. В.С. Фетисова –Уфа: ФОТОН, 2014. ил.;
6. Щербаков Д. А. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в ВС РФ. Москва:, 220 с 2022.
7. Фетисов В.С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние: монография. Москва:, 250 с. 2020.
8. В.А. Крамарь. Беспилотные летательные аппараты, их электромагнитная стойкость и математические модели систем стабилизации: монография. Москва: 180 с 2021.
9. Военное Обозрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://topwar.ru/114967-turciya-uspeshno-ispytala-novyuy-bpla-anka-s.html>;
10. MQ-8B Fire Scout // Авиационная энциклопедия. Уголок неба. –Режим доступа: <http://www.airwar.ru/enc/bpla/mq8b.html>;
11. ТОП10 лучших боевых дронов в мире. Часть III // Яндекс.Дзен –Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/vooruzhenie/top10-luchshih-boevyh-dronov-v-mire-chast-iii-5d1d99937fbb2000ae39d192>;
12. Россия запустила серийное производство нового беспилотника "Орион"// Яндекс.Дзен – Режим доступа <https://zen.yandex.ru/media/vooruzhenie/rossiia-zapustila-seriinoe-proizvodstvo-novogo-bespilotnika-orion-5d7b74633f548700ae87ccc8>;
13. Военное Обозрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://topwar.ru/174560-perspektivnye-bpla-sirius-i-gelios.html>;
14. MIL.PRESS Военное [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://военное.рф/2019/ФорумАрмия47/>;

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Аитов Ренат Наильевич , кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации e-mail: reshka462@mail.ru	Aitov Renat Nailevich , Candidate of technical sciences, Federal State Budgetary military institution of Higher education Military-space academy of a name A.F. Mozhayskogo Ministry of defense of the Russian Federation e-mail: reshka462@mail.ru
Александров Сергей Валентинович , кандидат технических наук, преподаватель 4 кафедры (тепло- и электрообеспечения специальных технических систем и объектов), ВИ(ИТ) ВА МТО e-mail: a9627071917@yandex.ru	Aleksandrov Sergey Valentinovich , candidate of technical sciences, teacher of 4 departments (heat and electricity supply of special technical systems and facilities), MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: a9627071917@yandex.ru
Алмосов Александр Сергеевич , кандидат технических наук, доцент Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО	Almosov Alexander Sergeevich , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Military Institute (Engineering and Technical) of The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics
Блинов Андрей Викторович , старший преподаватель кафедры физической подготовки ВИ(ИТ)	Blinov Andrey Viktorovich , Senior Lecturer at the Department of Physical Training in MI(E)
Борисов Алексей Александрович , кандидат технических наук профессор, начальник кафедры физической подготовки, ВИ(ИТ) ВА МТО	Borisov Aleksey V. , candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physical Training, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics
Джавакян Вера Александровна , Кандидат филологических наук, Военный институт (военно-морской) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» имени Н. Г. Кузнецова) e-mail: dzhavakyan@mail.ru	Dzhavakyan Vera Aleksandrovna , Candidate of Philological Sciences, Naval Institute, Military educational and scientific center "Naval Academy" named after N.G. Kuznetsov e-mail: dzhavakyan@mail.ru
Дружков Алексей Андреевич , кандидат технических наук, Военный университет радиоэлектроники, e-mail: drugkovaa@yandex.ru	Druzhkov Alexey Andreevich , researcher, Ph.D, Military university of radioelectronics, e-mail: drugkovaa@yandex.ru
Ермошин Николай Алексеевич , доктор военных наук, профессор, профессор кафедры автодорожной службы Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В.Хрулева.	Ermoshin Nikolay Alekseevich , Doctor of Military Sciences, Professor, Professor of the Department of Road Service of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V.Khrulev.
Ещенко Андрей Николаевич , адъютант, ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва» e-mail: 79112426982@yandex.ru	Yeshchenko Andrey Nikolaevich , post graduate student, The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: 79112426982@yandex.ru
Загруднинов Юрий Александрович , кандидат технических наук, старший преподаватель, Военно-космическая академия им. А.Ф.Можайского. e-mail: yurazagrutdinov@yandex.ru	Zagrutdinov Yuriy Aleksandrovich , Candidate of technical sciences, Senior lecturer, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky e-mail: yurazagrutdinov@yandex.ru
Игнатчик Виктор Сергеевич , доктор технических наук, профессор кафедры систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры, ВИ(ИТ) ВА МТО. e-mail: Ign73@mail.ru	Ignatchik Viktor S. , doctor of technical Sciences, professor, professor of the Environmental support systems department, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics. e-mail: Ign73@mail.ru
Калужный Александр Федорович , кандидат военных наук доцент, заместитель начальника	Kalyuzhny Alexander Fedorovich , Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Deputy Head

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
кафедры тактики и общевойсковых дисциплин Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва	of the Department of Tactics and General Military Disciplines of the Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev
Карасёв Сергей Юрьевич , кандидат технических наук, преподаватель, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского e-mail: karas0428205@mail.ru	Karasev Sergey Yurievich , candidate of technical sciences, lecturer, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky e-mail: karas0428205@mail.ru
Кириллова Екатерина Сергеевна , Военный институт (военно-морской) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» e-mail: k.kirillova02@yandex.ru	Kirillova Ekaterina Sergeevna , Naval Institute of the Military Educational-and-Research Center “Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov”, Saint Petersburg e-mail: k.kirillova02@yandex.ru
Колесник Иван Владимирович , кандидат технических наук. e-mail: ivanelectric12@gmail.com	Kolesnik Ivan Vladimirovich , Candidate of Technical Sciences. e-mail: ivanelectric12@gmail.com
Коликов Иван Владимирович , научный сотрудник, ФГКУ ВО «Военный ордена Жукова университет радиотехники» МО РФ e-mail: ivankow90@mail.ru	Kolikov Ivan V. , researcher, Federal State Institution of Higher Education "Military Order of Zhukov University of Radio Electronics" of the Ministry of Defense of the Russian Federation e-mail: ivankow90@mail.ru
Коновалов Владимир Борисович , доктор экономических наук, профессор, Начальник Штаба материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации e-mail: vlad.conovalow@yandex.ru	Konovalev Vladimir B. , doctor of economics, professor, Chief of Staff of Logistics of the Armed Forces of the Russian Federation e-mail: vlad.conovalow@yandex.ru
Кострикин Николай Александрович , Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО	Kostrikin Nikolay Alexandrovich , Military Institute (Engineering) Military Academy of Logistics
Крисковец Татьяна Николаевна , доктор педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой, ВИ(ИТ) ВА МТО e-mail: tnkris@mail.ru	Kriskovets Tatiana Nikolaevna , Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: tnkris@mail.ru
Куканов Сергей Анатольевич , кандидат педагогических наук, доцент, Филиал федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации в городе Пенза e-mail: Kuk_@mail.ru.	Kukanov Sergey Anatolyevich , Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Branch of the Federal State state-owned Military Educational Institution of Higher Education "Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev" of the Ministry of Defense of the Russian Federation in Penza e-mail: Kuk_@mail.ru.
Лагодзинский Тарас Иванович , кандидат военных наук, доцент Военная академия материально-технического обеспечения	Taras Ivanovich Lagodzinsky , Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Military Academy of Logistics
Ладышкин Григорий Сергеевич , кандидат технических наук, преподаватель 41-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского e-mail: grega.89@yandex.ru	Ladyshkin Grigory Sergeevich , Candidate of Technical Sciences, Lecturer of the 41st Department of the Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky e-mail: grega.89@yandex.ru
Левчина Ирина Борисовна , кандидат филологических наук, доцент, Военный институт (военно-морской) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» имени Н.Г.Кузнецова)	Levchina Irina Borisovna , Candidate of Philological Sciences, Naval Institute, Military educational and scientific center "Naval Academy" named after N.G. Kuznetsov e-mail: levch-irina@yandex.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
e-mail: levc-irina@yandex.ru	
Миргородский Александр Николаевич , кандидат технических наук; старший преподаватель 43-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского; e-mail: mirgorodsky@km.ru	Mirgorodsky Alexander Nikolaevich , Candidate of Technical Sciences; Senior Lecturer of the 43rd Department of the Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky; e-mail: mirgorodsky@km.ru
Никифоров Владимир Александрович , ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» e-mail: nva.474@yandex.ru	Nikiforov Vladimir Alexandrovich , Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky e-mail: nva.474@yandex.ru
Петров Дмитрий Константинович , 1428 Главный центр материально-технического обеспечения Воздушно-космических сил e-mail: mskpetrov91@mail.ru	Dmitry Konstantinovich Petrov , 1428 Main Logistics Center of the Aerospace Forces e-mail: mskpetrov91@mail.ru
Петрушин Игорь Евгеньевич , кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации e-mail: igor_petrostroy7@mail.ru	Igor E. Petrushin , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education "Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky" of the Ministry of Defense of the Russian Federation e-mail: igor_petrostroy7@mail.ru
Плотников Владимир Анатольевич , кандидат технических наук, доцент кафедры (управления техническим обеспечением войск национальной гвардии) ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва» e-mail: vladimir555_85@mail.ru	Plotnikov Vladimir Anatolyevich , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department (Technical Support Management of the National Guard Troops) of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev
Попов Александр Владимирович , кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры применения автомобильных подразделений, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения e-mail: apopov53@bk.ru	Popov Alexander V. , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, associate Professor of the Department of Application of Automotive Units, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: apopov53@bk.ru
Пудиков Вячеслав Валентинович , кандидат технических наук, доцент кафедры, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского e-mail: pudikov1@mail.ru	Pudikov Vyacheslav Valentinovich , Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department, A.F.Mozhaisky Military Space Academy e-mail: pudikov1@mail.ru
Сажин Кирилл Андреевич , адъюнкт, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.	Sazhin Kirill Andreevich , postgraduate student, Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev.
Савиных Наталья Викторовна , преподаватель, ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» имени адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова, Россия e-mail: natali.saviniikh@yandex.ru	Savinykh Natalia Viktorovna , lecturer, Military Educational-and-Research Centre «Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov», Russia e-mail: natali.saviniikh@yandex.ru
Сайданов Виктор Олегович , доктор технических наук, профессор, профессор 4 кафедры, Военный институт (железнодорожных войск и военных сообщений) ВА МТО e-mail: saidanov_viktor@mail.ru	Saidanov Victor Olegovich , Doctor of Technical Sciences, professor, Professor 4 departments, military institute (railway troops and military communications) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: saidanov_viktor@mail.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Саркисов Сергей Владимирович , доктор технических наук, начальник кафедры, ВИ(ИТ) Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева e-mail: ser-sark@yandex.ru	Sarkisov Sergey V. , head of the department MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: ser-sark@yandex.ru
Сенюкович Михаил Александрович , преподаватель, ВИ(ИТ) Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева	Senukovich Michail A. , lecturer, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics
Стремоухов Евгений Михайлович , курсант, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва	Stremoukhov Evgeny Mikhailovich , cadet, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev
Суздальцев Павел Сергеевич , Филиал федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации в городе Пенза e-mail: Suzdal.1990@bk.ru	Pavel Sergeevich Suzdaltsev , Branch of the Federal State state-owned Military Educational Institution of Higher Education "Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev" of the Ministry of Defense of the Russian Federation in Penza e-mail: Suzdal.1990@bk.ru
Третьяков Юрий Александрович , доктор военных наук профессор, преподаватель кафедры тактики и общевоенных дисциплин, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, e-mail: y.a.tretyakov@yandex.ru	Tretyakov Yriy A. , Doctor of Military Sciences professor, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, professor of the Department, e-mail: y.a.tretyakov@yandex.ru
Фаттахова Наталья Анатольевна , старший преподаватель, Военно-морской политехнический институт Военный учебно-научный центр ВМФ «Военно-морская академия» имени Н.Г. Кузнецова e-mail: fatta-nata@yandex.ru	Fattakhova Natalya Anatolyevna , senior lecturer, Naval Polytechnic Institute, Military Educational and Scientific Center “Naval Academy” named after N.G. Kuznetsov e-mail: fatta-nata@yandex.ru
Федоренко Андрей Владимирович , кандидат военных наук, заместитель начальника кафедры, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского e-mail: favspb@mail.ru	Fedorenko Andrey Vladimirovich , candidate of military sciences, deputy head of the department, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky e-mail: favspb@mail.ru