

Издается с ноября 2016 года
«ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР»
 Научный журнал
 №1(27) 2023 год

Содержание журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» № 1 (27)		Contents of the journal “MILITARY ENGINEER” № 1 (27)
Содержание	1	Contents
Редакционная коллегия	3	Editorial Board
Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения	4	Design, construction and reconstruction of military facilities
Сухарь Г.А., Белов О.Е.	4	Suchar G.A., Belov O.E.
Вопросы применения кабелей среднего напряжения из различных изоляционных материалов		Issues of the use of medium-voltage cables made of various insulating materials in the interests
Зубарь А.В., Кайков К.В.	8	Zubar A.V., Kaykov K.V.
Методика размещения и определения количества оптико-электронных каналов наблюдения при создании кругового измерительного пространства для образца вооружения		Technique for placing and determining the number of optical-electronic observation channels when creating a circular measuring space for a weapon model
Кулагин А.В.	17	Kulagin A.V.
Ионообменные смолы: практика применения в Вооруженных Силах		Ion exchange resins: the practice of application in the Armed Forces
Мамаева Н.А., Симак Р.С., Симак Н.Ю., Головский В.С., Николаев Е.С.	26	Mamaeva N.A., Simak R.S., Simak N.Yu., Golavsky V.S., Nikolaev E.S.
Цифровизация процессов обеспечения мебелью, инвентарем и вспомогательным оборудованием Вооруженных Сил РФ		Digitalization of the processes of providing furniture, inventory and auxiliary equipment of the Armed Forces of the Russian Federation
Грицук А.П., Денисов В.Н., Дудурич Б.Б., Сарган Д.Л.	33	Gritsuk A.P., Denisov V.N., Dudurich B.B., Sargan D.L.
Вторичная защита железобетонных конструкций методом футеровки полимерными листами с анкерными ребрами при возведении ёмкостных сооружений водоснабжения и водоотведения		Secondary protection of reinforced concrete structures by lining with polymer sheets with anchor ribs during the construction of capacitive water supply and sanitation facilities
Куранов М.О.	41	Kuranov M.O.
Способ обеспечения водоходных свойств военной гусеничной машины при боевых повреждениях корпуса и устройство для его реализации		A method for ensuring the water-bearing properties of a military tracked vehicle in case of combat damage to the hull and a device for its implementation
Бирюков Ю.А., Титеев И.С.	46	Biryukov Yu.A., Titeev I.S.
Анализ методов оценки эффективности реконструкции зданий		Analysis of methods for evaluating the effectiveness of building reconstruction
Павленок А.М., Фролов В.Я., Крисковец Д.С.	56	Pavlenok A.M., Frolov V.Y., Kriskovets D.S.
Разработка универсальной автоматизированной технологии нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности деталей методом плазменного напыления технически сложных объектов, методом анализа иерархий		Development of a universal automated technology for applying protective coatings on the working surfaces of parts by plasma spraying
Суриков А.Н., Хаматов Д.А., Радько Я.В., Соломоник А.К.	65	Surikov A.N., Khamatov D.A., Radko Y.V., Solomonik A.K.
Способ применения транспортных средств многоцелевого назначения для эвакуации пострадавших из районов чрезвычайных ситуаций		Method and device for multi-purpose automotive equipment for evacuation of the wounded and sick due to dangerous threats
Кузнецов А.В., Дубовский В.А.	77	Kuznetsov A.V., Dubovskiy V.A.
Модель интегрированно-логистической поддержки сложных технических систем		Model of integrated logistics support complex technical systems

Содержание журнала		Contents of the journal
«ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» № 1 (27)		“MILITARY ENGINEER” № 1 (27)
<i>Галушко М.М., Короленок Л.М., Кулешов Д.Е.</i>	87	<i>Galushko M.M., Korolenok L.M., Kuleshov D.E.</i>
Защита подземных сооружений от воды и способы восстановления гидроизоляционного контура после землетрясений		The water protection of underground structures and reconstruction methods of water-proofing contour after the earthquake
<i>Карагодин В.В., Рыбаков Д.В., Смирнов С.В.</i>	96	<i>Karagodin V.V., Rybakov D.V., Smirnov S.V.</i>
Адаптация категории надежности электроснабжения потребителей специальных объектов к режимам их функционирования		Adaptation of the category of reliability of power supply of consumers of special facilities to the modes of their functioning
<i>Д.В. Гуков, Д.А. Василец</i>	103	<i>D.V. Gukov, D.A. Vasilets</i>
Моделирование трансформатора с переменным сечением магнитопровода		Simulation of a transformer with a variable magnetic circuit cross section
<i>Бирюков А.Н., Пчелкин В.О.</i>	108	<i>Biryukov A. N., Pchelkin V.O.</i>
Инновационный метод принятия решений, направленных на повышение рискоустойчивости строительно-монтажных организаций		An innovative method of decision-making aimed at increasing the risk-resistance of construction enterprises
Теория воинского обучения и воспитания	117	Theory of military training and education
<i>Крисковец Т.Н., Белоновская И.Д.</i>	117	<i>Kostarev S.V., Ostroumova Yu.S., Khanin S.D.</i>
Особенности развития системного мышления курсанта инженерно-технического военного вуза		The development of systemic thinking of technical university cadet
Сведения об авторах	123	Information about the authors

Главный редактор журнала — Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук, доцент
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

Коновалов Владимир Борисович, доктор экономических наук, профессор;

Заместитель председателя редакционной коллегии

Кашеев Роман Леонидович, кандидат технических наук, доцент;

Члены редакционной коллегии

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

Бирюков Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ;

Борисов Алексей Александрович, кандидат технических наук, профессор;

Бондарев Алексей Валентинович, доктор технических наук;

Васюткин Сергей Фёдорович, кандидат технических наук;

Ваучский Михаил Николаевич, доктор технических наук, профессор;

Гуков Дмитрий Васильевич, доктор технических наук, профессор;

Гаврилов Сергей Владимирович, доктор исторических наук, профессор

Даутова Ольга Борисовна, доктор педагогических наук, профессор;

Дружинин Пётр Владимирович, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ;

Ивахнюк Григорий Константинович, доктор химических наук, профессор;

Игнатчик Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор;

Казаков Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор;

Крисковец Татьяна Николаевна, доктор педагогических наук доцент;

Курмышов Василий Михайлович, доктор исторических наук, доцент;

Маляров Валерий Николаевич, доктор исторических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ;

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

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук, профессор;

Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук, доцент;

Смирнов Александр Васильевич, доктор технических наук профессор;

Таранцев Александр Алексеевич, доктор технических наук профессор, заслуженный работник высшей школы РФ;

Третьяков Юрий Александрович, доктор военных наук, профессор;

Фоминич Эдуард Николаевич, доктор технических наук, профессор;

Фёдоров Александр Борисович, доктор технических наук, доцент;

Чернобай Михаил Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, заслуженный работник физической культуры РФ;

Путилин Павел Александрович, кандидат технических наук;

Новиков Роман Сергеевич, кандидат военных наук, доцент.

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.

Выпускающие редакторы:	Сдано в набор 27.01.2023	Бумага типографская
Новиков Р.С., Путилин П.А.	Подписано в печать 08.02.2023	Печать цифровая
Редактор текстов на английском языке:	Формат бумаги 60 × 90 / 8	Заказ № 142
Путилин П.А.		Тираж 300 экз.
Экспертиза текстов статей на объём заимствований: Новиков Р.С.		Цена договорная
Дизайн обложки: Путилин П.А.		
Вёрстка: Новиков Р.С., 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 (инженерно-технического) «ВИТУ»
191123, Санкт-Петербург, Захарьевская ул., д. 22.
e-mail: me_journal@mail.ru

Журнал «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» 2023, №1 (№27)

**Вопросы применения кабелей среднего напряжения
из различных изоляционных материалов**

Issues of the use of medium-voltage cables made of various insulating materials in the interests

Аннотация. В данной статье изложены материалы, посвящённые анализу кабельных линий среднего напряжения, с изоляцией из различных материалов. Выявлены их достоинства и недостатки. На основе сопоставления их технических характеристик предложен ряд выводов для принятия решения их применения в интересах объектов различного назначения.

Abstract. This article presents materials devoted to the analysis of medium-voltage cables with insulation made of various materials. Their advantages and disadvantages are revealed. Based on a comparison of their technical characteristics, a number of conclusions are proposed for deciding on their use in the interests of facilities for various purposes.

Ключевые слова: надёжность, среднее напряжение, сшитый полиэтилен, бумажно-пропитанная изоляция, этиленпропиленовая изоляция.

Keywords: reliability, medium voltage, cross-linked polyethylene, paper-impregnated insulation, ethylene-propylene insulation.

Надёжное функционирование систем электроснабжения, является одним из важнейших условий работы любой системы электроснабжения при условии естественно обеспечения так же достаточного уровня экономической эффективности как в части затрат на создание (капитальные вложения), так и в части затрат на эксплуатацию (годовые эксплуатационные издержки). Обеспечение вышеуказанных условий наряду с другими тактико-техническими требованиями [1] позволяет обеспечивать потребителей электрической энергией в требуемом объеме и заданного качества и что немаловажно в течение длительного времени.

В самом общем случае любая система электроснабжения включает в себя две группы элементов. К первой относят элементы силовой части (линии электропередачи, трансформаторные подстанции, распределительные пункты),

а ко второй элементы, обеспечивающие контроль, управление и измерение параметров электроэнергии (системы телемеханизации, релейная защита и т.п.). Одним из важнейших элементов первой группы, по мнению авторов, являются линии электропередачи и, в частности, кабельные линии как наиболее сложно эксплуатируемый по сравнению с воздушными линиями и наиболее распространенный в населенных пунктах элемент.

В данной статье авторы представляют результаты исследований кабельно-проводниковой продукции, которая является основным конструктивным элементов при создании линий электропередачи в системах электроснабжения объектов различного назначения

Все развитие техники передачи электроэнергии на среднем напряжении, всегда были связаны с определенными достижениями в сфере изоляционных

материалов. Кабели среднего напряжения (6-10 кВ), являются одними из самых распространённых элементов любой распределительной электрической сети, во многом определяющем общую надёжность системы электроснабжения (СЭС). Согласно статистике, все виды отказов кабелей, как правило, бывают связанными с ухудшением изоляции или же с её механическими повреждениями. В настоящий период времени можно выделить три основных изоляционных материала, которые могут в конкуренции друг с другом рассматриваться в перспективе их применения для кабелей среднего напряжения. К ним относятся: бумажно-пропитанная изоляция (БПИ), сшитый полиэтилен (СПЭ) и этиленпропиленовая резина (ЭПР). Каждый из перечисленных изоляционных материалов обладают своими достоинствами и недостатками. Рассмотрим их основные технические особенности.

В России до 90-х годов 20-го века бумажно-пропитанная изоляция являлась самым востребованным видом изоляции для кабельных линий среднего и высокого напряжения. Пропитка кабельной бумаги выполняется масляно-канифольным составом. Российская промышленность и ныне выпускает, более 45% силовых кабелей с использованием БПИ. Здесь необходимо отметить следующие их достоинства: огромный опыт эксплуатации БПИ в России, наличие отечественной технологии его производства и относительная дешевизна. БПИ имеет привлекательные изоляционные показатели, а также существует способность БПИ к восстановлению изоляционных свойств в условиях небольших по амплитуде перенапряжениях в сетевых элементах (эффект «самозатекания»). Вышеизложенное, предопределяет конкурентную способность этой изоляции и в настоящее время. Но следует отметить и недостатки БПИ. К ним можно отнести: пожароопасность, низкую

экологическую безопасность, относительная сложность монтажа и ремонта.

Сшитый полиэтилен применяется в сетевых организациях РФ не так давно. Первый опыт Мосэнерго по прокладке кабелей среднего напряжения с изоляцией из пероксидно-сшитого полиэтилена (СПЭ-изоляция) в сетях 10кВ относится к 1993–1994 годам. Начиная с 2004 года было принято решение о применении этих кабелей с СПЭ-изоляцией в качестве основного типа кабельно-проводниковой продукции для распределительных сетей среднего напряжения на объектах Мосэнерго. По сравнению с БПИ СПЭ-изоляция обладает рядом важных достоинств. К ним можно отнести: высокую электрическую прочность, возможность монтажа и эксплуатации при низких температурах (до -25°C для силанольной сшивки и, до -50°C для пероксидной). Так же, можно отметить относительную экологическую безопасность (применение экранов), а также, относительную простоту монтажа и ремонта. Кабель с СПЭ-изоляцией при этом, имеет и более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с кабелем с БПИ. К существенным недостаткам, прежде всего, следует отнести: недостаточное количество отечественных производств материала (значительные объёмы сшитого полиэтилена импортируются). Как показали проведенные исследования, в РФ всего пять производителей сшитого полиэтилена, а объёмов выпускаемой ими продукции (СПЭ) недостаточно, чтобы удовлетворить потребности производителей кабельно-проводниковой продукции. Исходя из сложившейся ситуации значительная доля в поставках полиэтилена для производства кабелей и проводов приходится на зарубежных поставщиков (примерно 75% всех поставок).

Нельзя забывать и про ограниченный опыт монтажа и грамотной эксплуатации нашими специалистами кабелей с СПЭ-

изоляция (как показали исследования есть регионы, где данные типы кабелей не применяются в том числе и в рамках нового строительства). Высокая стоимость кабеля и низкая диагностика при определении места пробоя изоляции, а также дегенеративное влияние перенапряжений при развивающихся водных трещинах (микротрещин из-за диполей молекул воды) в изоляции — увеличивают совокупные недостатки кабелей с СПЭ-изоляцией. Можно также отметить и то, что до сих пор в России отсутствует единая нормативная документация, регламентирующая порядок испытаний и нормы эксплуатации кабелей с СПЭ-изоляцией (используются ТУ заводов).

Кроме того, авторы хотят отметить, что особенности конструкции кабелей с СПЭ-изоляцией приводят к тому, что они не совсем подходят для применения в сетях среднего напряжения, исходя из типа нейтрали данных сетей (изолированная) и требуют выполнения специфических технических мероприятий при выполнении кабельных линий, что естественно приводит к удорожанию и снижению экономичности.

Также проведенный анализ статистики аварий в кабельных линиях среднего напряжения свидетельствуют об относительно высокой аварийности в муфтовых соединениях кабелей с СПЭ-изоляцией, что связано с их достаточно высокой «требовательностью» к качеству установки муфт (связно с чувствительностью изоляции данного типа к искажению плотности электрического поля, как правило, в районе «щеки» муфты).

В настоящее время разработаны и внедрены в эксплуатацию также и другие типы изоляционных материалов для кабельной продукции. Для силовых кабелей, применяемых в сетях среднего напряжения, представляет наибольший интерес изоляция на основе этиленпропиленовой резины (ЭПР-изоляция). Проведенные исследования и анализ зарубежных данных позволил авторам

сделать выводы, что по некоторым показателям ЭПР изоляция уступает СПЭ-изоляции, но при этом она обладает такими ценными качествами, как негорючесть, более высокая влагостойкость, повышенная гибкость.

История появления проводников с ЭПР-изоляцией связана с попыткой сохранить основные преимущества резиновой изоляции такие как гибкость и высокая устойчивость к проникновению влаги, улучшить характеристики резиновой изоляции, которые были ее «ахиллесовой пятой»:

- не очень высокая рабочая температура жил проводников с резиновой изоляцией (не более 65°C;

- ухудшение в процессе эксплуатации физико-технических характеристик резины, что является следствием окисления каучука при взаимодействии с воздухом.

Результатом, исследований и работ по получению новых материалов на основе резины привел к разработке тройного сополимера этилена, пропилена и диена, который обозначается СКЭПТ (расшифровка названия: синтетический каучук этилен-пропиленовый тройной). Данный материал в настоящее время как раз и применяется, в том числе, и для изготовления изоляции для кабельно-проводниковой продукции с этиленпропиленовой (ЭПР) изоляцией.

Проведенные исследования результатов эксплуатации кабельных линий, выполненных кабелями с ЭПР-изоляцией, в том числе и за рубежом показали, что данные типы кабелей достаточно успешно могут использоваться:

- для прокладки воздухом (на открытых пространствах), так как обладают высокой сопротивляемостью в первую очередь солнечной инсоляции, без ухудшения диэлектрических характеристик;

- для прокладки в земле, в том числе, и в условиях высокого уровня грунтовых вод, так как ЭПР-изоляция обладает высокой способностью сопротивляться проникновению воды в структуру материала;

— для прокладки в пожаро- и взрывоопасных зонах всех классов.

Отдельно авторы хотят отметить, что достаточно перспективным направлением следует считать изготовление и применение кабелей в сетях высокого напряжения (до 110 кВ включительно), например за рубежом достаточно активно такие кабели применяются в сетях до 138 кВ.

Анализ требований нормативных документов РВ позволяет авторам сделать вывод, что кабели с ЭПР-изоляцией являются безальтернативной заменой кабелей с БПИ в условиях, когда применение кабелей с изоляцией на основе поливинилхлорида или полиэтилена запрещено.

На основе полученных в процессе проведенных исследований результатов авторы делают вывод что на сегодняшний день, кабели с ЭПР изоляцией начинают вытеснять традиционные гибкие кабели КГ с изоляцией из обычных сортов резины. Обычная резина обладает низкой светостойкостью, повышенной горючестью, малым сроком службы (10-12 лет). Кабели с ЭПР изоляцией имеет срок службы не менее 30 лет, и вполне могут конкурировать кабелями со СПЭ изоляцией в установках среднего напряжения (6-10 кВ). В заключение авторы хотели бы отметить большие перспективы кабелей с кремнийорганической изоляцией. Но для их применения необходимо накопить значительный опыт монтажа и последующей их эксплуатации.

Список литературы:

1. Сухарь Г.А., Белов О.Е., Брусакова И.В. Комплексный подход к обоснованию параметров оптимальных предпроектных радиусов распределительных электрических сетей объектов военной инфраструктуры. Научный журнал «Военный инженер», ВИ(ИТ) ВА МТО им. Хрулёва, 2018 г. №4(10).
2. Сухарь Г.А., Белов О.Е., Тинин А.Д. Труды V межвузовской научно-практической конференции. Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. «Вопросы применения кабелей из сшитого полиэтилена в интересах надёжного электроснабжения военных объектов». СПб.: ФГКВОУ ВО ВАС им. Будённого, 2020.

Таким образом, по результатам проведенных исследований и анализа свойств различных материалов, применяемых для изготовления изоляции для кабельно-проводниковой продукции, авторы сделали следующие предварительные выводы.

Выводы.

1. Для питания объектов следует рассматривать возможное применение кабелей среднего напряжения с БПИ, СПЭ и ЭПР изоляцией, учитывая при этом, их ключевые достоинства и недостатки.
2. Необходимы масштабные испытания кабелей с СПЭ изоляцией на предмет соответствия требованиям по устойчивости к внешним высокоэнергетическим импульсам естественного или искусственного происхождения.
3. Кабели с СПЭ изоляцией не имеют сертификата применения их в пожаро- и взрывоопасных помещениях (зонах), поэтому их применение будет всегда ограничено.
4. Кабели с СПЭ изоляцией должны испытываться согласно ТУ их заводов-изготовителей, так как нормативной документации по их испытаниям до сих пор нет.
5. В ряде конкретных случаев кабели с БПИ могут вполне конкурировать с СПЭ в силу более высокой стойкости к кратковременным перенапряжениям с малыми амплитудами (при условии образования водного триинга в кабеле СПЭ).

Методика размещения и определения количества оптико-электронных каналов наблюдения при создании кругового измерительного пространства для образца вооружения

Technique for placing and determining the number of optical-electronic observation channels when creating a circular measuring space for a weapon model

Аннотация:

В данной статье представлена методика размещения и определения количества оптических блоков на башне образца бронетанкового вооружения при создании кругового измерительного пространства.

Abstract:

This article presents a technique for placing and determining the number of optical units on the turret of an armored weapon sample when creating a circular measuring space.

Ключевые слова: пассивное определение параметров целей, система технического зрения, измерительное пространство.

Keywords: passive determination of target parameters, vision system, measuring space.

На сегодняшний день основными направлениями совершенствования систем управления огнем (СУО) образцов бронетанкового вооружения (БТВ) признаны [1-4]:

– повышение дальности обнаружения и распознавания целей;

– обеспечение интеграции СУО в единую систему поражения;

– обеспечение автоматизированного поиска, идентификации и поражения танкоопасной живой силы, поиска и идентификации целей типа танк, БМП, БТР и т.п. с автоматизированной подготовкой варианта решения командира по их поражению;

– внедрение систем автоматического слежения за целями;

– внедрение всесуточных, всепогодных и помехозащищённых прицелов;

– уменьшение заметности образцов БТВ;

– внедрение и совершенствование систем «улучшения зрения»;

– комбинирование приборов, работающих в различных диапазонах электромагнитных волн в том числе с комплексированием различных каналов наблюдения;

– улучшению обзора из бронеобъекта для всех членов экипажа и пр.

Вместе с этим анализ функциональных возможностей, устройства и тактико-технических характеристик отечественных и зарубежных СУО современных и перспективных образцов БТВ показал, что с применением систем предупреждения о лазерном облучении значительно теряется эффект неожиданности при проведении первого огневого контакта с противником, который имеет возможность организовывать противодействие лазерной системе наведения. При этом сама дислокация образца БТВ будет в значительной степени обнаружена ещё до открытия огня, что отрицательно может сказаться на его живучести, вследствие организации встречного огневого воздействия. Вместе с этим даже с учётом дублирования лазерного дальномера у наводчика и командира бронеобъекта данное средство – единственное. Это, в свою очередь, означает, что при выходе из строя или в случаях неблагоприятных для лазерного излучения внешних условий, таких как дождь, туман, пылевая буря, аэрозольная завеса, в том числе и его перегреве СУО не сможет быть обеспечена высокая вероятность поражения цели из-за снижения точности или невозможности измерения дальности. Кроме этого, исключительное применение лазерного дальномера в связи

с невозможностью определения дальностей, координат и параметров движения одновременно нескольких целей накладывает ограничение на возможность реализации в составе СУО интеллектуальной системы визуального анализа изображений, предназначенной для предварительной подготовки правильного решения для командира в сложившейся боевой обстановке.

В связи с этим, на практике, особенно при боестолкновении с технологически развитым противником, будут возникать ситуации, когда успешное применение танкового вооружения, в системах наведения которого используются лазерные устройства измерения дальности, по объектам, оснащённым средствами предупреждения о лазерном облучении, а также в условиях низкой прозрачности атмосферы или малой эффективной поверхности рассеивания цели, может оказаться малоэффективным, особенно, когда приоритетно обеспечение скрытности своих намерений и действий.

Исходя из этого является актуальной задача реализации дополнительно к штатным лазерным средствам для СУО современных образцов БТВ возможности в реальном масштабе времени определения дальностей, координат и параметров движения всех обнаруженных целей и важных объектов в пассивном режиме, не связанным с воздействием на цели активного излучения.

Решение данной задачи может быть достигнуто за счёт:

- размещения на образце БТВ системы внешнего видеонаблюдения (СВВН), обеспечивающей совместно со штатными прицелами многократное перекрытия своими полями зрения обозреваемого пространства вокруг бронеобъекта;

- расширения функциональных возможностей блока цифровой обработки СУО путём введения в него дополнительных программно исполняемых модулей, обеспечивающих комплексную автоматическую обработку видеоизображений с оптико-электронных

каналов (ОЭК) прицелов, приборов и камер СВВН бронеобъекта.

Для обеспечения кругового обзора местности по периметру башни образца БТВ должны быть установлены отдельные оптические блоки (ОБ), формирующие СВВН. Количество блоков СВВН и схема их размещения на бронеобъекте могут быть установлены по следующей методике, учитывающей значения углов полей зрения их объективов, параметры применяемых фотоприёмных устройств (ФПУ) и планируемую дальность работы СВВН.

Если решается задача обеспечения кругового наблюдения, то величину фокусного расстояния f_j для объектива j -го ОЭК отдельного ОБ без учёта энергетических характеристик канала наблюдения, свойств атмосферы и контрастности цели можно найти по соотношению:

$$f_j = \frac{L_j^p p_j^x H_q^{img} k_q}{B_q^p}, \quad (1)$$

где $k_q = B_q^p (H_q^p - 0,00067 [L_j^p]^{0,38})^{-1}$ – коэффициент пропорциональности между высотой H_q^p и шириной B_q^p объекта P согласно его типу q с учётом ожидаемого его перекрытия микрорельефом местности на расстоянии L_j^p .

Углы γ_j полей зрения объективов для каждого j -го ОЭК будут рассчитываться как

$$\gamma_j = 2 \arctg \left(\frac{N_j B_q^p}{2 k_q H_q^{img} L_j^p} \right). \quad (2)$$

Отсюда общее необходимое количество J ОЭК для решаемой задачи СВВН будет составлять:

$$J \approx 2\pi [\gamma_j]^{-1}. \quad (3)$$

Если на СВВН возлагается дополнительная задача определения параметров объектов, то необходимое количество J_{xyz} ОЭК должно быть увеличено в два раза.

После применения в качестве критериев обнаружения, распознавания

и идентификации цели критериев Джонсона [4, 5] к выражениям (1) – (3) были получены исходные данные для оценки

параметров СВВН в условиях решения задач обнаружения, распознавания и идентификации (рисунок 1).

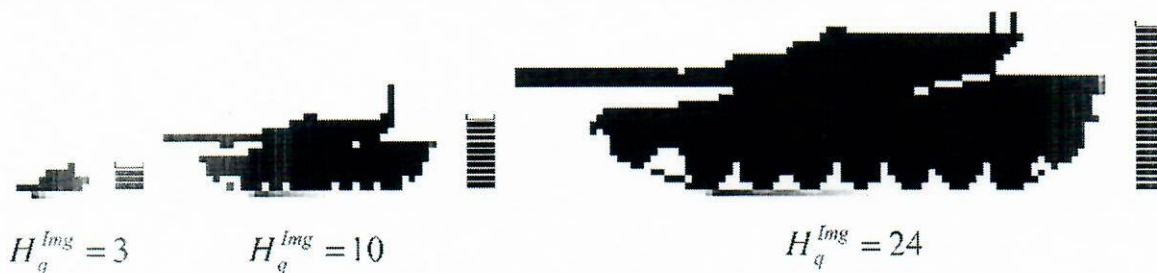


Рис. 1 – Изображения танка при различном числе разрешаемых элементов

В таблице 1 приведены результаты вычислений, отражающие предварительные параметры СВВН в зависимости от решаемой задачи и заданных дальностей обнаружения, распознавания и идентификации цели размером 2,5 м на 3,5 м, что примерно соответствует размерам лобовой проекции танка «Абрамс».

Полученные значения рассчитаны для матрицы IMX179 с разрешением 3280×2464 и размером пикселя 1,4 мкм [6]. Через дробь приведены результаты вычислений для тех же условий, но с учётом повышения разрешений изображений ОЭК путём интерполяции в четыре раза.

Таблица 1
Исходные данные для проектирования СВВН

Задачи СВВН	$L_j^p = 0,1$ км	$L_j^p = 0,5$ км	$L_j^p = 1$ км	$L_j^p = 1,5$ км	$L_j^p = 2$ км	Параметры СВВН
«Обнаружение» $H_q^{img} = 3$	0,16/0,1	0,8/0,2	1,6/0,42	2,5/0,63	3,3/0,84	f_j , мм
	171/178	140/170	107/160	85/150	68/140	γ_j , град.
	2/2	3/2	4/3	5/3	6/3	J , шт.
	4/4	6/4	8/6	10/6	12/6	J_{xyz} , шт.
«Распознавание» $H_q^{img} = 10$	5,6/0,14	2,8/0,7	5,6/1,4	8,4/2,1	11,2/2,8	f_j , мм
	152,5/173	80/146	45/117	31/95	23/78	γ_j , град.
	3/3	5/3	8/4	12/4	16/5	J , шт.
	6/6	10/6	16/8	24/8	32/10	J_{xyz} , шт.
«Идентификация» $H_q^{img} = 24$	13,5/0,3	6,7/1,7	19,3/3,3	20,3/5,1	27/6,7	f_j , мм
	119,2/163	38/107,5	19/67	13/49	9,7/37,6	γ_j , град.
	3/3	10/4	19/6	28/8	37/10	J , шт.
	6/6	20/8	38/12	56/16	74/20	J_{xyz} , шт.

Схема размещения ОБ на башне образца БТВ должна удовлетворять требованию полного охвата наблюдаемой местности в зависимости от угла поля зрения каждого из ОЭК. Так, при решении задачи кругового наблюдения основным принципом размещения отдельных ОБ в определённом, согласно выражению (3), количестве должен быть принцип радиально-осевого размещения, заключающийся в том, что одинаковые по углу поля зрения ОБ располагаются

своими оптическими центрами объективов на одной оси так, чтобы их поля зрения, не пересекаясь, перекрывали суммарно весь сектор наблюдения, в данном случае равный 360° (рисунок 2, а). Вместе с этим на практике полностью реализовать такой принцип размещения не всегда возможно, что, в свою очередь, будет означать наличие «слепых» областей обзора или необходимость введения в СВВН дополнительного ОБ (рисунок 2, б).

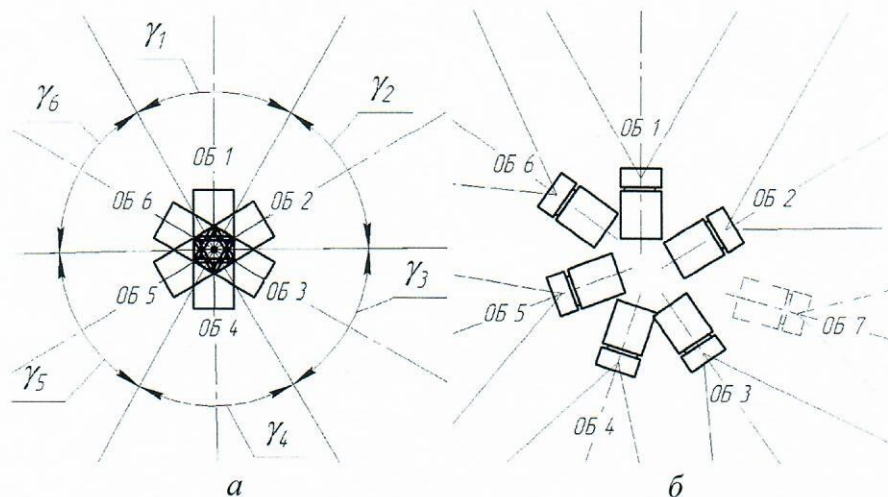


Рис. 2 – Радиально-осевое размещение ОБ СВВН в режиме кругового наблюдения

В случае использования СВВН для определения координат и параметров движения целей размещение ОБ на бронееобъекте должно осуществляться исходя из условий обеспечения одновременного визирования одного участка пространства парой разнесённых друг от друга каналов наблюдения. При этом необходимо различать близкое и дальнее измерительные пространства (рисунок 3). Близкое измерительное

пространство образуется при пересечении полей зрения ОЭК ОБ СВВН образца БТВ. Дальнее измерительное пространство образуется при пересечении полей зрения ОЭК прицелов командира и наводчика и характеризуется более высокой точностью определения параметров объектов ввиду большего увеличения объективов ОЭК данных прицелов (рисунок 3) и характеризует дальность интереса.

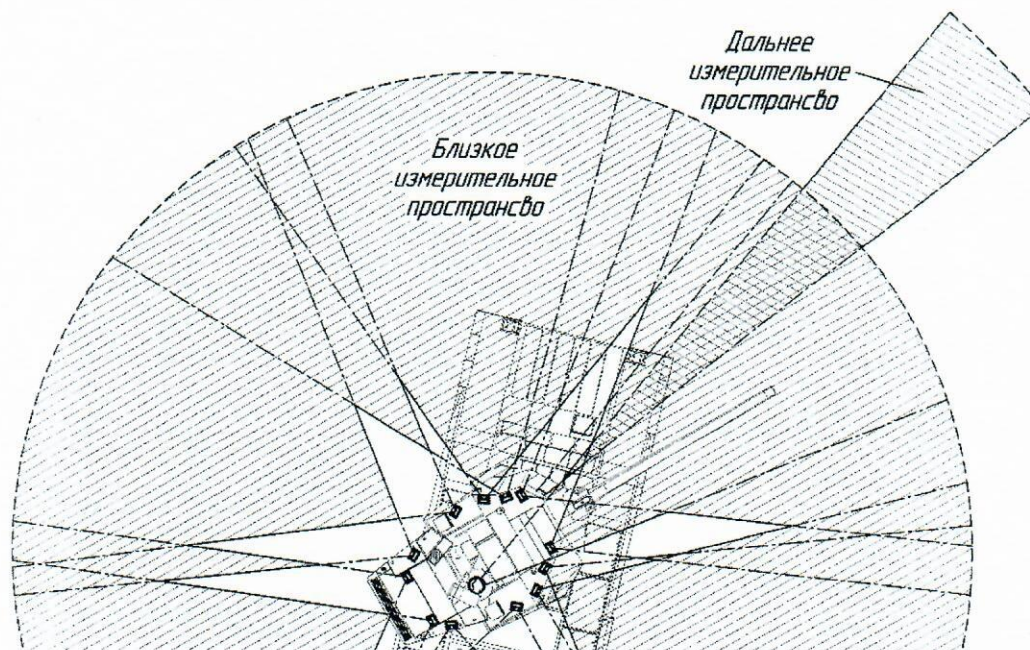


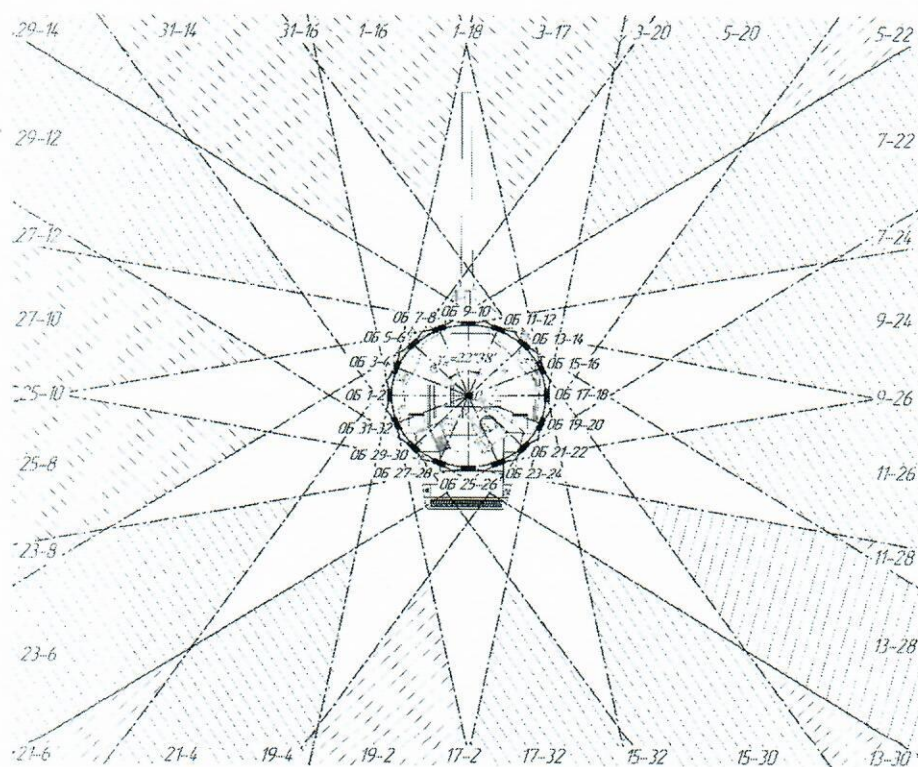
Рис. 3 – Иллюстрация градации измерительных пространств СТЗ

Для формирования близкого измерительного пространства ОЭК СВВН могут быть размещены согласно принципу попарного радиально-осевого размещения. Сущность данного принципа заключается в

том, что каждый отдельный ОБ должен включать в себя два встречно направленных ОЭК. Причём при взаимном размещении ОЭК необходимо стремиться к минимизации расстояний между

В свою очередь, каждый из ОБ с двумя ОЭК должен иметь параллельный ему пространственно разнесённый ОБ. Например, на рисунке 4 для ОБ 1–2 парным будет являться ОБ 3–4, где номера ОБ отражают общую нумерацию ОЭК в составе СВВН. В результате для обеспечения охвата сектора обзора в 360° каждая пара ОБ должна быть повернута в горизонтальной плоскости относительно точки O_R на угол γ_R , равный углу поля зрения ОЭК. Соответственно, чем уже поле зрения ОЭК и выше их разрешающая способность, тем на меньший угол будет отклонена каждая пара ОБ и большее их количество понадобится для перекрытия заданного

В результате вокруг бронеобъекта будет сформировано единое измерительное пространство, в пределах которого возможно осуществление измерений координат и параметров движения обнаруженных целей. При этом близкое измерительное пространство СТЗ будет предоставлять собой совокупность измерительных пространств, образованных в результате пересечения полей зрения парных ОЭК СВВН. В частности, на рисунке 4 демонстрируется как общее измерительное пространство СВВН, так и составляющие его отдельные измерительные пространства пар ОЭК. Видно, что при наблюдении объекта через любой из ОЭК пространственно с ним может быть отождествлён только один парный ему ОЭК, что способствует существенному упрощению программной реализации процессов автоматического поиска и сопровождения целей в вычислительном блоке СТЗ.



12

Вторым вариантом установки ОБ СВВН на бронееобъекте может быть использован принцип блочного размещения. Данный принцип заключается в формировании из всех ОЭЖ четырёх ОБ, каждый из которых обеспечивает обзор 90° в переднюю и заднюю полусферы. При этом оптические оси ОЭЖ одной полусферы ОБ

устанавливаются под углами друг к другу, равными углам их полей зрения. В свою очередь, отдельные ОБ располагаются на бронееобъекте так, чтобы обеспечивалось перекрытие их секторов наблюдения. Вариант внешнего вида ОБ, состоящего из шести ОЭЖ, каждый из которых имеет угол поля зрения 30° , представлен на рисунке 5.

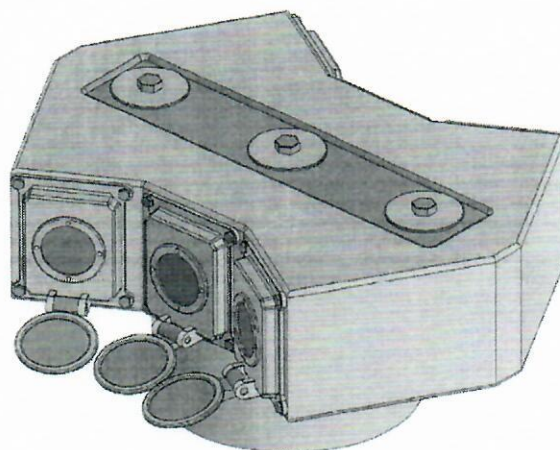


Рис. 5 – Вариант внешнего вида шестиканального оптического блока

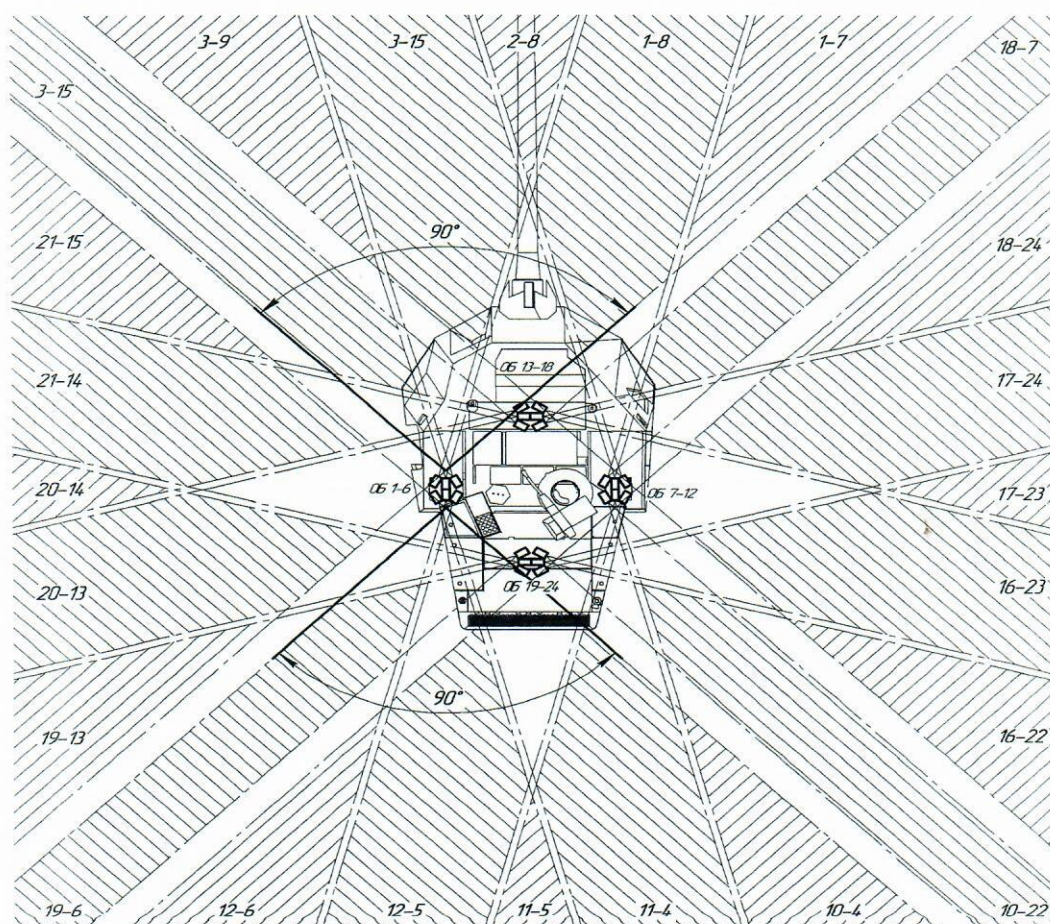
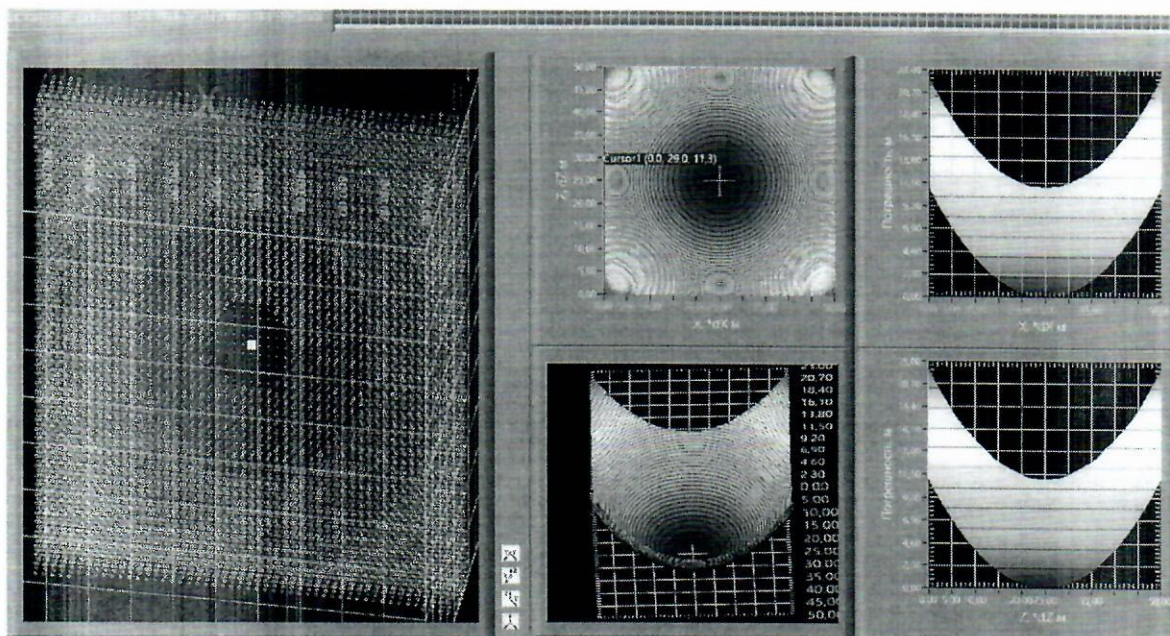


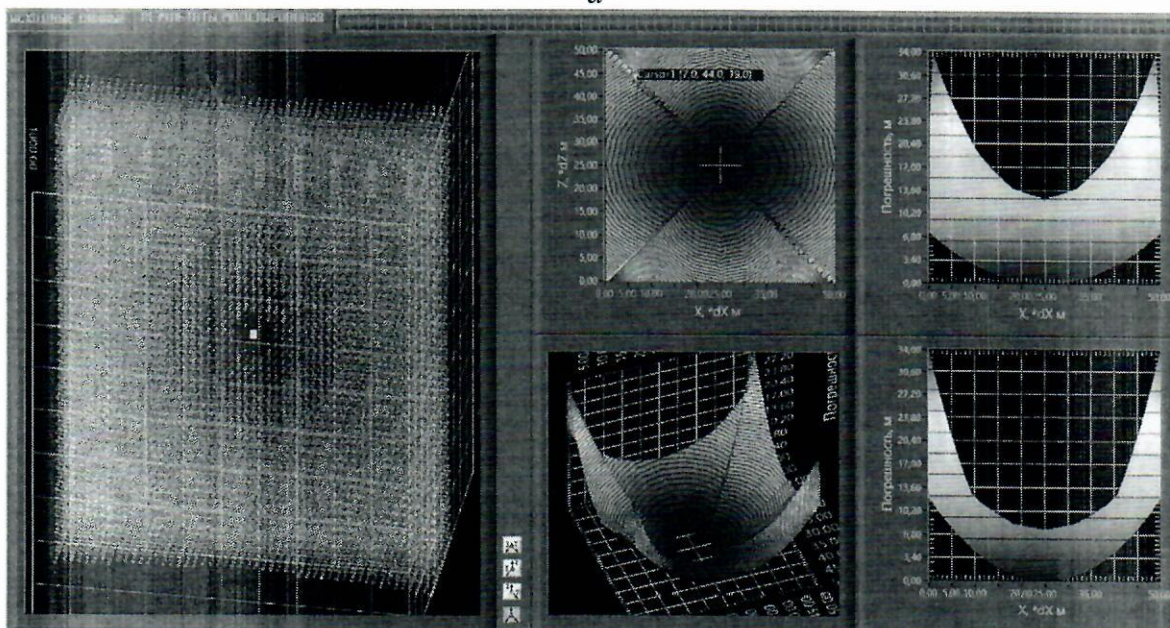
Рис. 6 – Схема положения ОБ СВВН на башне бронееобъекта согласно принципу блочного размещения

На рисунке 6 иллюстрируется формируемое измерительное пространство вокруг образца БТВ при применении четырёх шестиканальных ОБ, реализующий принцип блочного

размещения. Из чертежа видно, что данный принцип обладает меньшей слепой зоной вокруг бронеобъекта, но имеет узкие полосы, не перекрытые не одним полем зрения СВВН.



а



б

Рис. 7 – Моделирование измерительного пространства СТЗ при попарном радиально-осевом и блочном размещении ОЗК СВВН

На рисунках 7, а и 7, б предоставлены результаты компьютерного моделирования измерительного пространства СТЗ для обоих принципов размещения ОЗК СВВН на образце БТВ [7-9]. В частности, на рисунке 7, а в левом

окне показано смоделированное трёхмерное измерительное пространство, а в правом окне представлены четыре вида распределения погрешности изменения в его границах для попарного радиально-осевого размещения ОЗК. На рисунке 7, б

– аналогичные результаты приведены для блочного размещения ОЭК СВВН на бронеобъекте.

Моделирование проводилось для близкого измерительного пространства с границей в 2 км с шагом 40 м для 48 канальной СВВН, в составе которой применены ОЭК с фокусным расстоянием объективов равным 16 мм, ФПУ IMX179 разрешением 3280×2464 , размером пикселя 1,4 мкм с интерполяцией изображения в 4 раза. Как видно из результатов компьютерного моделирования, для попарного радиально-осевого размещения ОЭК распределение погрешностей по измерительному пространству СТЗ симметрично относительно бронеобъекта с максимальной полной погрешностью определения координат $\Delta\sigma = \pm 11,3$ м на дистанции моделирования.

Для блочного размещения ОЭК характер распределения погрешностей определения координат симметрично только для переднего и заднего, правого и левого секторов наблюдения и, соответственно, с максимальными полными погрешностями $\sigma = \pm 13,5$ м и $\sigma = \pm 8,16$ м. При этом на границах пересечения противоположных секторов наблюдения наблюдается повышение погрешности измерений до 35 %.

Таким образом, достоинством попарного радиально-осевого принципа размещения ОЭК является обеспечение полного перекрытия измерительным пространством сектора наблюдения в 360° вокруг образца вооружения, а также симметричное относительно основания башни распределение погрешностей измерений. Недостатком блочного принципа является неизбежное наличие в секторе обзора областей, не просматриваемых одновременно двумя ОЭК. Вместе с этим, как видно из схемы, представленной на рисунке 6, данные области будут иметь ширину, характеризуемую одним-двумя десятками сантиметров, что в рамках общего измерительного пространства, особенно при наблюдении удалённых объектов, не внесёт существенных ограничений на процесс определения их пространственных координат. Также к недостатку данного принципа можно отнести более высокую погрешность измерений переднего-заднего по сравнению с правым-левым секторами наблюдения и повышенной погрешностью измерений на границах их пересечения. С другой стороны, для блочного принципа свойственен более упрощённый

процесс размещения ОБ относительно минимизации возможности перекрытия секторов работы прицельно-наблюдательного комплекса и прочих боевых и разведывательных систем образца БТВ, что является его достоинством.

Увеличение дистанции измерений для ближнего измерительного пространства может быть осуществлено за счёт увеличения количества ОЭК СВВН, что, в свою очередь, потребует увеличения вычислительных ресурсов блока цифровой обработки. Увеличение же дальнего измерительного пространства будет связана с уменьшением влияния на процесс определения координат случайных составляющих, что будет достаточно проблематично, и/или повышением угловой разрешающей способностью канала наблюдения, сопряжённым с применением ФПУ с меньшим размером пикселя (при условии обеспечения необходимой его светочувствительности). Также данный параметр в некоторых пределах может быть улучшен за счёт применения объективов с большим увеличением.

Таким образом в статье представлена методика размещения и определения количества и размещения оптико-электронных каналов наблюдения при создании кругового измерительного пространства для образца вооружения.

В результате реализации для СУО возможности в реальном масштабе времени определения дальностей, координат и параметров движения всех обнаруженных целей и важных объектов без воздействия на них активным излучением будут достигнуты следующие показатели:

- повышение скрытности работы СУО, и как следствие повышение живучести образца БТВ на поле боя, за счёт снижения эффективности, принимаемых противоборствующей стороной мер, средств и автоматических систем противодействия системам наведения с лазерными дальномерами и целеуказателями;

- повышение надёжности работы СУО за счёт обеспечения возможности определения дальностей, координат и параметров целей и важных объектов в ситуациях, когда применение ЛД невозможно (перегрев, выход из строя) или малоэффективно (аэрозольная или дымовая завеса, малая эффективная поверхность рассеивания объекта и т.п.);

– повышение скорости проведения измерений до множества целей или важных объектов за счёт отсутствия необходимости последовательного наведения на каждый из обнаруженных объектов центральной прицельной марки прицела;

– увеличение количества анализируемых информационных признаков

при вычислении установок для стрельбы (что способствует возможности повышения точности стрельбы) и при реализации в составе СУО интеллектуальной системы визуального анализа изображений, предназначенной для предварительной подготовки решения для командира в сложившейся боевой обстановке.

Список литературы:

1. Литвиненко, В.В. Системы управления огнём танков (состояние и перспективы развития) / В.В. Литвиненко // Зарубежное военное обозрение. – 1990. – № 4. – С. 28-32.
2. Литвиненко, В.В. Анализ модернизации систем управления огнём зарубежных танков [Текст] / В.В. Литвиненко // Информационный сборник по зарубежным материалам. – 1997. – № 3. – С. 11–16.
3. Зубарь, А.В. Анализ тенденций развития прицельно-наблюдательных комплексов автоматизированных систем управления огнём [Текст] / А.В. Зубарь, А.А. Сидоренко, К.В. Кайков, Э.А. Гейнце // Национальные приоритеты России. Наука и военная безопасность. – № 3 (10). – Омск: ОАБИИ, 2017. – С. 20-27.
4. Медведев, А.В. Перспективные направления развития оптико-электронной техники и техники ночного видения [Текст]: монография / А.В. Медведев, А.В. Гринкевич, С.Н. Князева. – Ростов на Дону: ОАО «РОМЗ», 2012. – 960 с.
5. Медведев, А.В. Практика конструктора оптико-электронной техники и техники ночного видения [Текст]: монография / А.В. Медведев, А.В. Гринкевич, С.Н. Князева. – Ростов на Дону: ОАО «РОМЗ», 2013. – 640 с.
6. Product Brief SONI IMX179 Diagonal 5/7 mm CMOS Image Sensor with Square Pixel for Color Cameras, с. 2
7. Свид. о гос. рег. ПрЭВМ 2021613350. Программа 3D-моделирования измерительного пространства многокамерной СТЗ / А.В. Зубарь. / опубли. 05.10.2021 г.
8. Зубарь, А.В. Разработка многофакторной имитационной модели оценки точности пассивной оптико-электронной системы определения параметров целей образца бронетанкового вооружения [Текст] / А.В. Зубарь, К.В. Кайков, Р.Н. Хамитов, И.Г. Вольф // Омский научный вестник. – Омск: ОмГТУ, 2020. – № 4 (172). – С. 66 – 77.
9. Зубарь, А.В. Оценка распределения точности определения координат по измерительному пространству системы технического зрения [Текст] / А.В. Зубарь, К.В. Кайков, С.В. Ушнурцев // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Техническое зрение и распознавание образов»: сборник тезисов докладов научно-технической конференции. – Анапа: «Военный инновационный технополис «ЭРА», 2019. – С. 46–55.

Ионообменные смолы: практика применения в Вооруженных Силах**Ion exchange resins: the practice of application in the armed forces**

Аннотация. В статье рассмотрены прикладные вопросы водоочистки с применением ионообменных смол. Обосновано применение ионообменных смол с анализом достоинств и недостатков предлагаемого метода водоочистки. Изложены особенности очистки сточных вод и водоподготовки для тепловых электростанций.

Abstract. The article deals with applied issues of water purification using ion-exchange resins. The use of ion-exchange resins is substantiated with an analysis of the advantages and disadvantages of the proposed method of water purification. The features of wastewater treatment and water preparation for thermal power plants are outlined.

Ключевые слова: водоподготовка, ионный обмен, катионит, анионит, сорбция, моделирование, кинетика ионного обмена

Keywords: water treatment, ion exchange, cation exchanger, anion exchanger, sorption,

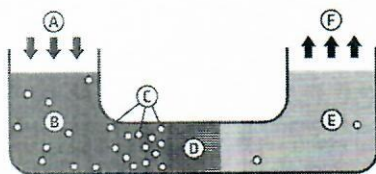
Вода – основа жизни на Земле, ее потребление необходимо как для человека, так для промышленности. Министерство обороны так же является большим потребителем воды, используемой для решения различного спектра задач. Каждый день Вооруженные Силы используют огромные объёмы воды для удовлетворения своих нужд, как бытовых, так и технологических. Для решения задач по обеспечению водой войск (сил) как в условиях размещения в пунктах постоянной дислокации, так и в условиях применения. Особенно актуально водообеспечение для нужд высокотехнологичных образцов вооружения военной и специальной техники (ВВСТ). Для этих образцов кроме водообеспечения необходимо применять технологии водоподготовки. Например, в атомной энергетике вода является как теплоносителем, так и средой охлаждения. Кроме того, вода положена в основу корректирующих добавок, используемых в технологиях атомной энергетике, прежде всего растворов аммиака.

К качеству воды всегда предъявлялись определенные требования, причем чем выше требования к воде у потребителя, чем технологичнее энергоустановка – тем выше требования к качеству воды или технических жидкостей, на основе этой воды изготовленных. Так в основу требований к пресной питьевой воде положен ГОСТ Р 51232-98 [1], а уже требования к воде для атомных электростанций (прежде всего транспортных) изложены в ОСТ В-95Р.823-2008. Различные требования к качеству, определяют и методы водоочистки. Вторым определяющим фактором при выборе метода водоочистки является качество исходной воды. Третьим фактором являются возможности потребителя воды по водоочистке и, прежде всего, экономический фактор.

В настоящее время все технологии водоочистки, применяемые в Вооруженных Силах Российской Федерации, условно можно разделить на две группы: основанные на химических процессах, основанные на физических процессах.

Технологии водоочистки, основанные на физических процессах.

В основу этих технологий положены физические размеры молекул солей, растворенных в воде. Если исходную воду с растворенными в ней солями (или молекулами каких-либо примесей), пропускать под определенным давлением через мембрану, щелевые фильтры которой имеют геометрические размеры меньше молекул солей, то вода будет отделена от раствора солей [2,3]. Этот принцип положен в основу ряда технологий и прежде всего технологий обратного осмоса, рис. 1.



А – входящий поток под давлением;
В – неочищенная вода; С – растворённые примеси; D – полупроницаемая мембрана; E – очищенная вода;
F – выходящий поток

Рис. 1 – Обратноосмотическая схема водоочистки

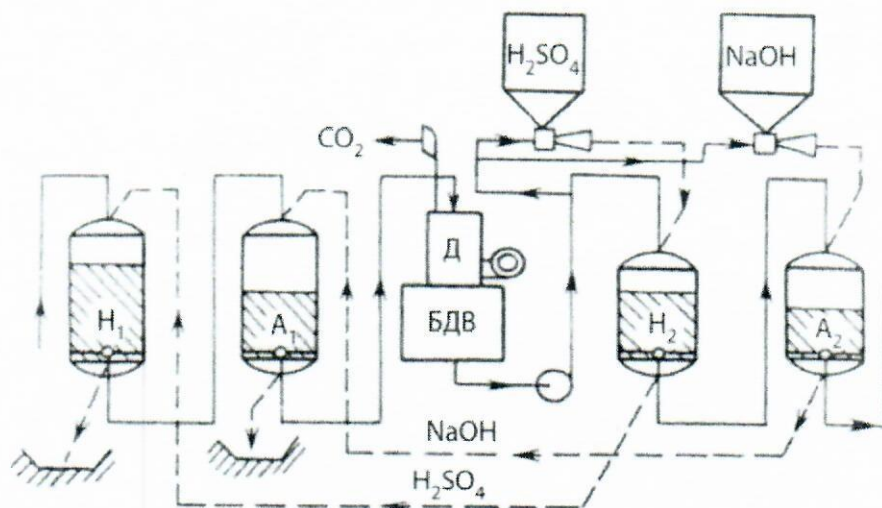
Однако, обратноосмотические технологии имеют ряд недостатков, ограничивающих их применение в Вооруженных Силах. Прежде всего, это сравнительно высокая цена строительства установки, высокие требования к строительной части обратноосмотических установок, высокая квалификация обслуживающего персонала, требования по температуре

исходной воды. Достоинствами обратноосмотических технологий являются долговечность мембран, малое потребление сырья для производства технологического оборудования, малые объемы отходов (особенно по сравнению с химическими способами водоочистки).

Технологии водоочистки, основанные на химических процессах.

В эту же группу включены безреагентные методы борьбы с солесодержанием, прежде всего, с карбонатными солеотложениями. В основу этих технологий положены свойства некоторых специально разработанных неорганических ионообменных материалов адсорбировать растворенные в исходной воде соли. Например, метод обработки воды при помощи катионирования и анионирования нашел широкое применение в схемах водоподготовки различных котельных средней и малой мощности. Такая схема представлена на, рис. 2.

При этом на котельных большой мощности, используемых в технологических схемах тепловыми электростанциями, уменьшение карбонатных отложений на внутренних стенках оборудования достигается за счет усложнения технологической схемы водоподготовки. Как побочный эффект такого решения может наблюдаться усиление коррозии конструкционных материалов за счет снижения pH [4]. Сравнительная характеристика различных методов водоочистки с применением химических реагентов и безреагентными методами приведены в таблице [5].



H_1 и H_2 – фильтры катионитные, соответственно первой и второй ступеней;
 A_1 и A_2 – фильтры анионитные, соответственно первой и второй ступеней;
 Д – декарбонизатор; БДВ – бак декарбонизованной (частично обессоленной) воды;
 H_2SO_4 – кислота для регенерации Н-катионитных фильтров; NaOH – едконатриевая щелочь для регенерации ОН-анионитных фильтров

Рис. 2 – Схема двухступенчатой ионообменной установки для водоподготовки котельных установок (пример)

На сегодняшний день в Вооруженных Силах Российской Федерации весь комплекс методов водоподготовки можно условно разделить по критерию потребления на три группы:

- вода для хозяйственно-бытовых нужд;
- вода для тепловых машин, исключая атомные электростанции;

– вода для атомных электростанций.

Первая категория включает водоподготовку с открытых или подземных источников, при этом метод очистки существенного значения не имеет, а его выбор осуществляется по критериям соответствия ГОСТ Р 51232-98 [1] и подлежит медицинскому контролю.

Таблица 1

Сравнительная характеристика различных методов водоочистки с применением химических реагентов и безреагентными методами

Метод	Механизм действия	Эффективность
Ионный обмен	Удаление накипеобразующих ионов – кальция и магния	Большой расход воды, поваренной соли, кислот и щелочей на регенерацию катионитов
Подкисление воды	Изменение растворимости карбоната за счет перевода карбоната в бикарбонат	Требуется постоянной тонкой коррекции; не пригоден для сульфатных и фосфатных отложений

Метод	Механизм действия	Эффективность
Введение ионов металлов	Блокировка роста кристаллов или связывание карбонат ионов	Уменьшение количества отложений на 80%
Магнитная обработка	Общепризнанных теорий действия нет, механизм не вполне ясен	Уменьшение количества отложений на 80%
Ультразвук	Локальные изменения pH могут провоцировать образование отложений	Уменьшение количества отложений на 65%
Модифицирование поверхности оборудования	Получение поверхности, менее склонной к обрастанию кристаллами карбоната	Уменьшение количества отложений на 90%
Введение фосфонатных или полимерных ингибиторов солеотложений	Механизм не вполне ясен, но один из результатов – блокировка центров роста кристаллов карбоната или сульфата кальция.	Уменьшение количества отложений на 90÷100%

Вторая и третья категории включают водоподготовку по требованиям, предъявляемым к качеству воды для тепловых энергоустановок. В эту категорию входят, прежде всего ТЭЦ и двигатели внутреннего сгорания, в которых вода или химические растворы на основе воды используются в системах охлаждения.

Далее идет рассмотрение водоподготовки для второй категории методов водоподготовки, так как подготовкой воды для хозяйственно-бытовых нужд занимаются, в частности, инженерные войска, а водоподготовка для водо-водяных реакторов относится к специфической деятельности Военно-Морского Флота.

Исходная (природная) вода, при просачивании сквозь слои почвы, обогащается солями, газами и различными органическими веществами. Наиболее значимыми легкорастворимыми солями в исходной воде являются растворенные соли NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 и труднорастворимые

соли, обусловленные наличием осадочных пород CaCO_3 , MgCO_3 . Вследствие различных химических реакций, протекающих в воде, образуются двууглекислые соединения – бикарбонаты кальция, магния и железа, диссоциирующие на катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и анионы HCO_3^- .

В коллоидном состоянии в естественных водах находятся вещества органического происхождения – продукты распада животных и растительных организмов, а также минерального происхождения в виде соединений кремния, железа и алюминия. Взвешенные вещества в воде встречаются в виде частиц песка, глины и других продуктов размыва почв, в виде продуктов разложения погибших растительных и животных организмов, а также мельчайших существ и растений. Качество воды определяется содержанием взвешенных веществ, сухим остатком, окисляемостью, жёсткостью, щелочностью и кислотностью.

Помимо подготовки питьевой воды, с каждым годом всё большего внимания требует очистка сточных вод. Сточные воды войсковых частей могут пагубно влиять на экологию. Загрязняя реки и другие водоёмы, они могут уничтожить местную экосистему и отравлять источники водоснабжения.

Не стоит забывать и о водоподготовке для инженерных систем, включающих в себя тепловые сети и котельные. Для котлов,

используемых в котельных, необходима специально подготовленная вода, так называемая котловая вода. Ее отличает от питьевой водопроводной воды пониженное содержание ионов Mg^{2+} и Ca^{2+} , а также минимальное количество растворённых газов в ней.

Схемы водоподготовки для войсковых частей могут быть основаны на различных принципах. Самые распространённые из них можно представить следующей схемой, рис. 3.

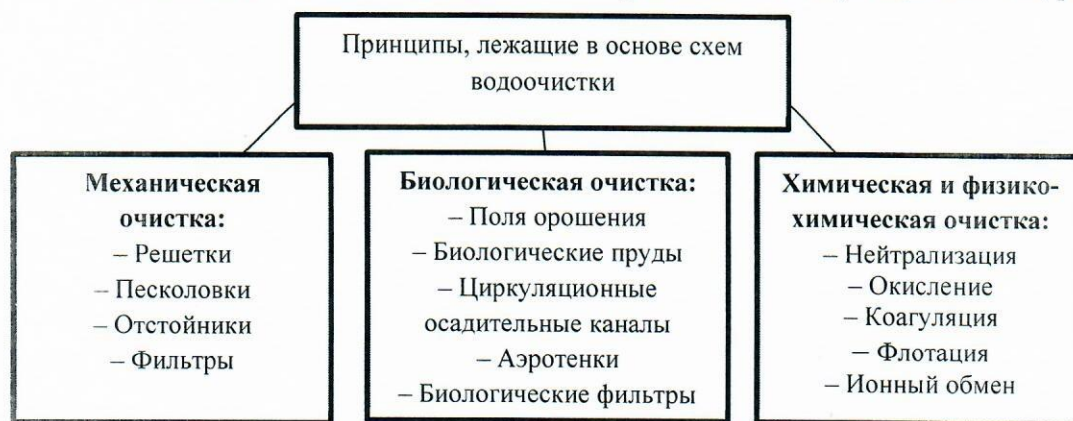


Рис. 3 – Принципы водоочистки

Иониты используются для очистки воды от солей, растворённых металлов и органических соединений уже более 50 лет, однако работа по синтезу, изучению и внедрению ионообменных материалов продолжается до сих пор.

Ионный обмен – процесс обмена ионами, находящимися в растворе и ионами, присутствующими на поверхности твердого носителя – ионита. Применение ионообменной технологии имеет ряд преимуществ [6]:

– Применяя ионный обмен можно достичь очень высокой степени очистки, тем самым имеется возможность получать практически дистиллированную воду.

– В ряде случаев имеется необходимость извлечения из воды компонентов, от которых идёт очистка, что является отличительной чертой ионного обмена от других методов.

– Метод ионного обмена является безреагентным, что позволяет тратить меньше времени на обслуживание и убирает необходимость непрерывной дозировки реагентов.

– Габариты установок, работающих по принципу ионного обмена как, правило, значительно меньше, чем установок, работающих по методу осаждения.

Как и любая технология, ионный обмен не лишён и недостатков, к ним относятся:

– Применение ионного обмена ограничивается степенью засоленности очищаемой воды, которая, как правило, не должна превышать 2 г/л.

– Скорость пропускания очищаемой воды через ионит ограничена и часто имеет не слишком высокие значения.

По знаку заряда обменивающихся ионов иониты делятся на катиониты и аниониты, проявляющие, соответственно, кислотные и основные свойства.

Катиониты, и аниониты находят широкое применение для очистки бытовых и производственных сточных вод, а также для умягчения, обессоливания и обескремнивания добавочной питательной воды парогенераторов подпиточной воды водогрейных котлов и при концентрировании многих элементов и соединений [7,8].

В качестве ионитов во всём мире применяют сульфоуголь и синтетические смолы. Ионообменные смолы представляют из себя твердую, нерастворимую полимерную матрицу, состоящую из тысяч, а иногда и десятков тысяч прочно связанных атомов, отдельным местам которой на поверхности и внутри её массы присоединены ионогенные группы. При синтезе ионообменных смол применяют два принципиально разных подхода. В первом случае ионные группы, содержащиеся в исходных мономерах, вводят в структуру смолы непосредственно в процессе полимеризации или конденсации. По второму методу сначала получают полимер и затем в жесткую структуру полимера вводят ионные группы.

При синтезе ионообменных смол широко используется стирол, сшиваемый дивинилбензолом, в результате чего получается полимер, структура которого представлена на рис. 4.

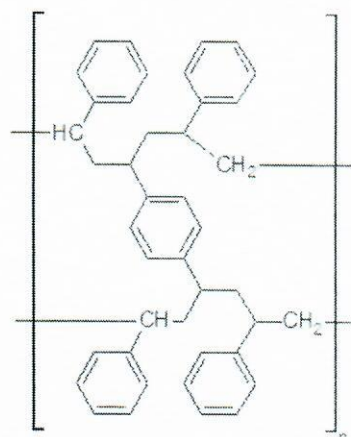


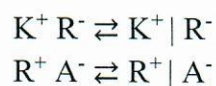
Рис. 4 – Полимер, получившийся в результате полимеризации стирола с дивинилбензолом

Получаемый в конечном итоге ионит имеет пористую структуру, напоминающую губку, и очень большую площадь внутренней поверхности. Это можно наблюдать на сделанной нами микроскопической фотографии среза гранулы ионита марки Purolite s914, рис. 5.



Рис. 5 – Срез гранулы ионообменной смолы Purolite s914 при увеличении x200

Схематично диссоциацию ионитов в воде можно представить в следующем виде:



Где $K^+ R^-$ – катионит, в котором подвижным обменным катионом является K^+ , а неподвижным анионом – высокомолекулярная часть R^- ;

$R^+ A^-$ – анионит, в котором подвижным обменным катионом является A^+ , а неподвижным анионом – высокомолекулярная часть R^+ ;

| – условный знак, указывающий на способность твердого электролита к диссоциации в воде без видимого растворения самого электролита.

Катиониты

В катионитах содержатся активные группировки, водород в которых способен замещаться другими катионами, например, сильнокислотные катиониты содержат сульфогруппу SO_3H , аслабокислотные одновалентную карбоксильную группу $COOH$ и одновалентную фенольную группу OH . К катионитам средней силы относят, прежде всего, смолы с группами фосфорной кислоты.

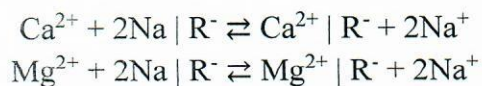
Аниониты

Аниониты в качестве ионогенных групп содержат группы четвертичного аммониевого и пиридиниевого оснований, а также четвертичные фосфониевые группы.

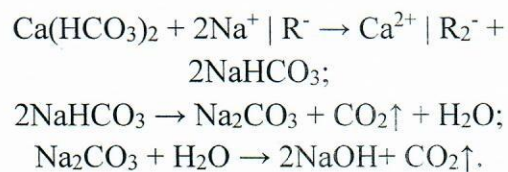
В зависимости от требований, предъявляемых к умягченной воде в отношении качества и производительности системы водоснабжения умягчение может производиться тремя различными методами ионного обмена.

Умягчение воды путём натрий-катионирования заключается в фильтровании её через слой катионита, содержащего в качестве обменных ионов катионы натрия.

При Na-катионировании жесткой воды происходит следующий катионный обмен:

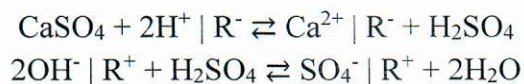


В результате приведённых реакций происходит более или менее полная замена катионов Ca^{2+} , и Mg^{2+} в воде на катионы безвредного натрия, вследствие чего жесткость воды уменьшается. Однако при этом происходит превращение жесткой карбонатной воды в бикарбонат натрия. При использовании такой воды в парогенераторах может протекать реакция перехода бикарбоната натрия в карбонат и гидроокись натрия, что обуславливает высокую щелочность получаемой таким методом воды.



При H-катионировании все катионы в воде заменяются катионами водорода, присутствующие в растворе сульфаты, хлориды и нитраты кальция преобразуются в свободные минеральные кислоты, что тоже вызывает ряд проблем. Для решения этих проблем всегда применяют Na-катионирование совместно с H-катионированием, что даёт возможность нейтрализовать свободные минеральные кислоты и одновременно снизить щелочность.

Третий метод заключается в пропускании воды последовательно через H-катионит и OH^- -анионит, достигая полного удаления всех электролитов.



Во многих системах водоснабжения используются химические методы водоумягчения (содово-известковый процесс) для удаления основной массы общей жесткости с последующим доумягчением методом ионного обмена.

Вариант типичной установки для умягчения воды ионным обменом, используемой в вооружённых силах представлен на рис. 6.

При моделировании кинетики ионного обмена и избирательности сорбента к тому или иному иону важнейшим параметром является суммарный энергетический эффект обмена $\Delta H_{A,B} \approx \Delta U_{A,B}$ (изменение

внутренней энергии) который представляет собой сумму нескольких энергетических составляющих:

$$\Delta H_{A,B} = [\Delta U_{\text{взаимодействия}} + \Delta U_{\text{гидратации ионов}} + \Delta U_{\text{растворителя}} + \Delta U_{\text{матрицы}}]$$

Где каждая из них – разность соответствующих энергетических членов для исходного и конечного состояний фаз ионита в внешнего раствора.

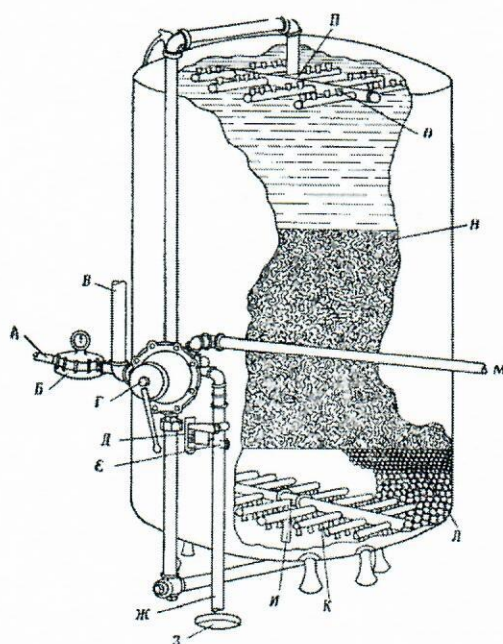


Рис. 6 – Разрез типичной установки для умягчения воды.

А – впуск жесткой воды; Б – водомер; В – выпуск умягчённой воды;
Г – многоходовый кран для ручного управления; Д – регулирование подачи воды для взрыхления перед регенерацией; Е – смотровое стекло; Ж – выпуск воды для взрыхления;
З – вывод в канализацию; И – дренажный коллектор; К – дренажные колпачки;
Л – сортированный кварц; М – регенерирующий раствор; Н – ионит;
О – распределительные колпачки; П – подводящий воду коллектор.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества» (принят постановлением Росстата РФ от 17 декабря 1998 г. № 449).
2. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию / А.А.Свитцов – Москва: ДеЛи Принт, 2007. – 208 с.
3. Шаповалов Д.А. Исследование и оптимизация режимов работы обратноосмотических установок в задачах построения ВПУ для ТЭС: дис. канд. тех. наук: 05.14.14 / Шаповалов Дмитрий Александрович; науч. рук. А. А. Пантелеев; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». – Москва, 2016 – 142 с.

4. MONSANTO Technical Bulletin 53-39 (T) ME Multifunctional Metal Ion Control Agents in Aqueous Solutions. Dequest 2040, 2050, 2060. 1983;
5. Козловский В.В. Совершенствование водного режима системоборотного охлаждения ТЭС на основе реагентов ВТИАМИН: дис. канд. тех. наук: 05.14.14 / Козловский Владислав Вадимович; науч. рук. А.Б. Ларин; ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2021 – 156 с.;
6. Ласков Ю.М. / Примеры расчётов канализационных сооружений // Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.И. Калицун: учебное пособие – М.: Стройиздат, 1987. – 255 с.
7. Кокотов Ю.А. / Иониты и ионный обмен // Ю.А. Кокотов – Л.: Химия, 1980. – 152 с.
8. Кунин Р. / Ионообменные смолы // Р. Кунин, Р. Майерс: перевод с англ. А.Л. Козловский – М.: Иностранная литература, 1952. – 207 с.

*Мамаева Н.А., Симаков Р.С., Симаков Н.Ю., Головский В.С., Николаев Е.С.
Mamaeva N.A., Simak R.S., Simak N.Yu., Golavsky V.S., Nikolaev E.S.*

**Цифровизация процессов обеспечения мебелью, инвентарем и вспомогательным
оборудованием Вооруженных Сил РФ**

**Digitalization of the processes of providing furniture, inventory and auxiliary equipment
of the Armed Forces of the Russian Federation**

Аннотация. В статье представляется характеристика разработанной информационной системы АИС Интерьер, предназначенной для цифровизации процессов материально-технического обеспечения Вооруженных Сил. Данная система позволяет планировать потребность в мебели, инвентаре, вспомогательном оборудовании в воинских частях и организациях Министерства обороны Российской Федерации.

Abstract. The article presents a description of the information system AIS Interior designed for the digitalization of the processes of logistics of the Armed Forces. This system allows you to plan the need for furniture, inventory, auxiliary equipment in military units and organizations of the Ministry of Defense of the Russian Federation.

Ключевые слова: АИС Интерьер, цифровизация, материально-техническое обеспечение, мебель, инвентарь

Keywords: AIS Interior, digitalization, logistics, furniture, inventory

Совершенствование системы материально-технического обеспечения связано с необходимостью четкого определения потребности в материально-технических ресурсах, расчете обоснованных норм их запасов, правильного учета имеющихся в распоряжении подразделений Вооруженных сил мебели и инвентаря. Департамент эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами воинских частей и организаций Министерства обороны Российской Федерации является центром ответственности за данное направление в Вооруженных Силах [1].

Авторами в ходе выполнения работы создана электронная форма расчета обеспеченности мебелью с учетом норм, определенных в приказе [2] от 07.06.2017 г. № 333 «Об обеспечении мебелью и инвентарём в ВС РФ» (рис. 1).

Авторский подход к процессам цифровой трансформации сферы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил РФ заключается в использовании собственной технологии проектирования офисных приложений под названием VBA-фреймворк Юпитер, базирующейся на использовании языка Visual Basic for Application [3-5].

№ п.п.	Наименование мебели	На какое количество военнослужащих (помещений, мест) рассчитано	Количество, положенное по норме (шт., м)	Примечание
1	2	3	4	5
I. КАЗАРМЫ И СОЛДАТСКИЕ ОБЩЕЖИТИЯ				
1. Спальное помещение				
1	Спальное помещение для личного состава			
2	Кровать армейская металлическая (с деревянными спинками) типа «Ф», койко-мест	На 1 военнослужащего, проходящего во	1	Курсанты военных образовательных организаций и школ прапорщиков, мичманов, техников размещаются на одноярусных кроватях
	Тумбочка армейская	На 2 человека	1	
	Табурет на металлическом каркасе	На 1 военнослужащего, проходящего во	1	
	Коридор спального помещения (зал)			
3	Шкаф для хранения пальто зимних, головных уборов, шлемов стальных, рюкзаков вещевых и индивидуальных средств химической защиты	На 10 человек	1	В зависимости от площади помещения может изготавливаться по индивидуальному проекту
	Комната информирования и досуга			
4	Стол универсальный войсковой на металлическом каркасе	На комнату	10-16	В зависимости от площади помещения
	Подставка (полка консольная) под телевизор	- " -	1	
	Подставка для цветов	- " -	1-2	
	Трибуна настольная	- " -	1	
4	Комната для канцелярии подразделения (роты)			
5	Стол письменный одногумбовый	На канцелярию	2	Может заменяться на вешалку напольную металлическую на 5 крючков
	Шкаф комбинированный двухстворчатый	- " -	1	
	Вешалка настенная на 5 крючков	- " -	1	
	Кресло мягкое	- " -	1-2	
	Стол журнальный	- " -	1	

Рис. 1. Перечень номенклатуры с указанием категории мебели

Фреймворк (от английского – «основание, структура, каркас») – это технология, с помощью которой обеспечивается быстрое проектирование приложений, облегчается интеграция модулей, процедур и функций объемных проектов. Созданный при участии авторов фреймворк Юпитер обладает типовым набором модулей, классов, функций, форм для оперативного создания приложений на базе офисных программных продуктов.

В процессе создания приложений ядро проекта формируется из набора модулей, обеспечивающих работоспособность всех базовых функций и включающих в себя процедуры обновления/синхронизации програм-

многo кода, математические функции, работу с API-функциями, строками, настройками, инструментами сжатия данных, работу с изображениями, файлами и интернет ресурсами [6]. Одним из ключевых преимуществ данного VBA-фреймворка является свободный характер его использования, наличие базы знаний, сервисов поддержки с видеуроками и возможность консультаций с разработчиками. Временные затраты на проектирования приложений на основе использования данной технологии многократно сокращаются.

Структура VBA-фреймворка Юпитер показана на рисунке 2 и включает более 800 типовых элементов (функции, классы, процедуры, перечисления и т.д.)

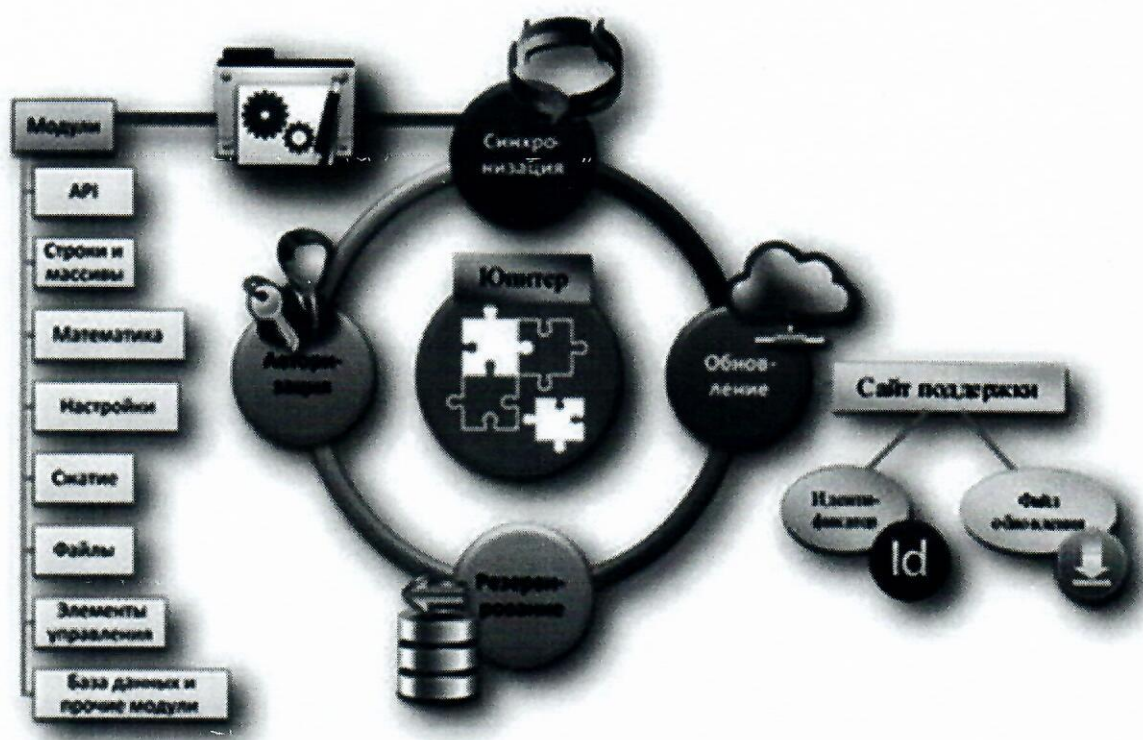


Рис. 2. Структура платформы для быстрого развертывания бизнес-приложений VBA-фреймворк Юпитер

Данный фреймворк создан для российских пользователей и содержит множество процедур и функций на русском языке для облегчения старта в изучении данной технологии и дальнейшей ее поддержки. Также существует возможность сплошной транслитерации программного кода всех используемых модулей для работы в англоязычном окружении.

VBA-фреймворк Юпитер является платформой, на основе которой реализовано несколько десятков приложений, в том числе известная в вузовской среде программа Ассистент, доступная для загрузки в группе ВК Цифровизация+ [7].

Автоматизированная информационная система Интерьер

разработана на основе применения инструментов VBA-фреймворка Юпитер [8] и включает электронную форму расчета обеспеченности Вооруженных Сил Российской Федерации мебелью с учетом норм, утвержденных приказом Министра обороны Российской Федерации 2017 г. №333 «Об обеспечении мебелью и инвентарем в Вооруженных Силах Российской Федерации».

АИС Интерьер выполнена в формате Excel с использованием макросов (минимальная версия офисного пакета – 2007). При запуске АИС Интерьер может возникнуть оповещение системы безопасности, после чего необходимо включить активное содержимое (рис. 3).

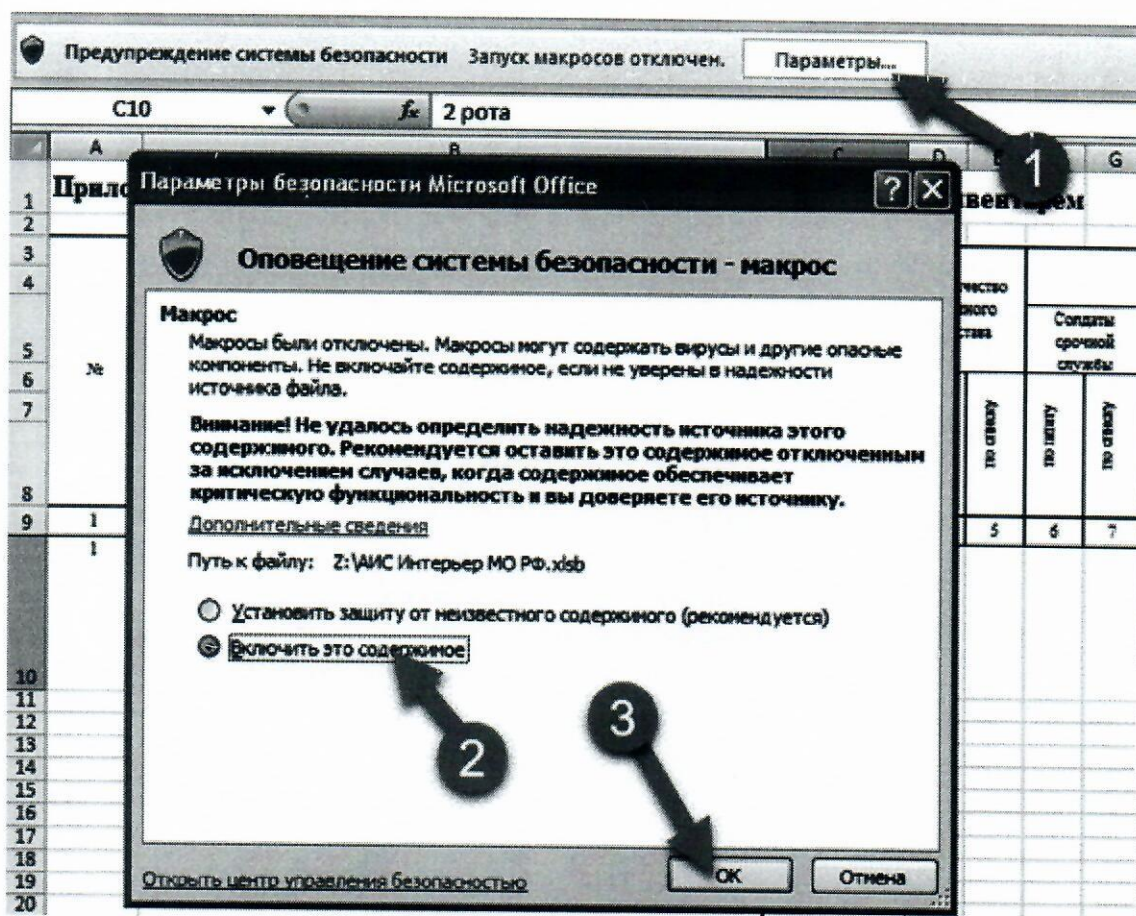


Рис. 3. Оповещение безопасности макросов и включение активного содержимого

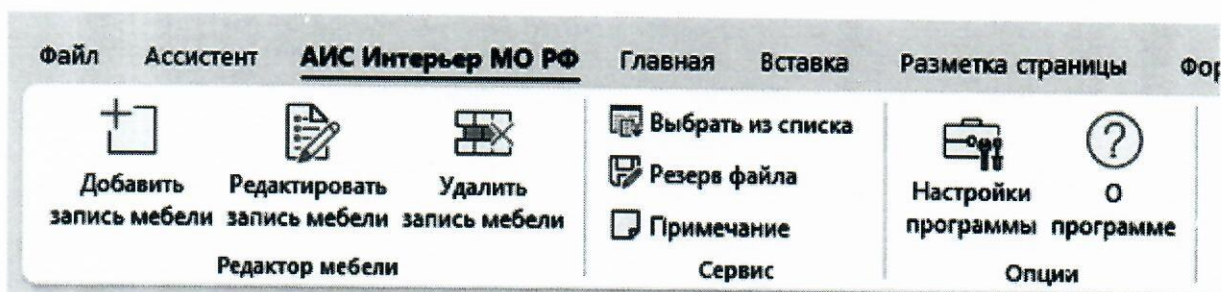


Рис. 4. Панель инструментов программы

Взаимодействие с программой осуществляется через панель инструментов, представленную на рисунке 4.

Для добавления объекта в АИС (записи о мебели) необходимо перейти на лист «Приложение к донесению 333» и нажать на кнопку «Добавить запись мебели», после чего появится окно, представленное на рисунке 5.

Порядок корректировки фактического количества мебели следующий:

- 1) выбрать запись мебели на листе «Приложение к донесению 333», связанную с корректировкой по форме 10;
- 2) нажать на кнопку «Редактировать запись мебели» на панели АИС Интерьер;
- 3) два раза щелкнуть на требуемой позиции мебели;
- 4) внести количество прибывшей мебели со знаком плюс;
- 5) внести количество убывшей мебели со знаком минус;
- 6) нажать на кнопку «Применить»;
- 7) нажать на кнопку «Записать»;

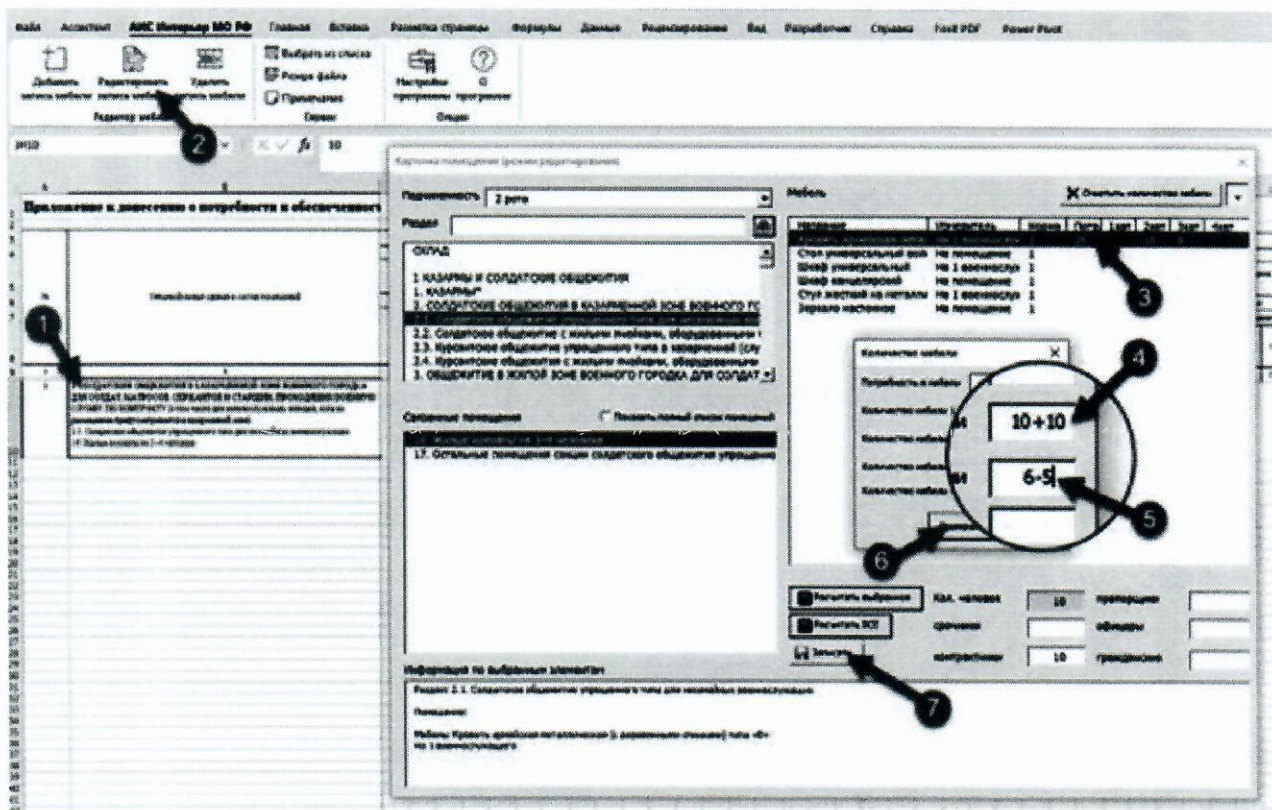


Рис. 5. Окно добавления/корректировки в АИС записи о мебели

8) проверить изменения, внесенные в соответствующие столбцы базы данных на листе «Приложение к донесению 333».

Порядок заполнения структурным подразделением формы 7/ДЭС, включающей сведения по обеспечению мебелью и инвентарем по категориям, содержит сведения о поступлениях и убытиях (рис. 6):

1. Развернуть шапку таблицы, нажав на элемент в позиции 1 на рисунке 6.

2. Заполнить требуемые реквизиты (наименование воинской должности начальника, воинское звание, дата утверждения, наименование организации) – позиция 2 на рисунке 3.

3. Данные по столбцам 11 (прибывшая мебель) и 14 (убывшая мебель) заполняются автоматически с листа «Форма 10».

4. Данные по категориям мебели, подразделениям, складам заполняются автоматически из листа «Приложение к донесению 333».

5. Данные с ненулевыми значениями подсвечиваются в таблице.

Доступ к остальным разделам программы осуществляется по аналогичным принципам, представленным выше. В программе также имеется система резервирования, позволяющая создавать резервные копии на случай сбоя работы системы.

В случае выхода новой версии, после нажатия на кнопку «О программе», на экране появится уведомление о ее загрузке, в ответ на которое необходимо нажать кнопку «Да» для обновления функционала программы.

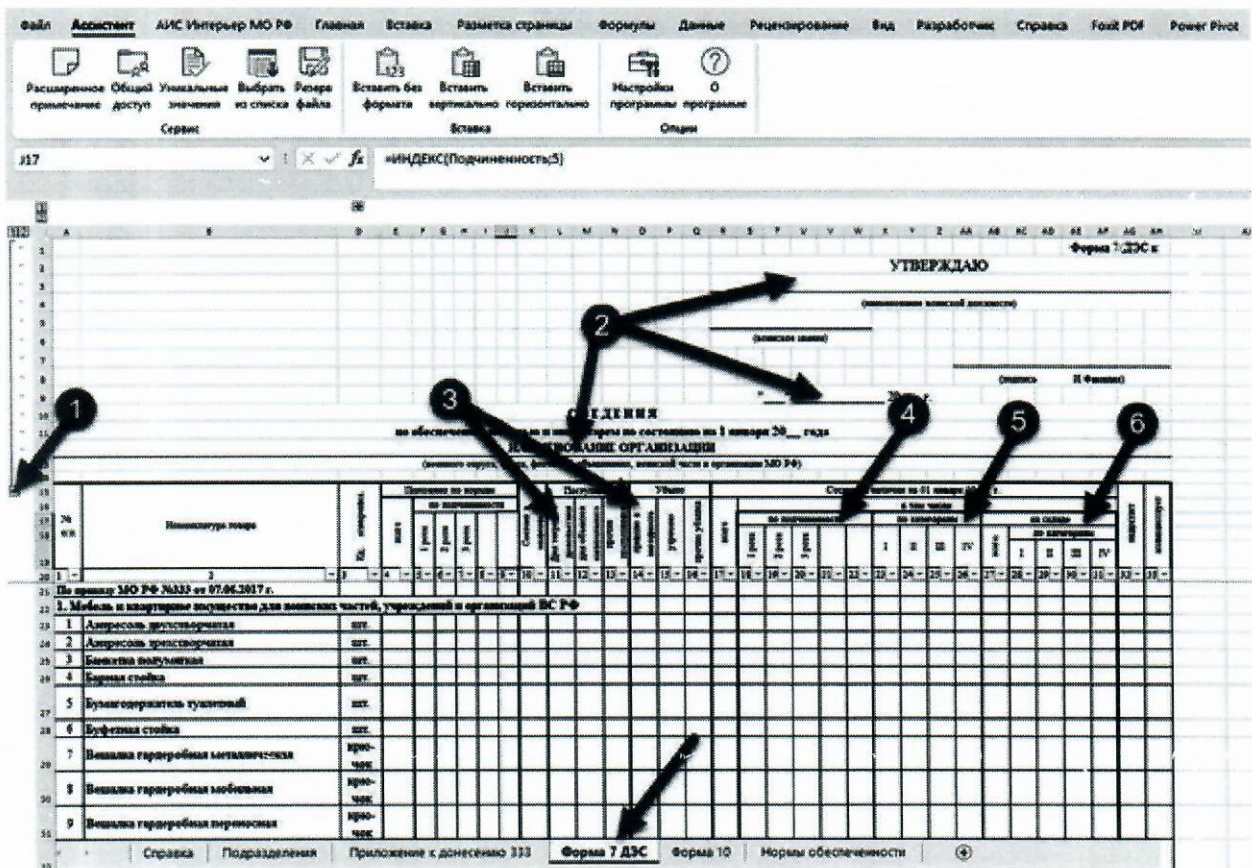


Рис. 6. Структура формы 7/ДЭС

Выводы:

1. Разработанный при участии авторов VBA-фреймворк Юпитер позволяет сформировать базу для проектирования цифровых инструментов в сфере учета мебели, инвентаря и вспомогательного оборудования.

2. Рассмотренные процессы цифровизации в сфере материально-технического обеспечения Вооруженных Сил создают предпосылки для повышения качества и управляемости процессов снабжения мебелью, инвентарем и вспомогательным оборудованием на

основе предложенных авторами цифровых технологий, которые по результатам апробации показали целесообразность и высокую эффективность.

3. Разработанная информационная система «Интерьер» позволяет автоматизировать процессы обеспечения мебелью и инвентарем, снизить трудозатраты обслуживающего персонала, повысить качество управления процессами учета и планирования материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации.

Список литературы:

1. Методические рекомендации по определению потребности и обеспеченности мебелью и инвентарем в Вооруженных Силах Российской Федерации // Под общей редакцией Д.В. Булгакова. – М., 2022. – 36 с.

2. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 07.06.2017 г. № 333 «Об обеспечении мебелью и инвентарём в ВС РФ».

3. Магамедова, А.З. Разработка приложений с использованием системы программирования VBA в программе MS Excel / А. З. Магамедова // Известия Чеченского государственного университета. – 2018. – № 2(10). – С. 18-23.

4. Ожгибесов, О.А. Использование скрипта в MS Visual Basic for Applications для автоматизации рабочих процессов интегрированного моделирования / О.А. Ожгибесов, Е.В. Соболева // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2020. – Т. 2. – С. 307-313.

5. Vladimirov, E. V. Learning the basics of programming in VBA Excel / E.V. Vladimirov, A.V. Korsukov, D.O. Yankin // The Strategies of Modern Science Development: Proceedings of the XV International scientific-practical conference, North Charleston, SC, USA, 16–17 may 2018. – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2018. – P. 152-154.

6. VBA-Фреймворк Юпитер. URL: https://vk.com/topic-174955675_47667941 (дата обращения: 19.05.2023).

7. Группа ВК Цифровизация+. URL: https://vk.com/zifra_plus (дата обращения: 19.05.2023).

8. Симак Р.С., Мамаева Н.А., Симак Н. Ю., Русанов Г.В. Подходы к цифровой трансформации процессов материально-технического обеспечения [Текст] / Приоритетные направления повышения качества подготовки военных специалистов технического обеспечения: материалы X Всероссийской научно-методической конференции. – Омск: ОАБИИ, 2022. С. 185-191.

Вторичная защита железобетонных конструкций методом футеровки полимерными листами с анкерными ребрами при возведении ёмкостных сооружений водоснабжения и водоотведения

Secondary protection of reinforced concrete structures by lining with polymer sheets with anchor ribs during the construction of capacitive water supply and sanitation facilities

Аннотация. В статье рассматривается применение полимерных листов с рельсовидными анкерными ребрами для защиты внутренней поверхности железобетонных конструкций инженерных сооружений от агрессивных воздействий

Abstract. The article discusses the use of polymer sheets with rail-shaped anchor ribs to protect the inner surface of reinforced concrete structures of engineering structures from aggressive influences

Ключевые слова: защита железобетонных конструкций, полимерные футеровочные листы с анкерными ребрами, инженерные емкостные сооружения водоснабжения и водоотведения

Keywords: protection of reinforced concrete structures, polymer lining sheets with anchor ribs, engineering tank structures of water supply and sanitation

При возведении емкостных сооружений водоснабжения и водоотведения актуальной задачей является обеспечение защиты железобетонных конструкций от воздействия воды и агрессивных технологических сред. К емкостным сооружениям водоснабжения относятся обсыпные и заглубленные железобетонные резервуары для хранения питьевой и технической воды, отстойники, фильтры, осветлители, а к сооружениям водоотведения – резервуары для очистки сточных вод, биофильтры, метантенки, аэротенки, песколовки, нефтеловушки, нефтеотделители, отстойники, смесители, фильтры-осветлители.

Первичная защита железобетона путем применения бетона высокой прочности, химической стойкости, водонепроницаемости, износостойкости недостаточна, так как бетон имеет пористую структуру и шероховатую

поверхность, он обладает высоким водопоглощением, проницаемостью для газов и невысокой деформативностью. Воздействие растворенных в воде химически активных сульфатов, хлоридов, соединений аммония и магния, органических и биологических компонентов приводит к коррозии бетона и арматуры, образованию трещин, раковин, поверхностных и объемных дефектов, повреждений и протечек, недопустимых при дальнейшей эксплуатации.

Поэтому для бесперебойной эксплуатации инженерных сооружений на протяжении всего срока эксплуатации необходима их надежная и долговечная вторичная защита от воздействия природно-климатических, технологических и эксплуатационных факторов при воздействии грунтовых вод и технологических сред, содержащих химически и биологически активные вещества. [1].

Для вторичной защиты бетона применяют специальные покрытия, деформативные свойства которых обеспечивают совместную работу с основной конструкцией в течение всего срока эксплуатации, гидроизоляцию и **антикоррозионную** защиту железобетона от агрессивных веществ и сред, герметичность стыков и швов железобетонных конструкций.

Материалы для защитных покрытий должны быть водонепроницаемыми, водостойкими, механически прочными, пластичными и упругими, химически стойкими и долговечными [2-4]. Технологические свойства материалов должны позволять устраивать гидроизоляцию с минимальными материальными и трудовыми затратами (см. рис. 1).

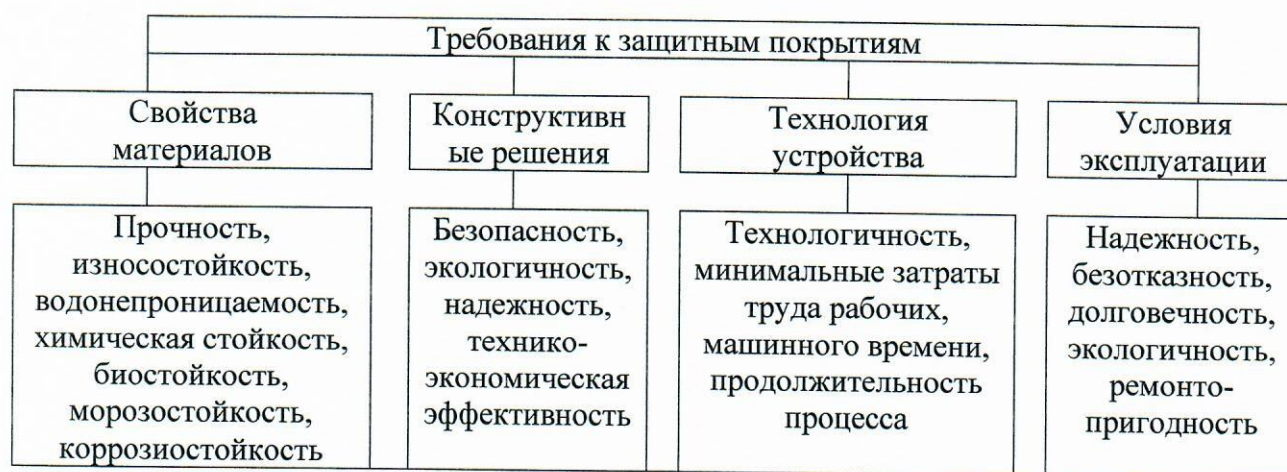


Рисунок 1 –Требования к защитным покрытиям

Опыт применения существующих типов вторичной защиты (табл. 1) показывает, что наиболее надежной среди них является монтируемая футеровка поверхности бетона полимерными листами. Полимерное покрытие обеспечивает полную водонепроницаемость, низкое водопоглощение, высокую морозостойкость и химическую стойкость, сопротивление растрескиванию и тепловому старению, эластичность, экологическую безопасность, предохраняет железобетонную конструкцию от возможных механических, физических и химических повреждений в течение не

менее 50 лет. Кроме того полиэтилен, полипропилен и его компоненты полностью производятся в Российской Федерации. Температурный интервал, при котором обеспечивается надежная эксплуатация гидроизоляции на основе полимерных футеровочных листов, составляет от -20 до +40 °С [5-8].

Полимерные листы производят на специализированных российских предприятиях в том числе: ООО «Гидроизоляционные инженерные сооружения», группой компаний «ТехПолимер», АО НПП «ГИДРОПОЛИМЕР», АО «Сосновскагропромтехника» [9-12].

Таблица 1
Характеристики материалов для вторичной защиты

Виды вторичной защиты	Наименование материалов	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
Окрасочная, мастичная	Органические, полимерные, битумно-полимерные, цементно-полимерные составы	Простота устройства, доступность материалов, легко наносится	Недолговечность при воздействии жидких сред, деформациях, токсичность, плохая адгезия
Пропиточная, инъекционная	Гидрофобизирующие составы, инъекционные растворы, цементные составы проникающего действия, жидкое стекло	Простота устройства, доступность материалов, легко наносится	Недолговечность, низкая механическая прочность, низкая трещиностойкость
Оклеечная	Рулонные и листовые материалы на основе битумных и полимерных материалов	Сохранение своей сплошности при деформациях	Недолговечность, опасность повреждения вследствие проколов, высокая стоимость.
Штукатурная	Цементные растворы, полимер-растворы, асфальтовые растворы, торкретрастворы	Высокие механические характеристики	Недолговечность, Неоднородность с основанием, низкая адгезия к основанию
Шовная	Герметизирующие составы, прокладки, шнуры, гидрошпонки	Возможность обеспечения надежной защиты	Недолговечность при неправильном подборе материалов
Монтируемая футеровка	Металлические, полимерные и бентонитовые листы, полимерные пленки	Наиболее долговечная и надежная	Неоднородность с основанием, высокая стоимость материала

Фиксация полимерных футеровочных листов к бетонным конструкциям производится отдельными анкерными выступами V-образной формы, располагающимися в шахматном порядке или анкерными ребрами рельсовидного, Т-образного различного профиля (см. рис. 2). Полимерные листы изготавливают методом экструзии из полипропилена или полиэтилена отечественного производства со специальными добавками и красителями.

Для оценки эксплуатационных свойств футеровочных листов в бетонных конструкциях был проведен комплекс испытаний на прочность сцепления (анкеровки) с бетоном, определение средней

плотности, водопоглощения, модуля упругости. Испытания проводились на полноразмерных промышленных образцах футерованных железобетонных конструкций.

Класс бетона всех железобетонных смотровых конструкций соответствовал В15. Сами конструкции испытывались в проектном возрасте, а до испытаний хранились в одинаковых условиях бетонного завода «БетонМикс» (г. С-Петербург). Результаты определения эксплуатационных характеристик приведены в табл. 2.

Лучшие эксплуатационные характеристики показали футеровочные листы с анкерными ребрами рельсовидного профиля производства АО НПП «ГИДРОПОЛИМЕР».

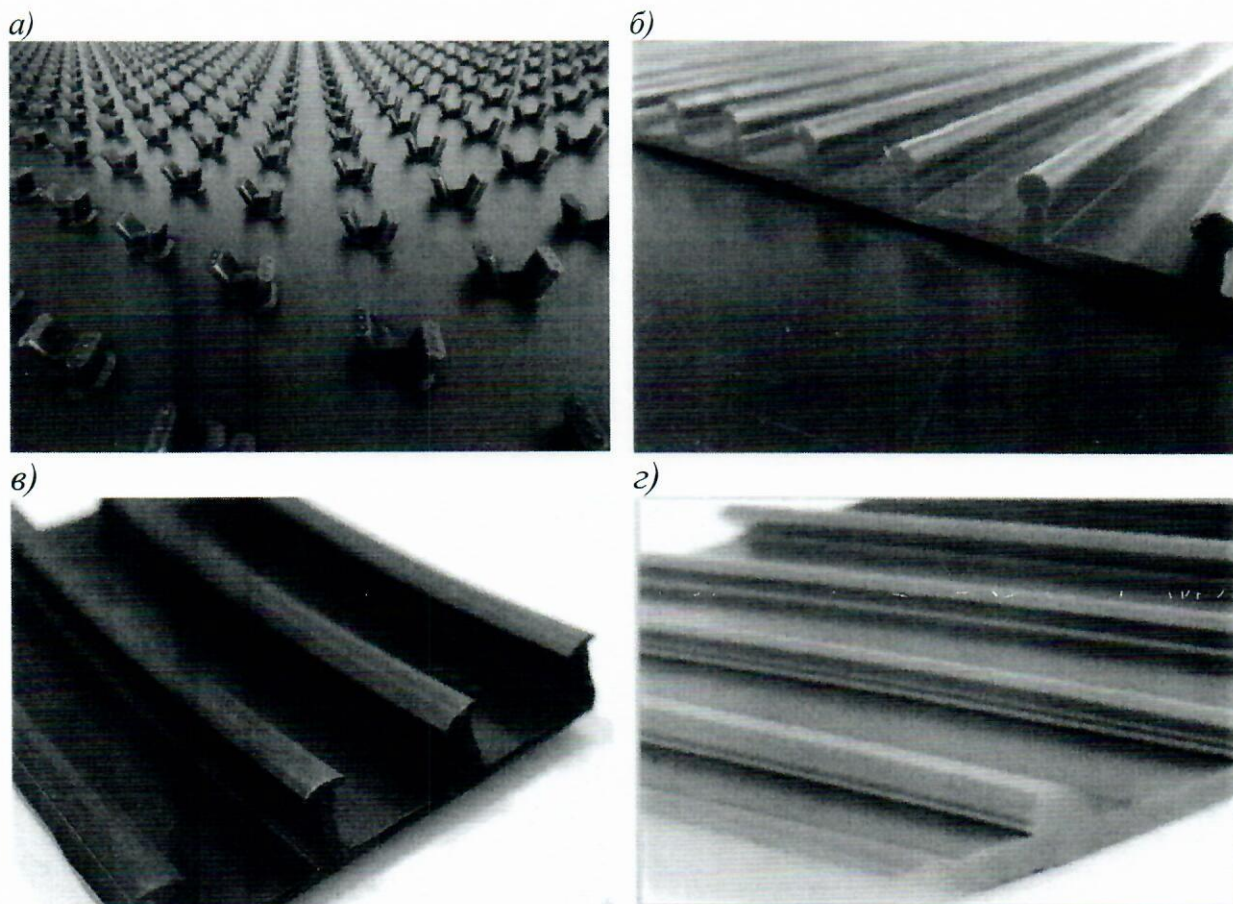


Рисунок 2 – Виды анкерных полимерных листов российских предприятий:
а – с анкерами V-образной формы АО «Сосновскагропромтехника»; *б* – с рельсовидными анкерными ребрами АО НПП «Гидрополимер» *в* – с Т-образными анкерными элементами группы компаний «ТехПолимер»; *г* – облицовочные панели ООО «Гидроизоляционные инженерные сооружения»

Таблица 2

Результаты испытаний футеровочных листов

Вид испытания	Испытанные футеровочные листы производства:				
	АО «Сосновскагропромтехника»	с V-образными анкерами ГК «ТехПолимер»	с Т-образными анкерами ГК «ТехПолимер»	ООО «Гидроизоляционные инженерные сооружения»	АО НПП «Гидрополимер»
Прочность сцепления (анкеровка), МПа	0,25	0,27	0,31	0,28	0,39
Средняя плотность, кг/м ³	937	962	1000	957	936
Модуль упругости, МПа	780	802	789	800	809
Водопоглощение, %	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01

Монтаж сборных железобетонных изделий с футеровкой полимерными листами выполняют по традиционной технологии. Надежную герметизацию стыков и швов выполняют с помощью экструзионной сварки.

Разделку кромок свариваемых листов производят непосредственно перед сваркой. Она заключается в срезке скоса кромок и снятии верхнего окисленного слоя полимерного материала.

Вторичную защиту монолитных железобетонных конструкций полимерными листами с анкерными ребрами выполняют при их возведении. Полимерные листы поставляют в пакетах, с укладкой попарно ребрами друг к другу. В заводских условиях выполняют сборку полимерных листов в укрупненные элементы для установки их в стены, колонны, балки перекрытий. Лицевая сторона листов должна быть ровной и гладкой, не допускаются пузыри, зазубрины, раковины, трещины и порезы.

Возведение монолитных железобетонных конструкций емкости для питьевой воды объемом 1000 м³ с футеровкой внутренних поверхностей полимерными листами выполняют попарно в соответствии с установленными нормативными требованиями. Сначала бетонируют плиту днища, затем возводят стены, колонны и ребристую плиту покрытия с внутренней футеровкой. После этого выполняют футеровку поверхности плиты днища.

Футеровку вертикальных поверхностей стен выполняют в ходе железобетонных работ в следующем порядке: устанавливают арматурные конструкции, закладные детали и пластиковые фиксаторы защитного слоя бетона типа «звездочка»; монтируют с помощью грузоподъемного крана крупнощитовую разборно-переставную инвентарную опалубку стен с внутренней стороны сооружения с раскреплением ее подкосами.

После этого устанавливают укрупненные футеровочные листы, соответствующие высоте стен, лицевой стороной вплотную к опалубке при вертикальном расположении анкерных ребер с соединением смежных листов встык; прижимают футеровочные листы к палубке по всей длине съёмными деревянными брусками, установленными

выше отметки верха бетонирования между арматурой и футеровкой, и закрепляют по всей площади с помощью фиксаторов защитного слоя; выполняют экструзионную сварку вертикальных швов при помощи ручного сварочного экструдера (рис. 3, а), устанавливают крупнощитовую разборно-переставную инвентарную опалубку стен с наружной стороны конструкции с креплением подкосами (без установки стяжных шпилек) (рис. 3, б); послойно укладывают и уплотняют бетонную смесь в конструкцию горизонтальными слоями толщиной 400-500 мм с уплотнением глубинными вибраторами с гибким валом (рис. 3, в); выдерживают бетон до набора им не менее 70 % проектной прочности; снимают опалубку и выполняют приемку выполненных работ.

Футеровку наружных поверхностей колонн выполняют в следующем порядке: устанавливают арматурные конструкции и полимерные фиксаторы защитного слоя; устанавливают инвентарную крупнощитовую опалубку колонны с креплением подкосами; опускают в опалубку укрупненные элементы (короба) футеровки вплотную к палубе опалубки и фиксаторам защитного слоя бетона; непрерывно укладывают и уплотняют бетонную смесь в конструкцию горизонтальными слоями толщиной 400-500 мм с уплотнением глубинными вибраторами с гибким валом; выдерживают бетон до набора им не менее 70 % проектной прочности; снимают опалубку и выполняют приемку выполненных работ (рис. 3, г).

Футеровку внутренней поверхности покрытия выполняют в следующем порядке: устанавливают мелкощитовую опалубку перекрытия на инвентарных телескопических стойках; укладывают укрупненные элементы футеровки балок

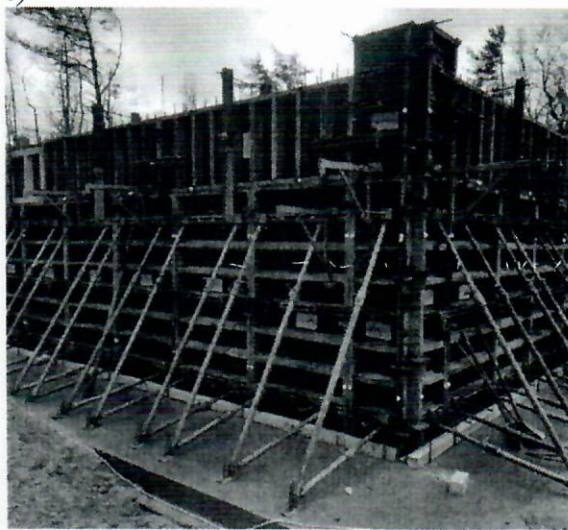
(корытного типа) и плитной части перекрытия ребрами вверх с соединением смежных элементов встык; сваривают стыки между листами при помощи ручного сварочного экструдера; устанавливают пластиковые фиксаторы типа «кубик» (рис. 4, а), устанавливают арматуру

в соответствии с проектом (рис. 4 б); непрерывно полосами укладывают и уплотняют бетонную смесь (рис. 4, в); выдерживают бетон до набора им не менее 70 % проектной прочности; разбирают опалубку и выполняют приемку выполненных работ.

а)



б)



в)



г)



Рисунок 3 – Футеровка стен и колонн:

а – установка и закрепление футеровки; б – установка наружной опалубки;
в – бетонирование стен и колонн; г – распалубка

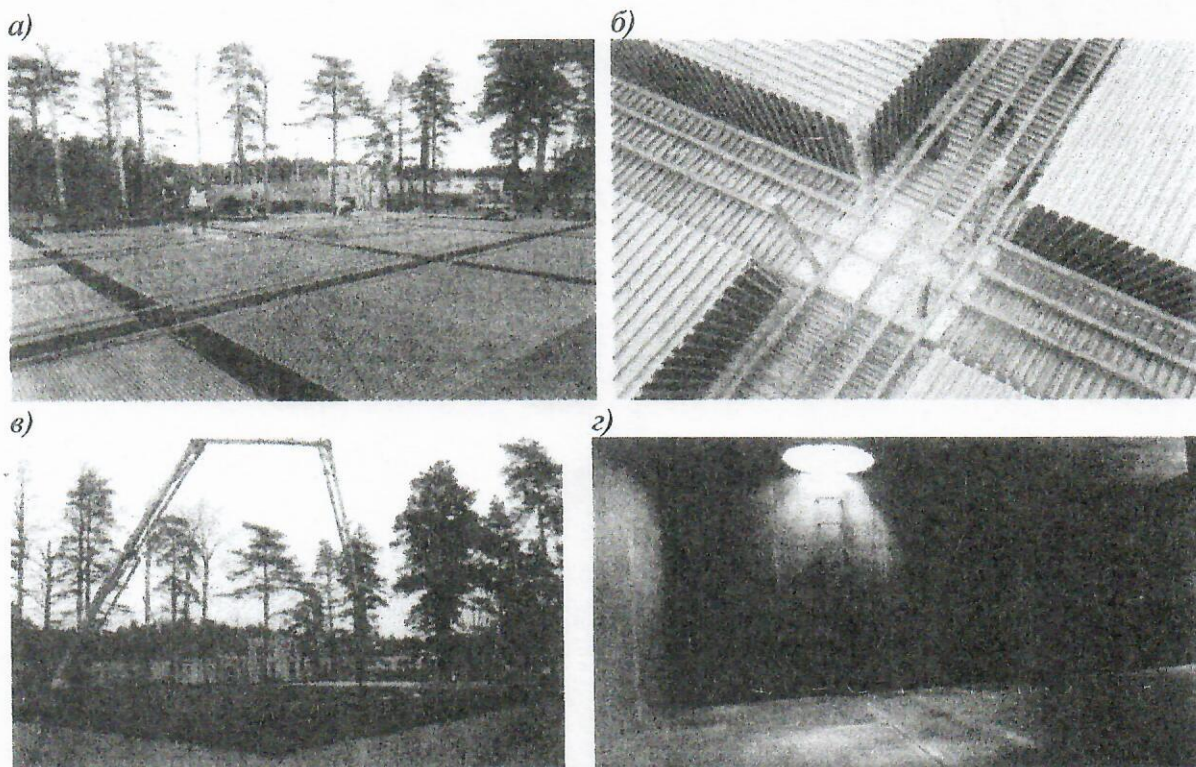


Рисунок 4 – Футеровка плиты покрытия и днища:
 а – укладка футеровки на установленную опалубку; б – установка арматуры;
 в – бетонирование; г – вид футеровки поверхности днища

Футеровку поверхности днища выполняют в следующем порядке: очищают бетонное основание; укладывают арматурную сетку и фиксаторы защитного слоя бетона; выполняют укладку и укрупнительную сборку листов футеровки в полосы шириной 1500 мм на всю длину днища со сваркой стыков между листами при помощи ручного сварочного экструдера; последовательно укладывают, уплотняют и выравнивают бетонную смесь полосами шириной 1500 мм; укладывают на поверхность свежеложенной бетонной смеси полимерную футеровку ребрами вниз, пригружают ее листами бакелизированной фанеры, мешками с песком и установкой телескопических стоек враспор с плитой покрытия; выдерживают бетон до набора им не менее 70 % проектной прочности; снимают пригрузки. После распалубки изолированную поверхность тщательно осматривают, очищают и сваривают стыки футеровки

с помощью ручных экструдеров шнекового или плунжерного типа (рис. 4, г).

Выявленные мелкие дефекты полимерного покрытия, порезы (≤ 3 мм) устраняют сварочным экструдером. Порезы покрытия также могут быть устранены сваркой. Для устранения вырывов шириной более 15 мм применяют накладки из полиэтиленового листа.

При футеровке как сборных, так и монолитных железобетонных конструкций обеспечивается надежная защита конструкций в течение всего срока эксплуатации от любых агрессивных сред, в том числе кислот, щелочей, нефтепродуктов. Полимерное покрытие обеспечивает полную водонепроницаемость, низкое водопоглощение, высокую морозостойкость, экологичность и хорошие диэлектрические свойства. Футеровка обладает эластичностью, высоким сопротивлением растрескиванию и тепловому старению, она экологична и инертна к агрессивным средам.

Температурный интервал, при котором обеспечивается надежная эксплуатация гидроизоляции на основе полимерных футеровочных листов, составляет от -20 до +40°C. Срок эксплуатации футерованных конструкций емкостных сооружений не менее 50 лет. К преимуществам этой технологии относится небольшой вес футеровочного покрытия, его прочное сцепление с бетоном, возможность получения герметичного, прочного и цельного покрытия

в сжатые сроки в ходе железобетонных работ.

Вывод: оценивая преимущества использования футеровки бетонных и железобетонных конструкций инженерных сооружений, становится очевидным, что применение футеровочных листов это один из наиболее перспективных путей решения задач обеспечения бесперебойной эксплуатации железобетонных конструкций инженерных сооружений водоснабжения и водоотведения.

Список литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2007 – 528 стр.
2. Грицук П.Д., Денисов В.Н., Сауц В.Н. Футеровка железобетонных конструкций инженерных сооружений полимерными листами // Проектные и изыскательские работы в строительстве. 2020. №12. С. 82-87.
3. Денисов В.Н., Сауц В.Н., Грицук П.Д. и др. Технология футеровки емкостных сооружений из монолитного железобетона полимерными листами // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. №810(11). С. 82-87.
4. Денисов В.Н., Сауц В.Н., Грицук П.Д. и др. Гидроизоляция железобетонных конструкций инженерных сооружений полимерными листами с анкерными ребрами на объектах военной инфраструктуры // Внедрение современных технологий на объектах жилищно-коммунального хозяйства МО РФ: сборник докладов круглого стола в рамках научно-деловой программы Международного военно-технического форума «Армия-2022». Санкт-Петербург, 2022. С. 160-164.
5. Бирюков А.Н., Дудурич Б.Б., Грицук А.П. Применение полимерных футеровочных листов для проведения ремонтов и реконструкций эксплуатируемых объектов военной инфраструктуры // Современное состояние эксплуатационного содержания казарменно-жилищного фонда Министерства обороны России и инновационные пути перспектив его развития: сборник докладов круглого стола. 2018. С. 261-268.
6. Бирюков А.Н., Денисов В.Н., Бирюков Ю.А. Восстановление объектов военной инфраструктуры при ликвидации последствий вооруженных конфликтов: монография. СПб.: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2019. 338 с.
7. Бирюков А.Н., Дудурич Б.Б., Казаков Ю.Н., Токарев Н.В. Применение композитных материалов при строительстве, ремонте и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры // Строительные и дорожные машины. 2017. № 10. С. 46-52.
8. Бирюков А.Н., Кузьменко А.П., Песчанский Г.А. Совершенствование эффективности организации реконструкции зданий. // Вестник гражданских инженеров. 2006. №3(8). С. 70-76.
9. ТУ 2246-003-56910145-2014 Бетонозащитный лист с V-образными дискретными анкерными элементами, расположенными в шахматном порядке, изготавливается из полиэтилена высокой плотности (HDPE).
10. ТУ 2246-002-56910145-2014 Полимерный лист с Т-образными анкерными элементами для защиты монолитных железобетонных конструкций.
11. ТУ 2291-001-66001828-2013 Облицовочные панели (вкладыши) «ЭКОВЭЛЛ» из полиэтилена низкого и среднего давления высокой плотности с анкерными элементами крепления для гидроизоляции и антикоррозионной защиты железобетонных канализационных колодцев, канализационных насосных станций, а также для резервуаров чистой воды.
12. ТУ 22-4600-9-001-11146988-2015 Футеровочный лист с анкерными ребрами.

**Способ обеспечения водоходных свойств военной гусеничной машины
при боевых повреждениях корпуса и устройство для его реализации**
**A method for ensuring the water-bearing properties of a military tracked vehicle in case
of combat damage to the hull and a device for its implementation**

Аннотация. В статье представлен способ обеспечения водоходных свойств военной гусеничной машины при боевых повреждениях корпуса, описано устройство для реализации предлагаемого способа. Определено влияние водных преград на порядок ведения боевых действий, роль прибрежного течения в снижении скоростных показателей гусеничной техники на плаву. Рассмотрены такие водоходные свойства, как ходкость, непотопляемость и их влияние на преодоление водной преграды, представлен анализ технических решений по обеспечению водоходных свойств военной гусеничной техники.

Abstract The article presents a method for ensuring the water-bearing properties of a military tracked vehicle in case of combat damage to the hull, describes a device for implementing the proposed method. The influence of water barriers on the order of warfare, the role of the coastal current in reducing the speed indicators of tracked vehicles afloat is determined. Such water-navigable properties as seaworthiness, unsinkability and their influence on overcoming a water barrier are considered, an analysis of technical solutions to ensure the water-navigable properties of military tracked vehicles is presented.

Ключевые слова: непотопляемость, ходкость, водная преграда, водоходные свойства военной гусеничной техники, максимальная скорость движения на плаву, повреждения корпуса в районе ватерлинии, водооткачивающие насосы, пробоина корпуса, водонепроницаемые поплавки.

Keywords: unsinkability, seaworthiness, water barrier, water-navigable properties of military tracked vehicles, maximum speed afloat, hull damage near the waterline, water pumps, hull hole, waterproof floats.

Военная гусеничная техника является основой обеспечения подвижности войск, оказывает определяющее влияние на боевую готовность и боевые возможности частей и соединений любого государства, широко используется в качестве базовых шасси под монтаж ракетных и зенитно-ракетных комплексов, артиллерийских установок и систем залпового огня, средств управления и связи. Это конструктивно сложная техника, впитавшая в себя последние достижения науки. Она характеризуется высокой надежностью, большой долговечностью, защищенностью, уникальными параметрами проходимости, приспособленностью к эксплуатации практически в любых условиях, в том числе и способностью плавать. Гусеничная техника менее связана с дорогами, чем, например, железнодорожный транспорт, более мобильный и оперативный способ передвижения, представляет возможность

перемещения личного состава, вооружения и боеприпасов по обходным дорогам, колонным путям и, в случае необходимости, преодолевать водные преграды [1].

Водные преграды относятся к наиболее распространенным естественным препятствиям при ведении боевых действий, являясь сдерживающим фактором, определяющим темпы наступательных операций. Учитывая повторяемость водных преград, например, на северо-западном стратегическом направлении, при условии, что отступающие подразделения противоборствующей стороны уничтожат большинство автомобильных и железнодорожных мостов, вероятность форсирования водных преград под огнем противника очень высока.

Наиболее сложными водными преградами на континентальных театрах военных действий являются реки, так как течение влияет на снос машины в сторону от

предполагаемого выхода на берег. Максимальная скорость движения на плаву является одним из основных показателей плавающей машины, определяющим временной показатель преодоления водной преграды, позволяет прогнозировать место достижения ею участка суши.

Прибрежные течения снижают скорость гусеничной машин на плаву из-за необходимости ей противодействия для выдерживания заданного курса движения. Приливно-отливным течениям подвержены наиболее широкие части рек, уровень приливов и отливов которых колеблется от 0,2 до 4,7 м. Это, с одной стороны, ухудшает условия для установки противником заграждений на урезе воды, а с другой, значительно ухудшает условия выхода плавающих машин из водоема. Волнения в прибрежной зоне характеризуются формами и размерами волн, а также режимом их распространения. Наиболее характерными являются волны, образующиеся под действием ветра. Ветровые волны, как и силу ветра, принято характеризовать в баллах. Всем известно, что волны распространяются в направлении берега. Следует отметить, что волнение в прибойной зоне вблизи берега по своему характеру и последствиям воздействия на гусеничную машину более сложное явление, чем волнение далеко от берега на больших глубинах. Энергия прибойных волн значительна. Следовательно, вход в воду и выход гусеничной техники на берег в прибойной зоне являются сложными процессами и требуют высокой надежности машин, в частности, конструктивных элементов корпуса, ходовой части, движительно-рулевого комплекса [2].

Успешное преодоление плавающей машиной водной преграды определяется двумя тесно связанными между собой водоходными свойствами – ходкостью и непотопляемостью. Ходкость техники – это её способность перемещаться с заданной скоростью при наименьших затратах мощности главных двигателей. Она определяет не только время преодоления водной преграды, количество перевозимого груза в единицу времени, но и способность машин преодолевать реки с достаточно большими скоростями течения. В свою

очередь, под непотопляемостью принято понимать способность техники сохранять остойчивость после затопления одного или нескольких отсеков корпуса.

При получении корпуса плавающей гусеничной машины боевого повреждения в районе ватерлинии или ниже, забортная вода начнет поступать через пробоину. Это приведёт к увеличению массы транспортного средства и, как результат, к его более глубокой просадке, увеличению сопротивления движению, уменьшению ходкости и возможному полному затоплению [3-5].

Основы теории плавания бронетанковой техники в различные годы разрабатывались и совершенствовались в Военной академии бронетанковых войск, Военной академии тыла и транспорта, Всероссийском научно-исследовательском институте транспортного машиностроения, Московском автомобильно-дорожном институте, Московском государственном техническом университете, Тамбовском государственном техническом университете, 21 и 38 научно-исследовательских институтах Министерства Обороны Российской Федерации и др. При проведении исследований рассматривались, как правило, вопросы обеспечения плавучести, остойчивости, проходимости на мелководье, управляемости машин на плаву за счет применения различных конструктивных решений. В обоснованиях плавающих отечественных гусеничных машин комплексные расчеты ходкости и непотопляемости с учётом влияния поступающей забортной воды через боевое повреждение фактически не проводились. Водоходные свойства гусеничной техники обеспечивались путем установки и совершенствования различных вариантов гидродинамического оборудования для плава. Теоретические исследования сводились к оценке влияния установленного гидродинамического оборудования на формирование силы тяги гусеничного водоходного движителя, на определение гидродинамического (буксировочного) сопротивления движению плавающей техники.

Так, анализ стоящих на вооружении в Министерстве Обороны Российской

Федерации двухзвенных транспортеров показал, что на них установлены лишь водооткачивающие насосы (помпы), которые должны обеспечивать поддержание водоходных свойств на требуемых параметрах при поступлении заборной воды в корпус. Установка дополнительных устройств, для обеспечения водоходных свойств техники при её повреждении, не предусматривалось.

При анализе ряда исследований [6-7] было установлено, что производительности стандартных водоотливных средств явно недостаточно для надежной эксплуатации гусеничной техники при преодолении водной преграды. В случае возникновения значительных площадей повреждений с работающими водооткачивающими помпами затопление происходит довольно быстро, при этом ходкость техники уменьшается в разы. Так при площади повреждения равной $0,02 \text{ м}^2$ время затопления составит 510 с, а ходкость плавающей гусеничной техники снизится в 2,5 раза, при площади повреждения $0,3 \text{ м}^2$ время затопления составит всего лишь 10 с. и ходкость резко будет стремиться к нулевому показателю.

Для обеспечения водоходных свойств военной гусеничной машины при боевых повреждениях корпуса предлагается способ, основанный на обеспечении предотвращения проникновения воды через возникшую в результате применения противником оружия пробоину. Для реализации способа используется специальное устройство, которое крепится к каждому из двух бортов у основания корпуса плавающей гусеничной военной техники. Основными элементами устройства являются съемная выдвижная штора и две гибкие телескопические рейки. см. рис 1. Штора с рейками размещаются в футляре, который оснащен электромагнитным замком, управляемым при помощи электрической цепи, состоящей из электромагнитного реле и выключателя, соединенного электрическими проводами со штатной аккумуляторной батареей [8].

Сущность способа заключается в том, чтобы при преодолении водной преграды военной техникой, после воздействия огневых средств поражения противника и пробития корпуса предотвратить поступление воды через пробоину и не допустить наполнения внутреннего объема плавающей гусеничной машины.

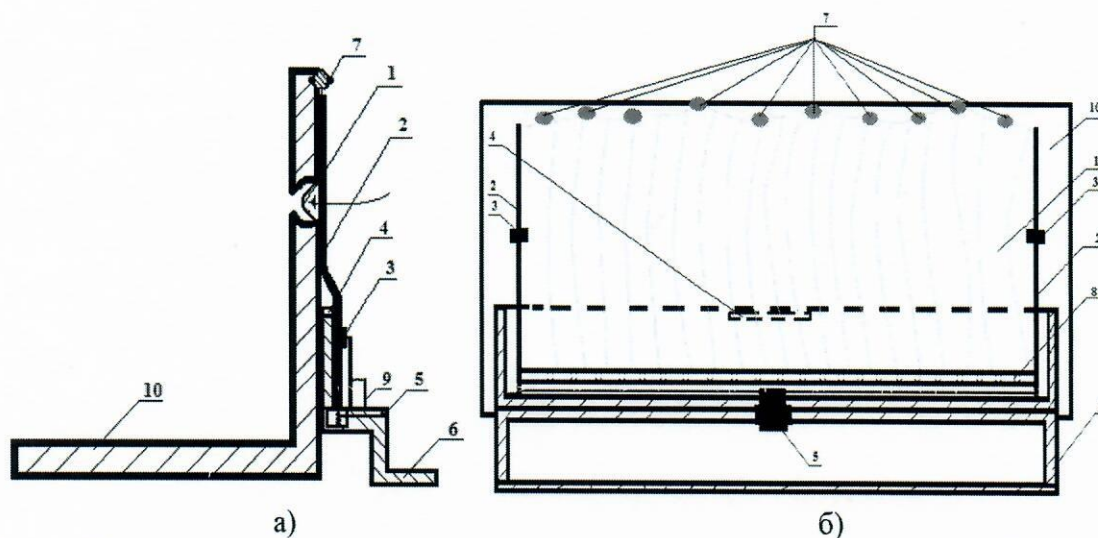


Рис. 1. Устройство для защиты от проникновения воды в корпус поврежденной военной техники в сработавшем состоянии

1 – съемная выдвижная штора; 2 – гибкая телескопическая рейка крепления съемной выдвижной шторы; 3 – прижимное устройство; 4 – электромагнитный замок открывания футляра; 5 – петля с пружиной крышки футляра; 6 – футляр; 7 – поплавки; 8 – уплотнительное основание съемной выдвижной шторы, крепящееся к внутренней части футляра и гибким телескопическим рейкам, 9 – стержень, с закреплённой на нём пружиной; 10 – корпус военной техники. а – вид сбоку; б – вид спереди

Предлагается вместе с использованием штатного водооткачивающего оборудования обеспечить водоходные свойства, для чего воздействовать на полученное повреждение с внешней части корпуса плавающей гусеничной машины.

При преодолении водной преграды и получения пробоины военной гусеничной машины механик-водитель нажимает на один из выключателей. см. рис. 2 в зависимости от места повреждения в одном из двух левом, либо правом борту корпуса, тем самым размыкая электрическую цепь воздействуя на одно из электромагнитных реле, чем прекращает его работу. Результатом действий механика-водителя будет открытие крышки футляра устройства для защиты от проникновения воды в корпус поврежденной военной техники за счёт

прекращения действия удерживающей силы электромагнитного замка и опрокидывающей силы петли с пружиной крышки футляра.

При открытии крышки футляра петля с пружиной рычагом воздействует на запорные механизмы телескопических реек, которые срабатывают, обеспечивая возможность выполнение работы пружинами, находящихся до этого в сжатом состоянии. Как результат, от пружины на внутренние секции гибких телескопических реек будет передана механическая энергия, вызывающая воздействие секций большего диаметра на секции с меньшим диаметром, что приведет к полному раскрытию гибких телескопических реек совместно со съемной выдвижной шторой, имеющей уплотнительное основание.

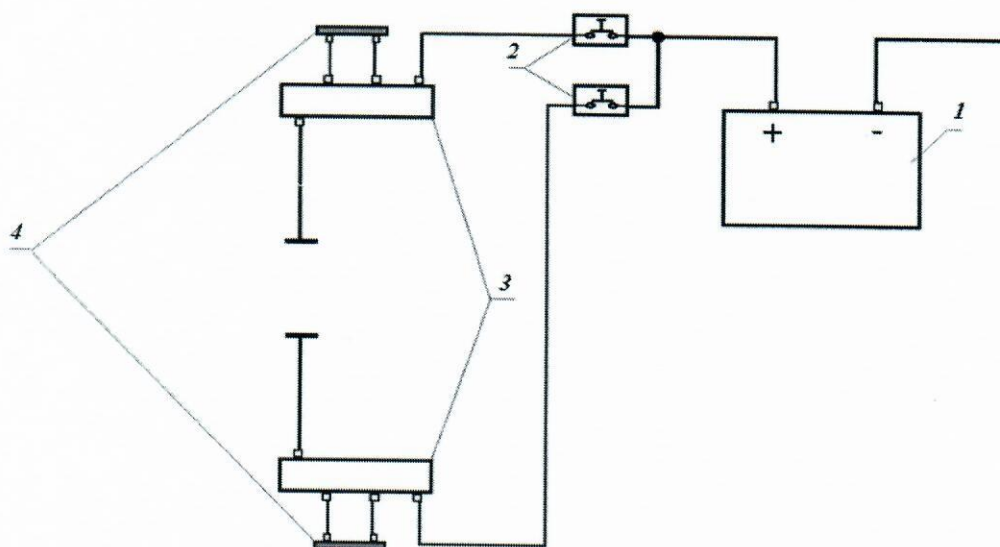


Рис. 2. Схема электрической цепи работы устройства.

1 – штатная аккумуляторная батарея; 2 – выключатели; 3 – электромагнитные реле;
4 – электромагнитный замок открывания футляра

Водонепроницаемые поплавки всплывают и удерживают съемную выдвижную шторку у уреза воды. Прижимные устройства, расположенные напротив стержней, жестко прижимают под воздействием пружин, закрепленных на стержнях, гибкие телескопические рейки к внутренней части футляра и корпусу военной гусеничной техники [9-11].

Съемная выдвижная шторка под действием напора воды, стремящегося в корпус военной гусеничной техники для заполнения внутреннего объема, затягивается, тем самым поток воды

прекращается. Время обеспечения водоходных свойств военной гусеничной машины при помощи представленного способа, в основном, зависит от реакции механика – водителя и времени нажатия на выключатель, время же срабатывания устройства составляет не более 2,5 секунд. Этого времени будет недостаточно для проникновения большого количества воды в корпус плавающей гусеничной техники, что позволит обеспечить выход машины на берег и продолжение выполнения ею поставленных задач.

Вывод. Таким образом, использование способа обеспечения водоходных свойств военной гусеничной машины при боевых повреждениях позволит достигнуть обеспечения её живучести при преодолении

водной преграды и огневого поражения противником вследствие предотвращения поступления воды через пробойну за счёт воздействия на пробойну с внешней части корпуса.

Список литературы:

1. Нечаев В.В. Система технической эксплуатации военной автомобильной техники: анализ функционирования, возникающие противоречия, постановка научной проблемы. // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. Вып. 9-10 (147-148) / В.В. Нечаев. – СПб.: ЗАО НПО «Специальных материалов», 2020. – С. 94-03.
2. Куранов М.О. Поярков С.С., Майстренко В.А. Анализ условий применения образцов вооружения и военной техники на базе двухзвенных гусеничных машин // Стратегическая стабильность № 2 (99) / М.О. Куранов, С.С. Поярков, В.А. Майстренко. 2022. – С. 6–9.
3. Нечаев, В.В. Методы поддержания и обеспечения работоспособного состояния автомобильной техники. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Вып. 3 / В.В. Нечаев. – Тамбов: ТГТУ, 2020. – С. 459-471.
4. Нечаев В.В. Моделирование системы регламентированного технического обслуживания автомобильной техники. // Строительные и дорожные машины. Вып. 12 / В.В. Нечаев. – М.: «Инновационное машиностроение», 2019. – С. 37-40.
5. Игнатьев С.В. Оценка эффективности функционирования и направления совершенствования процессов поддержания и обеспечения работоспособного состояния военной автомобильной техники. // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. Вып. 1-2 (139-140) / С.В. Игнатьев, В.В. Нечаев. – СПб.: ЗАО НПО «Специальных материалов», 2020. – С. 36-42.
6. Щербо, А.Н. О структуре свойства «эффективность» плавающей боевой машины / А.Н. Щербо, А.С. Шикин // Вестник сибирского отделения академии военных наук. – Омск, 2019. – № 23. – С. 453-457.
7. Серяков, О.А. Оценка непотопляемости самоходной противотанковой пушки 2С25 «Спрут-СД» при форсировании водной преграды: Вестник академии военных наук. Выпуск № 4 (45) / О.А. Серяков, А.Н. Щербо, Н.И. Сеначин. – М.: ФГУП «Военное издательство МО РФ», 2013. – С. 187-190.
8. Патент на изобретение № 2787896. Устройство для защиты от проникновения воды в корпус поврежденной военной техники. / В.В. Нечаев, М.О. Куранов, С.С. Поярков, В.А. Нечаева, В.С. Байдала. А.И. Коваль. Заявитель и патентообладатель Нечаева В.А. – Опубликовано: 13.01.2023. Бюл. № 2.
9. Патент на изобретение № 2708774. Способ эксплуатации автомобильной техники / В.В. Нечаев. Заявитель и патентообладатель Нечаев В.В. – Опубликовано: 11.12.2019. Бюл. № 35.
10. Патент на изобретение № 2729751. Способ эксплуатации технического объекта. / В.В. Нечаев, В.А. Дубовский, А.Н. Дегтярев, Т.А. Мосендз, А.Х. Курбанов. Заявитель и патентообладатель Военная академия материально-технического обеспечения МО РФ – Опубликовано: 10.08.2020, Бюл. № 23.
11. Нечаев, В.В. Методика поиска и распознавания видов отказа автомобильной техники. // Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника. Вып. 7. / В.В. Нечаев. – М.: «Инновационное машиностроение», 2020. – С. 21-27.

Анализ методов оценки эффективности реконструкции зданий
Analysis of methods for evaluating the effectiveness of building reconstruction

Аннотация. Приведены результаты анализа методов оценки эффективности реконструкции зданий. Представлены процедуры оценки реконструкции: на основе критерия «минимума приведенных затрат»; отношения стоимости устраненного физического и морального износа к стоимости работ по их устранению; на основе метода комплексной оценки экономической эффективности обновления жилого фонда с учетом фактора времени; по разности приведенных затрат варианта реконструкции и проекта строительства нового жилого здания (проекта-эталона); на основе применения комплексного показателя (индекса реконструкции); применение функционально-стоимостного анализа и др. Рассмотрены вопросы о показателях эффективности капитальных вложений.

Abstract. The results of the analysis of methods for evaluating the effectiveness of the reconstruction of buildings are presented. The reconstruction assessment procedures are presented: on the basis of the criterion of "minimum reduced costs"; the ratio of the cost of eliminated physical and obsolescence to the cost of work to eliminate them; based on the method of a comprehensive assessment of the economic efficiency of housing renovation, taking into account the time factor; by the difference in the reduced costs of the reconstruction option and the project for the construction of a new residential building (reference project); based on the use of a complex indicator (reconstruction index); application of functional cost analysis, etc. Questions about indicators of efficiency of capital investments are considered.

Ключевые слова: реконструкция, методы оценки эффективности реконструкции зданий, капитальные вложения, экономический эффект.

Keywords: reconstruction, methods for evaluating the effectiveness of building reconstruction, capital investments, economic effect.

В отечественной экономической науке исследование проблемных вопросов эффективности реконструкции зданий занимает видное место. Методы оценки и обоснования ее эффективности являются предметом многочисленных исследований ученых.

Вопросам оценки эффективности реконструкции зданий посвящены работы Борисова А.П., Боровкова И.И., Бузырева В.В., Давидович В.Г., Клименко А.С., Лapidуса А.А., Олейника П.П.,

Соколова В.К., Шрейбера А.К. и др. [6, 7, 8, 10, 11, 13, 17, 20, 21].

Несмотря на наличие большого количества работ в этой области, ряд вопросов, связанных с методикой многовариантного обоснования эффективности реконструкции зданий в условиях рыночных отношений, остаются недостаточно исследованными.

В течение длительного времени в научной литературе обсуждался вопрос о том, что считать критерием

оптимальности при решении задач в области реконструкции зданий. Впервые этот вопрос возник в связи с реконструкцией районов старой застройки: реконструировать освоенную территорию, то есть снести старую застройку и построить новую или обеспечить тот же прирост фонда за счет освоения новых площадок. Экономический анализ указанной проблемы был проведен в работе [16], автор которой предложил решение путем сопоставления экономической эффективности застройки новых и реконструкции старых районов. Выбор оптимального варианта осуществлялся на основе критерия «минимума приведенных затрат» (Π_i), который рассчитывался по следующей формуле:

$$\Pi_i = C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где C_i — годовые эксплуатационные затраты, руб.; E_n — нормативный коэффициент эффективности; K_i — первоначальные капитальные вложения, руб.

Наряду с вышеуказанным критерием, общепринятыми в градостроительной практике проектными организациями, научно-исследовательскими институтами, отдельными исследователями был предложен ряд других экономических критериев обоснования эффективности реконструкции. Они указывают на то, что оценка сносимого фонда по стоимости нового строительства не учитывает степень износа фонда, которые тем самым получают завышенную ценность. В частности, предлагалось определять экономическую эффективность обновления по действительной стоимости, исходя из степени износа

жилого фонда. Однако при этом недостаточную оценку получает необходимость компенсации сноса новым строительством.

Автор в работе [5] в качестве показателя экономической эффективности реконструкции принимает отношение стоимости устраненного физического и морального износа к стоимости работ по их устранению. Если приведенные затраты на реконструкцию здания меньше стоимости устраненного физического и морального износа, то такая реконструкция экономически эффективна. Поскольку этот показатель является безразмерным, автор вводит такое понятие как коэффициент экономической эффективности (Θ_p). Для одного здания принимается по формуле:

$$\Theta_p = \frac{C'_B (\Delta\Phi + \Delta M)}{100 \cdot C_p \cdot q}, \quad (2)$$

износ, %; Φ' и Φ'' — физический износ здания до и после реконструкции, руб.;

$$\Delta M = \frac{(C''_B - C'_B) \cdot 100}{C'_B} \quad - \quad \text{устраненный}$$

моральный износ, %; C_p — сметная стоимость реконструкции, руб.; C'_B, C''_B — восстановительная стоимость здания до и после реконструкции, руб.; q — коэффициент пропорциональности для определения себестоимости работ.

Автор [5] отмечает, что такая экономическая категория, как степень экономической эффективности, становится характерным техническим показателем, означающим улучшение уровня благоустройства здания и его технического состояния с минимальными затратами.

Если $\mathcal{E}_p = 1$, то это означает, что реконструкцию здания затрачено столько же, на сколько уменьшилось стоимостное выражение физического и морального износов.

$\mathcal{E}_p < 1$ означает, что ремонтно-строительная организация работала неэффективно, затратив слишком много средств на относительно небольшое улучшение технического состояния и уровня благоустройства.

$\mathcal{E}_p > 1$ означает, что ремонтно-строительная организация работала эффективно, затратив меньше средств на улучшение технического состояния

и повышение уровня благоустройства жилого здания, чем доля стоимости этих улучшений в его балансовой стоимости.

Предложенный показатель экономической эффективности удобен при оценке работы ремонтно-строительной организации и планировании, так как он ориентирует ее на улучшение технического состояния и повышение уровня благоустройства при минимально возможных затратах.

На этапе проектирования автор [5] предлагает использовать способ прогнозирования физического износа (рис. 1).

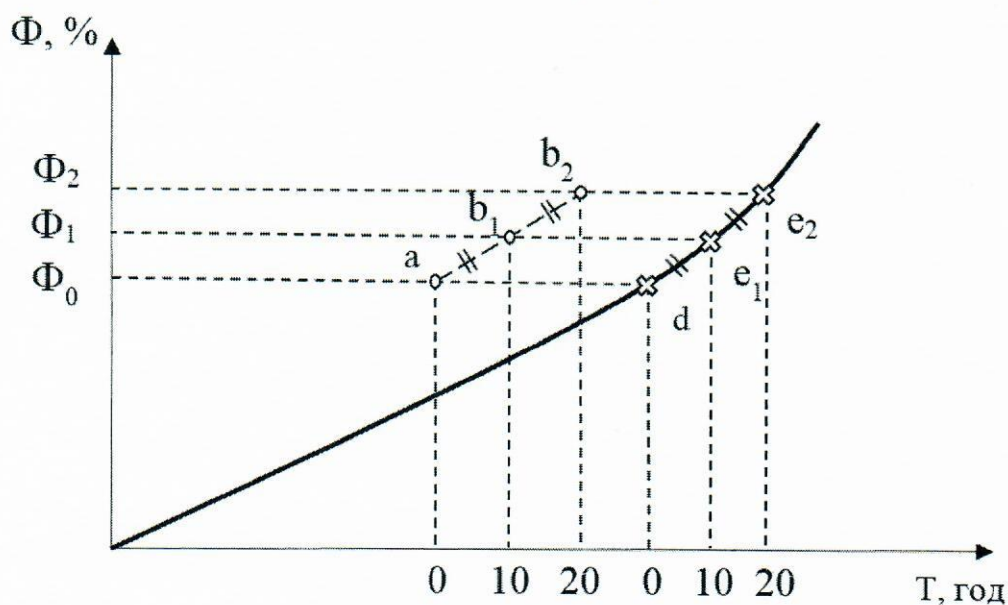


Рис. 1. Способ прогнозирования физического износа: a — физический износ в данное время, Φ_0 ; b_1 — прогноз физического износа через 10 лет, Φ_1 ; b_2 — то же, через 20 лет, Φ_2 ; d, e_1, e_2 — увеличение физического износа (по средним данным). Линии ab_1b_2 и de_1e_2 параллельны.

Прогнозируемый физический износ здания, %, рассчитывается: на 1-е десятилетие

$$\Phi_1 = \Phi_{\text{пер}} + \frac{\Delta\Phi_1}{10} \cdot t_1; \quad (3)$$

на 2-е десятилетие

$$\Phi_2 = \Phi_{\text{пер}} + \Delta\Phi_1 + \frac{\Delta\Phi_2}{10} \cdot t_2, \quad (4)$$

где Φ_1, Φ_2 — физический износ на данный год; $\Phi_{\text{пер}}$ — физический износ на год переоценки основных фондов; $\Delta\Phi_1, \Delta\Phi_2$ — прирост физического износа соответственно 1-е и 2-е десятилетие; t_1, t_2 — период (в годах) после последней переоценки основных фондов.

В работе [12] предложен метод комплексной оценки экономической эффективности жилых зданий с учетом фактора времени. При этом к потерям относят затраты, связанные с преждевременностью нового строительства, которая зависит от величины остаточного срока службы жилых зданий. Оценке подвергается также экономия, связанная с отказом от ремонта в случае его сноса, и затраты, необходимые для освоения участка новой застройки территории в случае сохранения старого жилого фонда.

Авторы работ [1, 15] предлагают рассчитывать экономическую эффективность реконструкции жилого здания ($\mathcal{E}_p$) следующим образом:

$$\mathcal{E}_p = \Pi_{\text{нов}} - \Pi_p + \mathcal{E}_n \quad (5)$$

Приведенные затраты по проекту нового строительства ($\Pi_{\text{нов}}$) рассчитываются:

$$\Pi_{\text{нов}} = \mathcal{E}_{\text{нов}} T_n + C_{\text{нов}} + C_o + C_{\text{инж.об}} + C_{\text{б}} + C_{\text{ф}}, \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{нов}}$ – эксплуатационные затраты по зданию-эталону, руб.; T_n – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, лет; $C_{\text{нов}}$ – сметная стоимость строительства здания-эталона, руб.; C_o – затраты на освоение участка, руб.; $C_{\text{инж.об}}$ – затраты, связанные с инженерным оборудованием территории, руб.; $C_{\text{б}}$ – сметная стоимость благоустройства территории, руб.; $C_{\text{ф}}$ – удельная стоимость основных фондов городского коммунального хозяйства, руб.

Приведенные затраты на реконструкцию (Π_p) в этом случае рассчитываются по формуле:

$$\Pi_p = (\mathcal{E}_p T_n + C_p + C_{\text{лик}} - C_{\text{к.р.}}) \cdot K, \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_p$ – эксплуатационные затраты, руб.; T_n – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, лет; C_p – сметная

стоимость реконструкции, руб.; $C_{\text{лик}}$ – действительная стоимость конструктивных элементов и инженерного оборудования, ликвидируемых при реконструкции, руб.; $C_{\text{к.р.}}$ – средняя стоимость капитального ремонта, совпадающего по времени с реконструкцией жилого дома, руб.; $K = P_i + E_n / P_2 + E_n$ – коэффициент, учитывающий различия в сроках службы реконструируемого (остаточный срок службы) и нового здания-эталона (нормативный срок службы); P_i и P_2 – доли отчислений от восстановительной стоимости на полное восстановление (реновацию) реконструируемого здания и проекта-эталона, которые рассчитываются как величины, обратные срокам службы сравниваемых вариантов; E_n – нормативный коэффициент эффективности.

$\mathcal{E}_n$ – экономический эффект от сокращения продолжительности реконструкции, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_n = k \cdot N_p \left(1 - \frac{T_n}{T_p} \right), \quad (8)$$

где k – коэффициент, отражающий удельный вес условно-постоянной части накладных расходов; N_p – нормативный размер накладных расходов ремонтно-строительных работ, руб.; T_n и T_p – продолжительность соответственно строительства и реконструкции зданий.

Экономическая эффективность реконструкции жилого дома определяется по разности приведенных затрат проекта строительства нового жилого здания (проекта-эталона) и варианта реконструкции. Однако данный метод имеет существенные недостатки: во-первых, эксплуатационные затраты определяются в виде амортизационных отчислений без учета фактических затрат на техническую

эксплуатацию, во-вторых, не учитываются соответствие качественных характеристик сравниваемых проектов. Такой подход неприемлем для исторической застройки.

Авторами работы [9] предлагается методика, основанная на экономической оценке вариантов реконструкции с расчетом необходимых затрат и доходов. При наличии нескольких экономически целесообразных, технически обоснованных вариантов реконструкции, предпочтение следует отдавать варианту, при реализации которого достигается наибольшее соответствие стандарта качества проживания заданному эталону.

Исходными данными для расчета каждого варианта служат результаты натурных обследований текущего состояния зданий и балльной оценки экспертами каждого из компонентов.

Степень соответствия j -того варианта преобразования жилой застройки характеризуется величиной отклонения (Δ_j) от указанного эталона и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_j = \sum_1^4 (T_{ij} - T_{i3})k_{iy} + \sum_1^4 (P_{ij} - P_{i3})k_{iy} + (C_j - C_3)k_{yч}, \quad (9)$$

где T_{ij} , P_{ij} , C_j – i -тый показатель стандарта качества проживания, описывающего обновленное состояние здания после преобразования по j -тому варианту; T_{i3} , P_{i3} , C_3 – i -тый показатель заданного (эталонного) стандарта качества проживания для данного варианта реконструкции; $k_{yч}$ – весовой коэффициент учета, определяемый для каждого из параметров в соответствии с его значимостью.

Автор работы [18] проводит сравнение вариантов реконструкции жилых зданий с помощью критерия приведенных затрат на 1 м² полезной площади в реконструируемом здании и в здании-аналоге нового

строительства с учетом фактора времени, то есть:

$$\frac{S_{пол.н} E_n}{t_n} + S_{экс.н} \geq \frac{S_{пол.р} E_p}{t_p} + S_{экс.р}, \quad (10)$$

где $S_{пол.н}$ – стоимость 1 м² полезной площади в здании, построенном на территории снесенного, руб.; $S_{пол.р}$ – стоимость 1 м² полезной площади в реконструируемом здании, руб.; $S_{экс.н}$ – стоимость эксплуатации 1 м² полезной площади в год в здании, построенном на территории снесенного, руб.; $S_{экс.р}$ – стоимость эксплуатации 1 м² полезной площади в год в реконструируемом здании, руб.; E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений в новое строительство; E_p – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений в реконструкцию; t_n – срок службы здания, построенного на территории снесенного, лет; t_p – остаточный срок службы здания после его реконструкции, лет определяется по формуле:

$$t_p = t_n \cdot K_y, \quad (11)$$

где t_n – нормативный срок службы здания за время его эксплуатации (реконструируемого), лет; K_y – коэффициент капитальности реконструируемого здания, с учетом износа стен здания после его реконструкции.

В работе [6] экономическую эффективность реконструкции жилого фонда ($\mathcal{E}_p$) предлагается рассчитывать используя комплексный показатель, названный индексом реконструкции:

$$\mathcal{E}_p = \frac{\Pi_n}{t_n} - \frac{\Pi_p}{t_p K_m}, \quad (12)$$

где Π_n – приведенные затраты на новое строительство, руб.; Π_p – приведенные

затраты на реконструкцию, руб.; t_n , t_p – продолжительность срока службы соответственно нового здания и реконструируемого, лет; K_m – коэффициент реконструкции, отражающий уровень комфортабельности здания после реконструкции:

$$K_m = \frac{(100-M)}{100} \quad (13)$$

M – остаточный моральный износ здания после его реконструкции, %.

Наиболее эффективным признается вариант с максимальным значением индекса реконструкции. При приближении данного показателя к нулю реконструкция считается нецелесообразной и здание предлагается заменять новым.

Общим недостатком методов оценки эффективности проектных решений, основанных на критерии приведенных затрат, является то, что в действующих инструкциях по расчету сравнительной экономической эффективности капитальных вложений указывается, что показателем наилучшего варианта (критерием оптимальности) является минимум приведенных затрат и что сравнение производится при условии их полной сопоставимости по потребительскому качеству. Однако сравнение только по приведенным затратам не позволяет оценить само потребительское качество при сопоставлении нового и реконструированного жилья.

Автор работы [14] предлагает осуществлять оценку сравнительной эффективности реконструкции жилых зданий со стоимостью нового строительства исходя из следующего неравенства:

$$\frac{Ц_p - C}{З_p} \geq \frac{Ц_n}{З_n + З_c}, \quad (14)$$

где $Ц_p$ – рыночная стоимость объекта после проведения реконструкции, руб.; C –

стоимость объекта до реконструкции, руб.; $З_p$ – затраты на проведение реконструкции объекта, руб.; $Ц_n$, $З_n$ – соответственно стоимость и затраты на новое строительство объекта недвижимости аналогичного по сравнению с реконструированным, руб.; $З_c$ – затраты на снос старой застройки, руб.

Автор работы [3] на основании методики оценки эффективности реконструкции действующего производственного предприятия посредством его перепрофилирования в здание коммерческого назначения определяет эффективность реконструкции действующего производственного предприятия и проводит оценку экономических преимуществ реконструкции по сравнению с новым строительством.

При определении эффективности реконструкции количественная оценка ее преимуществ как по сравнению с действующим производством до реконструкции, так и со строительством новых коммерческих зданий выражается:

$$\Theta_p = \frac{S_p A_p}{K_p / N_p} - \frac{V_p C_p}{K_{пр}}, \quad (15)$$

где S_p – расчетная площадь получившегося после реконструкции коммерческого здания, m^2 ; A_p – стоимость аренды 1 m^2 коммерческого здания в год, руб.; V_p – годовой объем производства до реконструкции, шт.; C_p – выручка от продажи единицы продукции до реконструкции, руб.; K_p – капитальные вложения в реконструкцию предприятия, руб.; N_p – расчетный срок реконструкции в годах, определяемый по календарному плану в составе проектной документации.

Если неравенство $\Theta_p > 0$ выполняется, то мероприятия по реконструкции

рентабельны и эффективны, если нет, то реконструкция не целесообразна [2];

$$\Theta_n = \frac{S_n A_n}{K_n / N_n} - \frac{V_n C_n}{K_{пр}}, \quad (16)$$

где S_n – расчетная площадь нового коммерческого здания, m^2 ; A_n – стоимость аренды $1 m^2$ коммерческого здания в год, руб.; V_n – годовой объем производства до сноса, шт.; C_n – выручка от продажи единицы продукции до сноса, руб.; K_n – капитальные вложения в новое строительство, руб.; N_n – нормативный срок строительства в годах.

Если неравенство $\Theta_n > 0$ выполняется, то новое строительство рентабельно и эффективно, если нет, то новое строительство не целесообразно [2].

Автор работы [19] считает, что наиболее приемлемым при оценке эффективности реконструкции жилого фонда в современных условиях является применение функционально-стоимостного анализа (ФСА). Разработанный в конце 40-х годов метод, не получил широкого распространения в стране. Он представляет собой разновидность системного анализа и направлен на максимизацию соотношения между потребительской стоимостью жилого фонда после реконструкции и затратами на ее проведение.

Объектами ФСА являются сравниваемые между собой варианты реконструкции, исследуемые с целью выбора наилучшего. Причем объекты анализа рассматриваются не в конкретной материальной форме, а как совокупность некоторых функций.

Функция – это характеристика способности объекта анализа удовлетворять определенным потребительским свойствам. Потребительская стоимость объекта ФСА – это количественная характеристика полезности объекта для потребителей,

включающая в себя совокупность потребительских свойств.

Критерием оценки эффективности реконструкции жилых зданий является соотношение потребительской стоимости и затрат (единовременных, текущих), направленных на достижение потребительских свойств объекта, то есть типичный показатель эффективности [19].

Кроме вопроса о критериях эффективности, при оценке экономической эффективности встает вопрос о показателях эффективности капитальных вложений.

Показатели сравнительной эффективности служат для выбора оптимального варианта из аналогичных инвестиционных вариантов путем определения эффективности капитальных вложений, обеспечивающих снижение текущих издержек производства. Показатели общей и сравнительной эффективности дополняют друг друга. Одним из самых важных показателей является сопоставление капитальных вложений с экономией текущих производственных затрат, а также следующие разновидности обобщающего показателя: интегральный экономический эффект, годовой экономический эффект, среднегодовой экономический эффект.

Согласно [4], проект реконструкции сравнивают с проектом строительства нового или действующего объекта по аналогичным характеристикам следующих показателей:

- коэффициент эффективности затрат;
- удельные капитальные вложения и затраты труда;
- минимум приведенных затрат;
- уровень рентабельности;
- срок окупаемости капитальных вложений.

Достигнутые показатели сравниваются с нормативными (при их наличии) с учетом продолжительности реконструкции. Коэффициент

эффективности дополнительных капитальных вложений (E) определяется по формуле:

$$E = \frac{B_2 C_2 - B_1 C_1}{K_n - K_p}, \quad (17)$$

где B_1, B_2 – объем показателя (цели реконструкции) соответственно после и до реконструкции, натуральный показатель; C_1, C_2 – себестоимость показателя (цели реконструкции) соответственно после и до реконструкции, руб.; K_n – капитальные вложения в реконструкцию, руб.; K_p – капитальные вложения в существующий объект, руб.

Приведенные затраты (Π) на единицу показателя (цели реконструкции) определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{C + E \cdot K}{M}, \quad (18)$$

где C – себестоимость показателя (цели реконструкции), руб.; K – капитальные вложения, руб.; E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; M – количество показателя (цели реконструкции), руб.

Коэффициент эффективности затрат на реконструкцию ($K_{зз}$) – это отношение годового экономического эффекта ($\mathcal{E}_r$) к дополнительным затратам на реконструкцию ($З_r$) определяемый по формуле:

$$K_{зз} = \frac{\mathcal{E}_r}{З_r} \quad (19)$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (T) определяют, как отношение их суммы к приросту чистого дохода или экономии текущих производственных затрат по формуле:

$$T = \frac{K_n - K_p}{C_2 - C_1} \quad (20)$$

Уровень рентабельности текущих производственных и капитальных затрат (Y_p) определяется как отношение чистого дохода в новом варианте (ЧД) к производственным затратам (C_n) по формуле:

$$Y_p = \frac{\text{ЧД} \cdot 100}{C_n} \quad (21)$$

Варианты сопоставляются по результатам реконструкции при условии сопоставимости целей реконструкции.

На основе изучения многочисленных публикаций, посвященных проблемам оценки эффективности проектных решений при реконструкции, сделан вывод о том, что исследования в этой области продолжают развиваться. В тоже время применить полученные результаты исследований к объектам военной инфраструктуры (далее – ОВИ) не представляется возможным, поскольку при рассмотрении вопроса о проведении реконструкции ОВИ с позиции инвестиционного строительного проекта является очевидным тот факт, что реализация капитальных вложений на эти цели направлена на укрепление национальной безопасности Российской Федерации.

Основным назначением ОВИ является размещение личного состава, военной техники и имущества, поэтому вне зависимости от подхода к решению данного вопроса реконструкцию ОВИ следует осуществлять на основе оценки эксплуатационного показателя – мощности. Общими показателями, характеризующими возможность размещения личного состава, военной техники и военного имущества, и оборудования являются строительный объем или площадь объектов. Проведение реконструкции ОВИ с большим значением строительного объема или площади ведет к увеличению объемов ремонтных работ, что,

соответственно, требует большего количества капитальных вложений по сравнению с объектом аналогичного назначения и технического состояния.

Таким образом, ввиду отсутствия возможности получения прибыли при реализации капитальных вложений в проведение реконструкции ОВИ и отсутствия на современном этапе в научной, нормативной и технической литературе

каких-либо методик и способов, позволяющих оценить эффективность проведения реконструкции ОВИ, а существующие методы оценки эффективности от проведения реконструкции объектов являются достаточно сложными для реализации, образуется необходимость в разработке новых, научно-обоснованных подходов к оценке эффективности реконструкции ОВИ.

Список литературы:

1. Абакумов Р.Г., Комар К.В. Учет воспроизводственных аспектов при оценке экономической эффективности реконструкции жилых зданий // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2017. – № 1. – С. 65-66.
2. Абакумов Р.Г. Методический инструментарий экономического обоснования выбора метода воспроизводства основных средств организации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 3. – С. 45-50.
3. Авилова И.П. Методика оценки экономической эффективности реконструкции действующего производственного предприятия, расположенного в черте города, посредством его перепрофилирования в здание коммерческого назначения / И.П. Авилова, И.С. Жариков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 3. – С. 138-141.
4. Асаул А.Н. Проблемы экономической оценки реконструкции объектов исторического центра Санкт-Петербурга / А.П. Асаул, Н.А. Асаул, И.В. Денисова, Н.А. Малинина, Е.И. Рыбнов; под. ред. А.Н. Асаул. – СПб.: СПбГАСУ, 2003. – 118 с.
5. Бабакин В.И. Переустройство жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1971. – 79 с.
6. Борисов А.П., Бубес Э.Я., Ревунова Н.Г. Экономика градостроительства: Учебное пособие. – Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1981. – 256 с.
7. Боровков И.И. Социально-экономическая эффективность жилищного строительства. – М.: Стройиздат, 1984. – 224 с.
8. Бузырев В.В., Чекалин В.С. Экономика жилищной сферы. – М.: Ин-фра-М., 2001. – 256 с.
9. Гурьев В.В., Дорофеев В.М., Дмитриев А.Н. Об экономических проблемах и механизмах реновации и реконструкции пятиэтажной застройки // Экономика строительства. – 2018. – № 1(49). – С. 3-17.
10. Давидович В.Г. Вопросы экономики градостроительства в СССР. – М.: Госстройиздат, 1954. – 48 с.
11. Клименко А.С. Проблемы и пути воспроизводства жилищного фонда крупного города: Дис. канд. экон. наук. – СПб., 2000. – 162 с.
12. Кочетков А.В. Экономическая эффективность градостроительных решений. – М.: Стройиздат, 1980. – 145 с.

13. Лapidус А.А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта // Экономика, управление и организация строительства. – 2014. – № 1. – С. 175–180.
14. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: Утв. М-вом экономики РФ 21.06.99 / Авт. коллектив: рук.: В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров и др. – 2-я ред. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
15. Мордовина В.С. Оценка стоимости объектов недвижимости при их денежной приватизации // Экономика строительства. – 2001. – № 8. – С. 24-32.
16. Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели. – М.: Соцэкгиз, 1962. – 478 с.
17. Олейник П.П., Бродский В.И. Организация реконструкции промышленных зданий и сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 116 с.
18. Прокопишин А.П. Экономическая эффективность реконструкции жилищного фонда. – М.: Стройиздат, 1990. – 223 с.
19. Семечкин А.Е. Методологические проблемы переустройства городских кварталов в рыночных условиях // Промышленное и гражданское строительство. – 1999. – № 8. – С. 39-41.
20. Соколов В.К. Основные методы и принципы реконструкции жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1969. – 232 с.
21. Шрейбер А.К., Блех Е.М., Жданькова А.Ю. Методология обоснования осуществимости инвестиционных проектов // Экономика строительства. – 1993. – №7. – С. 11-13.

Разработка универсальной автоматизированной технологии нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности деталей методом плазменного напыления

Development of a universal automated technology for applying protective coatings on the working surfaces of parts by plasma spraying

Аннотация: в статье рассматриваются пути автоматизации типовой технологии нанесения устойчивых к воздействиям агрессивной газовой среды повышенной влажности покрытий, базирующейся на использовании плазменных технологий (плазменного напыления). Разработанная автоматизированная технология может быть встроена в структуру типового производства без возникновения особых затруднений. Использование разработанной технологии может считаться целесообразным, исходя из результатов первичного экономического анализа. Содержание и результаты данной работы (ранее не были доступны для изучения) - могут быть использованы в проектах новых систем и устройств, имеющих общие с рассматриваемыми системами эксплуатационные цели и особенности.

Abstract: the article discusses ways to automate a typical technology for applying coatings that are resistant to the effects of an aggressive gas environment of high humidity, based on the use of plasma technologies (plasma spraying). The developed automated technology can be built into the structure of standard production without any particular difficulties. The use of the developed technology can be considered appropriate, based on the results of the primary economic analysis. The content and results of this work (which were not previously available for study) can be used in projects of new systems and devices that have operational goals and features common with the systems under consideration.

Ключевые слова: автоматизация, эрозия, нанесение покрытий, плазмотрон, плазменное напыление.

Key words: automation, erosion, coating, plasma torch, plasma spraying.

Снижение ресурса и надежности различных изделий связано с износом и изменением физико-химических свойств поверхности рабочих деталей. Довольно часто причинами снижения данных показателей являются высокотемпературная газовая коррозия или газоабразивный износ с последующим возникновением процесса коррозии [1].

Перечисленные выше особенности в лучшем случае приводят к необходимости досрочной замены рабочих элементов механизмов и машин или проведения планового ремонта, а в худшем – к возникновению аварийных ситуаций и нерегламентированных простоев, влекущих за собой большие экономические потери. Исходя из этого можно констатировать, что решение

задач, связанных с защитой поверхности деталей, имеет большое значение.

Повышение рабочих показателей эксплуатации различных деталей возможно при увеличении их износостойкости. Это становится возможным при использовании многокомпонентных конденсированных (МК) покрытий системы Me–Cr–Al–Y (где Me: Ni; Ni–Co), обладающих более высокой термостабильностью в контакте с жаропрочными сплавами.

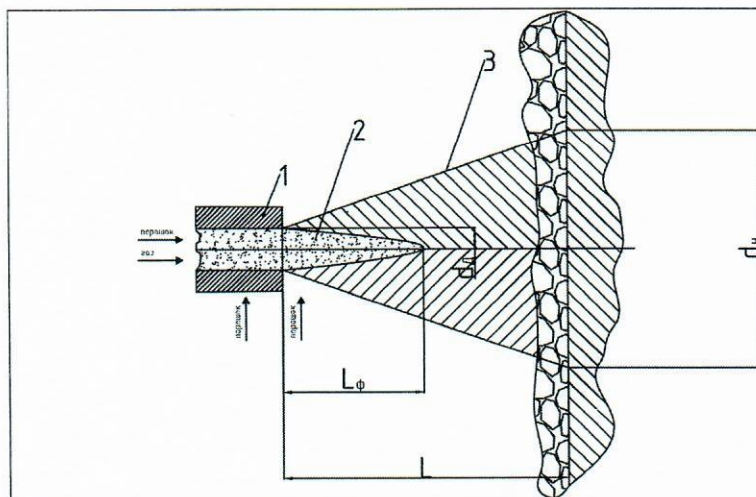
Анализ существующих методов получения многокомпонентных покрытий показывает, что наиболее приемлемыми из них являются методы, базирующиеся на процессах физического испарения материалов в вакууме, а также методы плазменного и магнетронного напыления [Табл. 1].

Таблица 1
Материалы для модернизации поверхностей деталей

Тип покрытия	Назначение	Система и марка покрытия
Легированные алюминидные диффузионные	Защита от газовой коррозии при 950-1050 °С	Ni-Al-Si-Y, ВСДП-11; 13; 15(ВП)
	Защита от сульфидно-оксидной коррозии при 800-950 (1000) °С	Ni-Co-Cr-Al-Si-Y
	Защита от газовой коррозии при 1050-1100 °С	Ni-Cr-Al-Y, СДП-2; Ni-Cr-Al-B, ВСДП-5;
Конденсированные	Защита от сульфидно-оксидной коррозии при 800-950 (1000) °С	Ni-Co-Cr-Al-Y, СДП-1; Co-Cr-Al-Ni-Y, СДП-6;
	Подслои для теплозащитных покрытий	Me-Cr-Al-Y
	Защита от эрозии стальных и титановых деталей	Me-C; Me-N
Конденсационно-диффузионные	Защита от газовой коррозии при 1100-1200 °С	(MeC)+Ni-Cr-Al-Y+Ni-Al-Cr-Y, СДП-2+ВСДП-16; Ni-Cr-Al(Ta)-W-C-Y+Ni-Al-Cr-Y, ВСДП-(9)8+ВСДП-18
	Защита от сульфидно-оксидной коррозии при 800-950 (1100) °С	Ni-Co-Cr-Al-Y+ni-Al-Si-B, СДП-1+сплав № 13
	Защита от солевой коррозии при 600-700 °С	Ni-Co-Cr-Al-Y+Ni-Al-Co-Si-Y, СДП-1+сплав № 23

В процессе плазменного напыления (рис. 1), как правило, используются плазмотроны – генераторы низкотемпературной плазмы. В этом

устройстве поток плазмообразующего газа истекает сквозь зону дугового разряда, увеличивается в температуре и в некоторой степени ионизируется [3].



Плазменное напыление:
1 – диффузорная часть сопла плазмотрона;
2 – плазменный факел;
3 – поток распыляемого порошка; d_d – диаметр потока частиц; d_n – диаметр напыленного пятна; L_ϕ – длина плазменного факела; L – расстояние от плазмотрона до подложки (детали).

Рис. 1. Схема плазменного напыления

При разработке технологии массового изделий, модернизированных вышеописанным способом, базисной идеей являлось преобразование схемы

напыления (рис. 2) путем внедрения в неё средств автоматизации технологических процессов – приводов и современных устройств контроля.



Рис. 2. Структурная схема процесса плазменного напыления

Установка состоит из следующих составных частей:

- Система промышленных сит.
- Привод для перемещения системы сит по двум осям.
- Преобразователь частоты для управления приводом.
- Датчик положения системы сит.
- Редуктор для преобразования вращающего момента в требуемое движение.
- Дозаторы для подачи порошка в систему сит.
- Датчики массового расхода порошковых материалов для дозаторов.
- Поддон для скопления полученной смеси.
- Контроллер для автоматизации управления производственными процессами.
- Плазмотрон
- Согласующий источник питания для плазмотрона.
- Компрессор с датчиками массового расхода газа, с выводами на регулирующие органы, контролирующие поставку воздуха и кислорода на входы соответствующих патрубков плазмотрона.
- Дозатор с датчиком массового расхода порошкового материала, с выводом на вход соответствующего патрубка плазмотрона для подачи материала в плазмотрон.
- Привод с редуктором и системой передач для контроля положения плазмотрона.
- Преобразователь частоты для управления приводом.
- Контроллер для автоматизации управления производственными процессами.
- Фиксатор заготовки со сменными подложками.

– Панель оператора для ручного управления производственными процессами и осуществления контроля.

Полный цикл получения требуемых изделий (рис. 3) можно подразделить на следующие этапы [6]:

- Подготовка материалов.
- Подготовка модернизируемых заготовок.
- Подготовка оборудования для нанесения покрытий.
- Подготовка технического процесса нанесения покрытий.
- Проведение технического процесса нанесения покрытий.
- Обработка полученных изделий.
- Завершение процесса.

Подготовка материалов: наиболее оптимальным вариантом осуществления подготовки требуемых для проведения разрабатываемого производственного цикла является закупка порошковых материалов различного типа у сторонних поставщиков с дальнейшим их преобразованием в используемую для напыления смесь на территории предприятия путём механического измельчения (рис.4).

Подготовка модернизируемых заготовок: поверхность ранее изготовленных деталей подвергается механической обработке требуемой интенсивности и очистке от загрязнений.

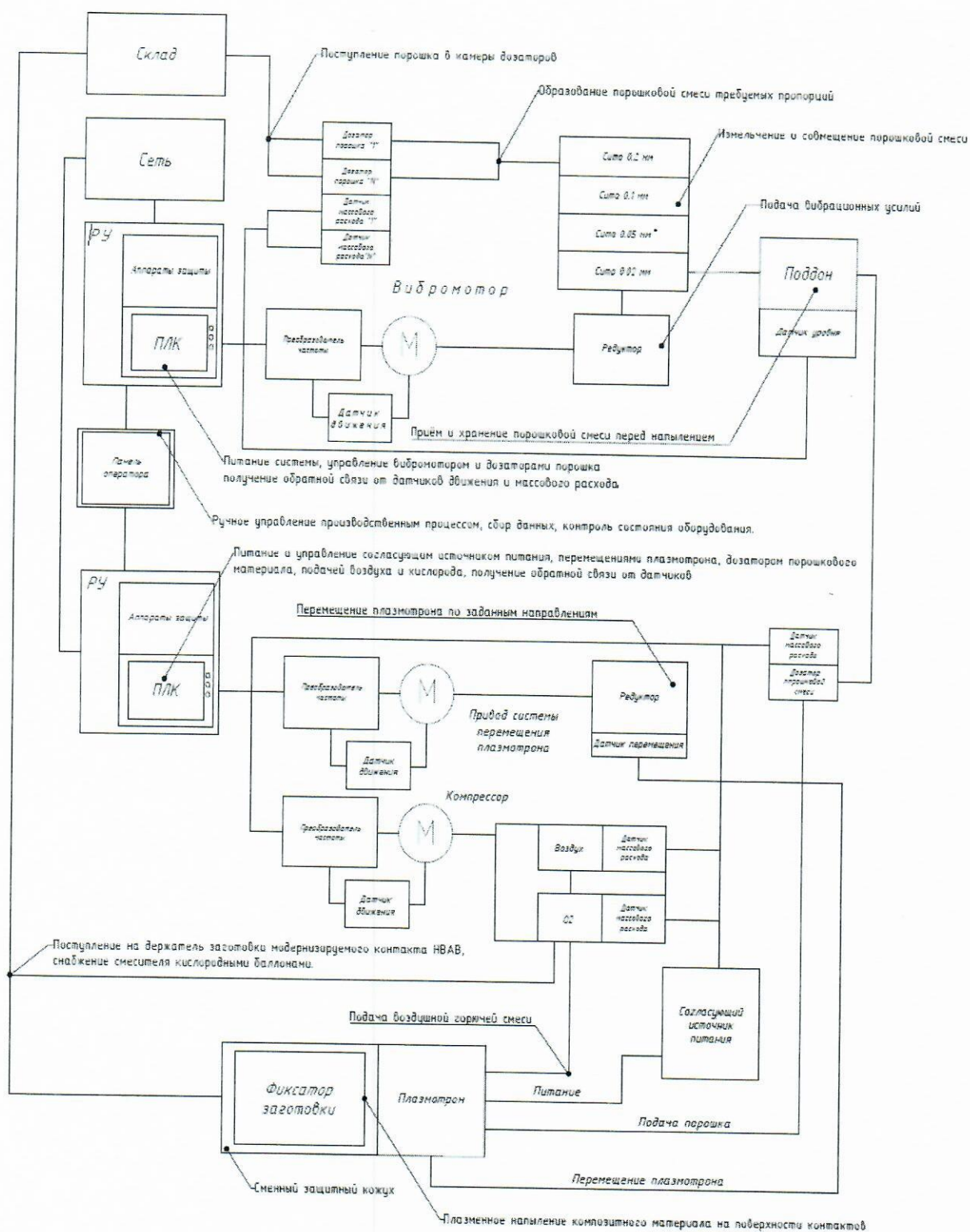


Рис. 3: Общая структура технологического процесса

После этого сотрудник предприятия, отвечающий за проведение процесса напыления, помещает заготовку в фиксатор заготовки, располагающийся в установке для нанесения покрытий, схематично представленной на рисунке 3.

Качество обработки поверхности детали до начала процесса напыления является гарантом высокой адгезионной

прочности полученного покрытия, обычно напыляемая поверхность загрязнена физическими, механическими или органическими загрязнениями и на ней присутствуют оксидные плёнки.

Для полной подготовки поверхности требуется провести:

– Удаление жировых загрязнений с помощью щелочи.

Для полной подготовки поверхности требуется провести:

- Удаление жировых загрязнений с помощью щелочи.
- Предварительную механическую обработку напыляемой поверхности путём проточки, регламентируемой согласно виду загрязнений.
- Очистку поверхности сводными абразивами.
- Изоляцию поверхностей, не подлежащих напылению.

Подготовка оборудования для
нанесения покрытий: перед запуском
процесса напыления сотрудник,

ответственный за данный процесс проверяет состояние всех частей установки. Необходимо удостовериться в наличии порошкового материала внутри дозаторов, правильности установки заготовки в фиксаторе, наличии подюжки на поверхности фиксатора, в работоспособности привода и редуктора, чистоте всех поверхностей и отсутствии других факторов способных негативно повлиять на осуществляемые технологические операции.

Проведение технического процесса нанесения покрытий: после завершения установки заготовки в фиксатор и загрузки дозатора порошковым материалом оператор через панель оператора подаёт на контроллер команду о запуске процесса.

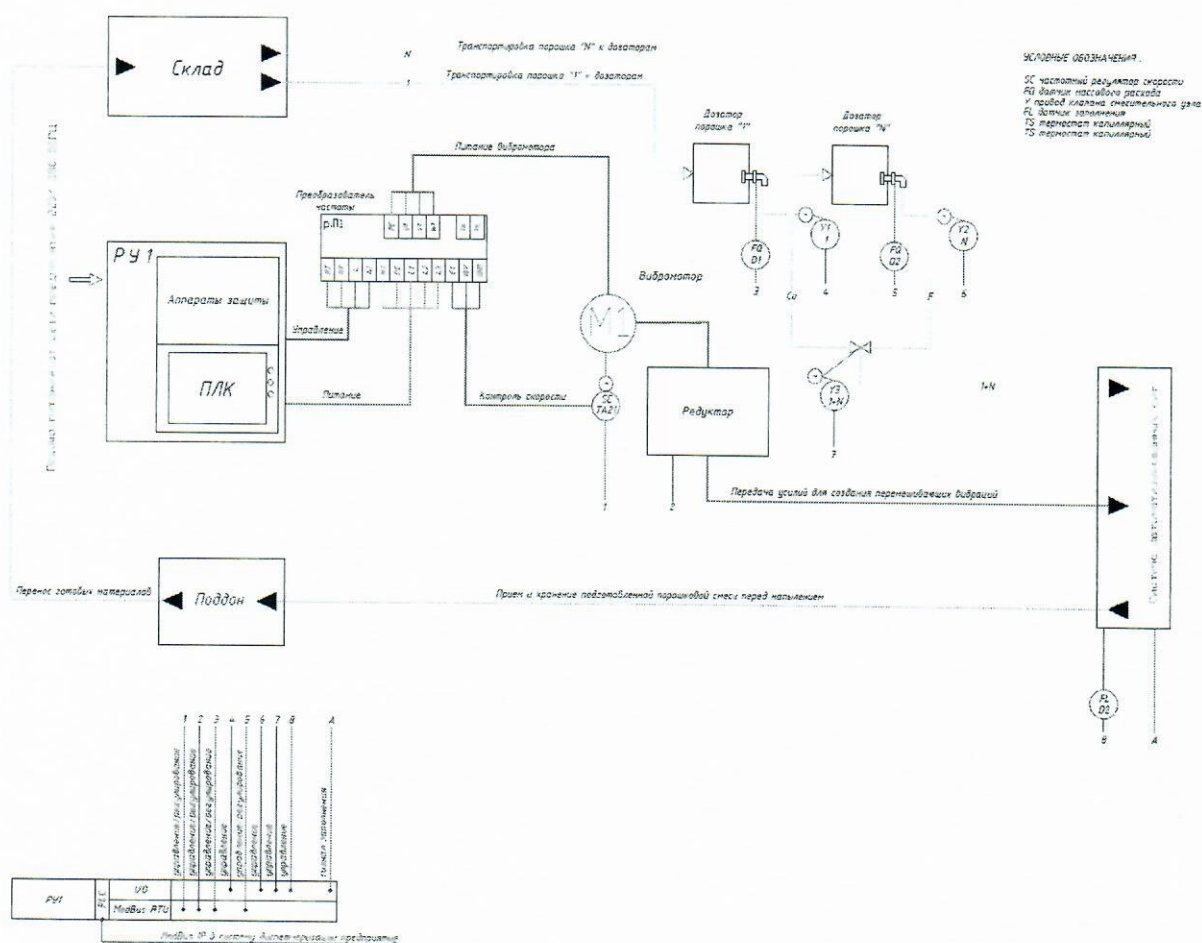


Рис. 4. Схема автоматизации процесса подготовки материалов

Контроллер осуществляет автоматизированные по заранее написанным программам циклы. На плазматрон начинают поступать воздух, горючий газ и распыляемый

материал, а согласующий источник питания инициирует разжигание электрической дуги с контролируемым массовым расходом.

На управляющий преобразователь частоты с контроллера поступают команды для управления приводом, осуществляющим через редуктор наклон плазматрона и его перемещение по круговой траектории для равномерного распределения распыляемого материала по поверхности заготовки модернизируемого контакта.

Материал наносится на поверхность заготовки установленное количество времени, после чего процесс прекращается, полученная в результате деталь остывает до температуры окружающей среды.

Обработка полученных изделий: нередко поверхности после напыления не отвечают требуемым параметрам – точность размеров, шероховатость,

плотность структуры не отвечают заявленным требованиям. Возникает необходимость в дополнительной обработке. Перед обработкой и после неё необходимо удостовериться в достижении требуемого на данном этапе качества покрытия.

– В случаях, когда заготовка по размерам больше детали или равна детали, проводят обработку резанием, точением, шлифованием.

– С целью уменьшения пористости покрытия применяют термообработку с пропиткой слоя, проплавление или оплавление различными методами.

– Для улучшения жаростойкости осуществляют диффузионное насыщение плазменных покрытий алюминием и хромом.

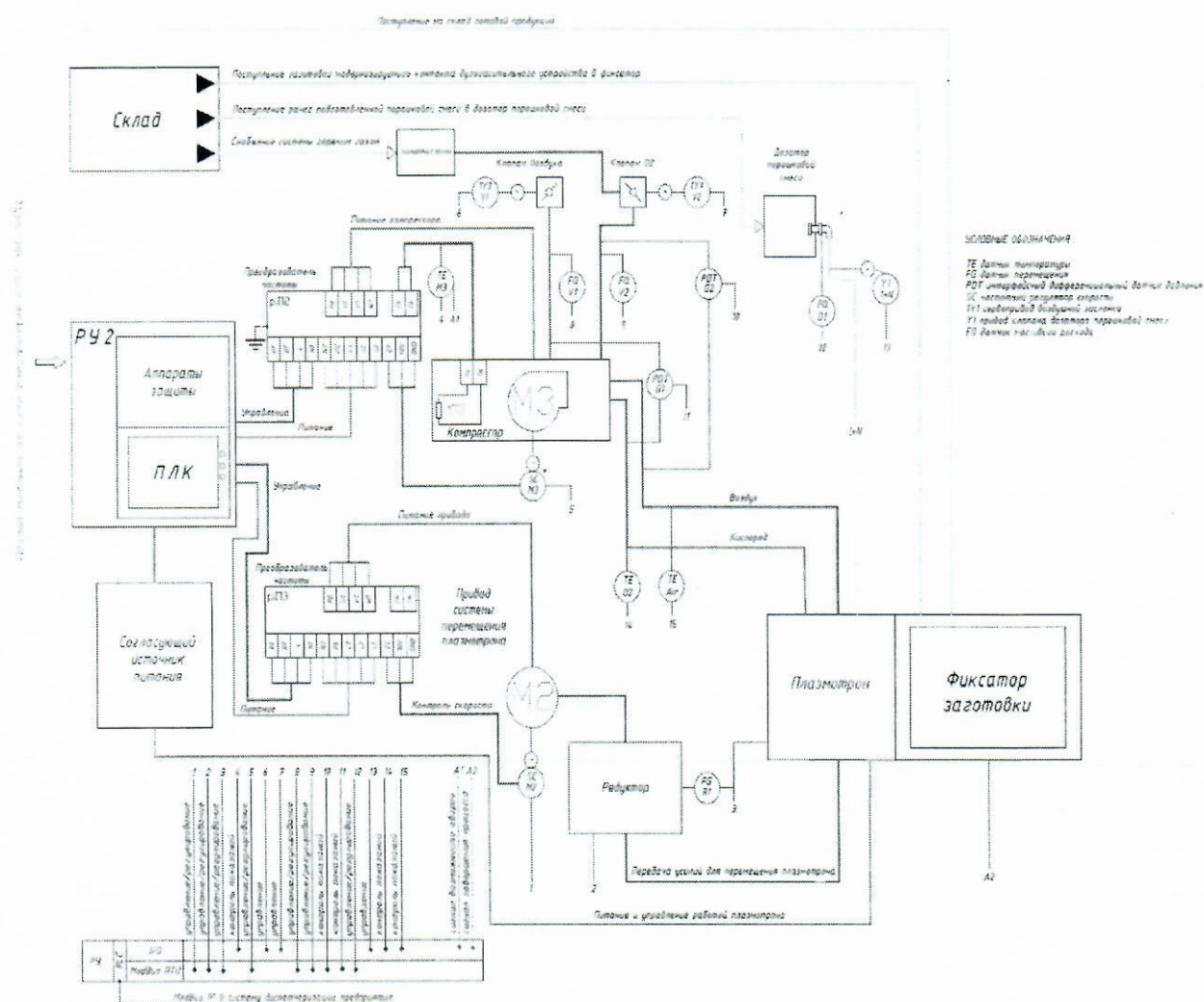


Рис. 5. Схема автоматизации процесса нанесения покрытий.

Завершение процесса: полученная деталь изымается с последнего этапа рассмотренного цикла и передаётся в «начало» следующей операции общего производственного процесса, в который она встраивается исходя из соображений, базирующихся на принципах построения технологических карт, отвечающих принципам производственного менеджмента.

Схемы автоматизации производственного процесса представлены на рисунках 4 и 5.

Предварительный экономический расчёт проекта (в качестве примера для расчёта был использован проект модернизации поверхностей лопаток турбин генераторов), осуществлен с использованием среднерыночных стоимостей услуг, товаров и энергетических ресурсов, задействованных при создании и эксплуатации устройства. Упрощенный расчёт позволяет увидеть перспективы проекта.

К показателям, определяющим экономическую эффективность внедрения новой технологии, относят [7]:

- Капитальные вложения, необходимые для внедрения новой техники.

- Себестоимость продукции (затраты на производство и реализацию).

- Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений и коэффициент их эффективности.

- Приведенные затраты.

- Производительность труда.

Экономический эффект от мероприятия за один год:

$$\Delta = P_t - Z_t, \quad (1)$$

P_t – выручка от реализации продукции за год.

Z_t – стоимостная оценка затрат на осуществление мероприятия за условный год (капитальные вложения).

Оценка средних затрат на введение в эксплуатацию производственных линий, представленных схемами автоматизации на рисунках 5 и 6 проведена исходя из данных спецификации. Под понятием

«капитальных вложений» подразумевают все затраты, связанные с приобретением, созданием фондов предприятия.

Проведём расчёт при увеличении стоимости на 10000, 15000 рублей при продаже 10, 20, 30 турбогенераторов в месяц.

Общая стоимость введения оборудования в эксплуатацию ALL складывается из стоимости оборудования O с учётом доставки L и монтажных работ B. Для оценки ежегодных расходов вводятся траты на заработные платы сотрудникам, поставку материалов, электроснабжение цеха, амортизационные затраты.

Стоимость доставки оборудования принимается десятой частью общей стоимости оборудования. Монтажные работы осуществляются по средним ценам подрядчиков, базирующихся в городе Санкт-Петербург.

Стоимость единицы старого оборудования – OP, руб.

Стоимость единицы новой продукции – NP, Руб.

Стоимость годового электроснабжения:

$$E = 12 * 5,42 * 150 = 9756 \text{ руб.} \quad (2)$$

150 кВт*Ч – ежемесячный расход, 5,42 руб/кВт*Ч – дневной тариф стоимости единицы электроэнергии.

Расход на материалы вычисляется как

$$M = 300 * 12 * n = 72000 \text{ руб.} \quad (3)$$

300 руб. – цена порошкового материала для модернизации одного выключателя, 20 – количество выпускаемого оборудования, n – количество выпускаемой продукции.

Зарплаты персонала:

$$P = 60000 * 12 = 720000 \text{ руб.} \quad (4)$$

60000 руб. – зарплата сотрудника, работающего с введенным оборудованием.

Относительная себестоимость единицы оборудования вычисляется по формуле:

$$C = \frac{(E+M+P)}{12*n}, \quad (5)$$

где n – количество выпускаемой продукции, шт.

Прибыль от реализации единицы продукции:

$$PR = NP - OP - C, \quad (6)$$

Количество реализованной продукции для окупаемости затрат на оборудование:

$$RP = \frac{ALL}{PR}, \quad (7)$$

Срок окупаемости:

$$X = \frac{RP}{n} \text{ мес.} \quad (8)$$

Ежегодная выручка:

$$YV = PR * n * 12, \quad (9)$$

Ежегодные расходы:

$$Y3 = E + P + M, \quad (10)$$

Расчётные данные демонстрируют экономические показатели рассмотренных бизнес-моделей, построенных для предприятий с различными показателями увеличения стоимости модернизированной продукции и количества реализованных на рынке силовых машин. Для наглядности результаты исследования представлены в виде гистограммы (рис. 6).

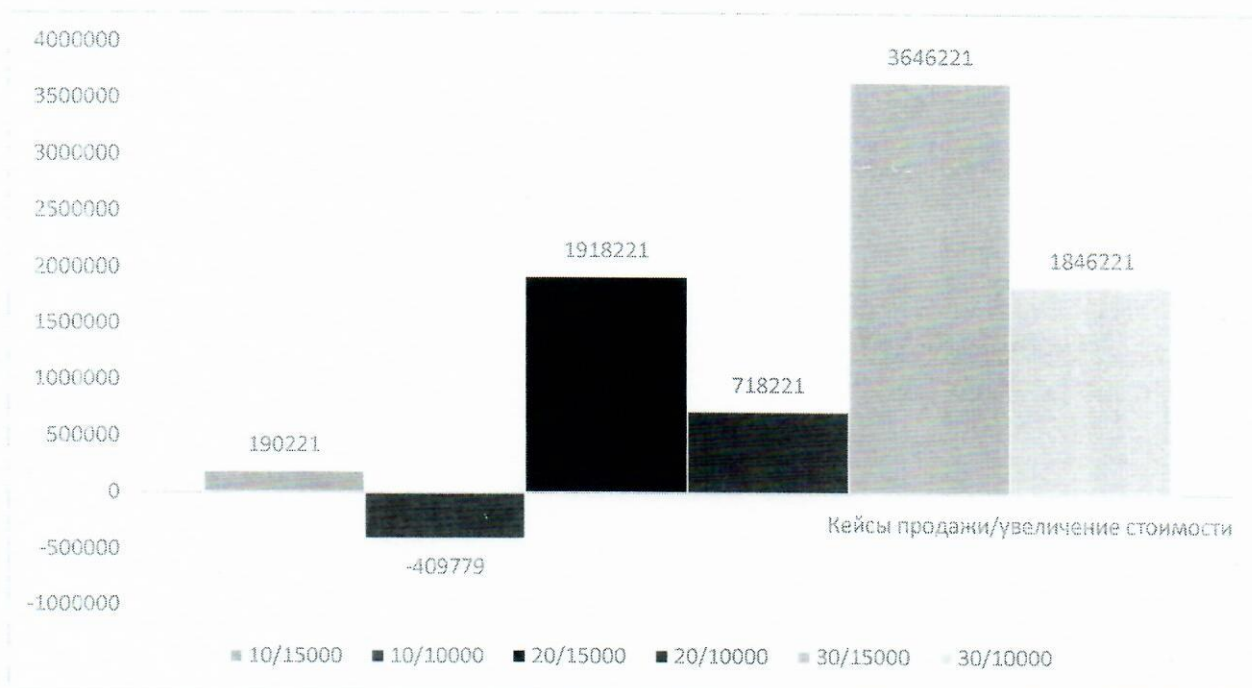


Рис. 6. Гистограмма экономической эффективности

Разработанная технология может найти применение в случае её внедрения на предприятиях средней мощности выпуска продукции. В пяти из шести рассматриваемых кейсов теоретический выпуск новой продукции по обозначенной технологии являлся экономически-эффективным.

Выводы. На основании данных, полученных в результате проектирования типовой автоматизированной системы, можно констатировать следующее:

1. Подтверждены актуальность и реализуемость применения технологии плазменного напыления, как метода усовершенствования конструкции механизмов и машин.

2. Разработана автоматизированная технология, которая без возникновения особых затруднений может быть встроена в структуру типового производственного предприятия.

3. Результаты первичного экономического анализа подтверждают целесообразность использования разработанной технологии.

Список литературы:

1. Электротехнологические промышленные установки: учебное пособие / [В. Я. Фролов и др.]; под ред. В. Я. Фролова; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. – 571 с.
2. Балдаев Л. Х., Борисов В.Н. и др. Газотермическое напыление. Учеб. пособие под общ. ред. Л.Х. Балдаева. – М.: Маркет ДС, 2007. – 344 с.
3. Дресвин С. В. Плазмотроны: конструкции, параметры, технологии : Учебное пособие для вузов по направлению подготовки 140400 «Техническая физика» / С. В. Дресвин, С. Г. Зверев; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 208 с.
4. Murashov I. Numerical simulation of DC air plasma torch modes and plasma jet instability for spraying technology / Frolov V., Ivanov D. // 2016 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (EIConRusNW). – 2016. – pp. 625-628.
5. Финкельбург, В., Меккер, Г. Электрические дуги и термическая плазма, [Текст], [монография], пер. с нем. В. Б. Левина [и др.]; под ред. д-ра физ.-мат. наук В. А. Фабриканта. – Москва: Издательство иностранной литературы, 1961.– 369, [1] с.
6. Derevyankin P.G., Kriskovets D.S., Frolov V.Y., Yushin B.A. Analysis of the electrophysical and thermophysical properties of copper-graphite material for arcing contacts of a high-current low-voltage circuit breaker // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2021. 2021. С. 839-843.
7. Экономика организации (предприятия): учебное пособие: Рекомендовано методическим советом Уральского федерального университета для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 38.03.01 – Экономика, 38.05.01 – Экономическая безопасность / Т. К. Руткаускас [и др.]; под общей редакцией Т. К. Руткаускас; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2018. – 260 с.

Суриков А.Н., Хаматов Д.А., Радько Я.В., Соломоник А.К.

Surikov A.N., Khamatov D.A., Radko Y.V., Solomonik A.K.

Способ применения транспортных средств многоцелевого назначения для эвакуации пострадавших из районов чрезвычайных ситуаций

Method and device for multi-purpose automotive equipment for evacuation of the wounded and sick due to dangerous threats.

Аннотация. Практика эвакуации пострадавших из районов чрезвычайных ситуаций, особенно из труднодоступных участков местности, показывает, что, зачастую, привлекаются транспортные средства многоцелевого назначения.

Проведенный анализ имеющегося типового санитарного оборудования (ТСО), унифицированного санитарного оборудования (УСО), а также универсальных санитарных приспособлений для грузовых автомобилей (УСП-Г), показал, что существующее оборудование ограничено по возможностям размещения в грузовых платформах и не отвечает современным требованиям по количеству и качеству перевозки пострадавших в сочетании положения лежа и сидя, поэтому требуются новые технические решения и способы их применения.

Предложено новое техническое решение модуля для крепления санитарных носилок в грузовой платформе автомобильного транспорта многоцелевого назначения УОМ-Г, способ его транспортировки по-походному, позволяющий повысить эффективность транспортировки пострадавших из района чрезвычайной ситуации на 15%. Разработанные программы позволяют произвести расчеты и выбрать оптимальный парк транспортных средств в соответствии с потребностями по перевозке.

Abstract. The practice of evacuating victims from emergency areas shows that, often, multi-purpose vehicles are involved, especially from hard-to-reach areas. The analysis of the available standard sanitary equipment (TSO), unified sanitary equipment (USO), as well as universal sanitary devices for trucks (USP-G), showed that the existing equipment is limited in terms of placement in cargo platforms and does not meet modern requirements for the quantity and quality of transportation of victims in a combination of lying and sitting positions therefore, new technical solutions and ways of their application are required. A new technical solution of the module for attaching sanitary stretchers in the cargo platform of multi-purpose motor transport UOM-G, a method of its transportation by marching, a method of application that allows to increase the efficiency of transporting victims from the emergency area by 15% is proposed. The developed programs allow you to make calculations and choose the optimal fleet of vehicles in accordance with the transportation needs.

Ключевые слова: автомобиль многоцелевого назначения, оборудование, модуль, санитарные носилки, парк воинской части, эвакуация, штатные и нештатные автомобили, оборудование для размещения и крепления.

Keywords: multi-purpose vehicle, equipment, module, ambulance stretcher, military unit park, evacuation, standard and non-standard vehicles, accommodation and fastening equipment.

Введение. Своевременное и профессиональное оказание медицинской помощи пострадавшим в мирное и военное время является одной из важнейших задач. От наличия специального санитарного

оборудования транспортных средств, соответствия его требованиям к транспортировке пострадавших во многом зависит состояние раненых и больных вследствие транспортировки (см. рис. 1).



Рис. 1. Официальная статистика МЧС РОССИИ о пострадавших при ЧС

Применение специализированных транспортных средств медицинского и санитарного назначения осложняется в труднодоступных районах, поэтому не редко привлекаются транспортные средства многоцелевого назначения, предназначенные, в первую очередь, для перевозки грузов, в том числе, гуманитарных [1]. Для переоборудования транспортных средств к перевозке пострадавших, особенно в положении лежа, необходимы специальные устройства санитарного назначения [2].

Наиболее распространенными специальными автомобилями

являются санитарные автомобили на базе УАЗ.

Автомобиль санитарный УАЗ-452А представляет собой полноприводный автомобиль (колесная формула 4 х 4) с открытым цельнометаллическим кузовом вагонного типа. В кузове смонтированы кронштейны и подвесные ремни для носилок, откидные сиденья, ящики для медицинского имущества. Носилки с пострадавшими устанавливаются в два ряда по бортам вдоль кузова и в два яруса по высоте. Тактико-технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Тактико-техническая характеристика автомобиля УАЗ-452А

Эвакуместимость одной секции, чел.:	
на носилках;	4
сидя (дополнительно);	1
только сидя	2
Время развертывания оборудования одним человеком, мин.	1-2
Время погрузки (выгрузки) носилочного пострадавшего тремя человеками, мин.	4-5
Полная масса, кг	2575
Максимальная скорость, км/ч	95

Недостаток транспортного средства – недостаточная вместимость, и при чрезвычайных ситуациях с большим количеством пострадавших, потребуется или дополнительное количество

транспортных средств, или повторные рейсы. Известно применение типового санитарного оборудования (ТСО) для автобусов. Техническая характеристика типового ТСО представлена в таблице 2.

Таблица 2
Техническая характеристика ТСО

Количество секций в одном комплекте ТСО, шт	3
Эвакуационная вместимость одной секции, чел.:	
на носилках или комбинированно	9
на носилках	5
только сидя	8
Время развертывания одной секции ТСО одним человеком, мин.	3-5
Время погрузки (выгрузки) носилочных пострадавших одной секции тремя людьми, мин.	7-9
Масса одной секции без тары, кг	120
Масса комплекта без тары, кг	360

Установка ТСО, после демонтажа пассажирского оборудования из кузова автобуса, осуществляется в следующей последовательности: узлы и детали одной, двух секций или всего комплекта ТСО крепятся к постоянно, заранее смонтированным, закладным элементам на крыше, боковинах и в полу автобуса, что позволяет размещать носилки с пострадавшими в 3 ряда по ширине и в 3 яруса по высоте или же размещать

раненых на откидных или не демонтированных сиденьях. Существенным недостатком оборудования является обязательное крепление стоек к потолку, что затрудняет применение данного оборудования в грузовых платформах автотранспорта, оснащенных тентом.

Универсальное санитарное приспособление (УСП-Г) устанавливается в грузовых автомобилях (см. табл. 3).

Таблица 3
Техническая характеристика универсального санитарного приспособления УСП-Г

Эвакуационная вместимость носилочных мест: комплекта (максимальная) УРАЛ-4320	8
Время развертывания комплекта одним человеком, мин.	10
Время погрузки (выгрузки) пострадавших тремя людьми, мин.	6-8
Размеры платформ, пригодных для установки комплектов, мм:	
внутренняя ширина	2000-2550
высота борта (наименьшая)	500

Недостаток – крепление к бортам, отсутствие проходов вдоль бортов и неэффективное использование всего пространства грузовой платформы.

Предложенное новое универсальное оборудование модульного типа (УОМ-Г) позволяет перевозить раненых и больных в положении лежа на носилках с соблюдением всех санитарно-

медицинских требований, а также в положении сидя [3].

Санитарный модуль (см. рис.2) включает в себя до шести секций длиной

2300 мм, шириной 600 мм и высотой 2000 мм. Секция имеет крепления для рукояток носилок, расположенных так, что носилки располагаются в три яруса [4].

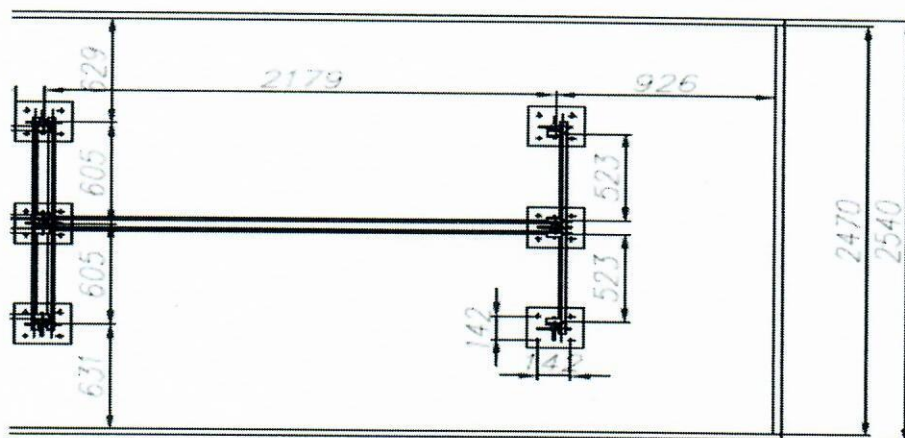


Рис.2. Модуль для крепления санитарных носилок

Модуль состоит из шести быстросъемных опор. Опоры выполнены в виде вертикальных стоек, нижние концы

которых размещаются в пятах (см. рис 3). Пята закрепляется на поперечных балках, установленных на полу грузовой платформы.

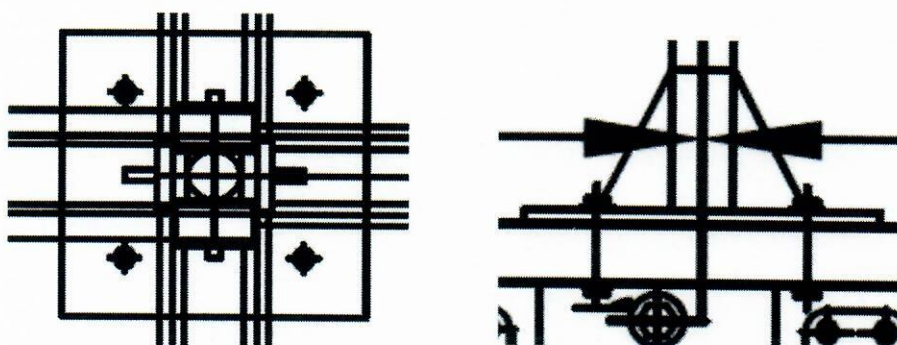


Рис. 3. Узел крепления к полу (вид сверху и сбоку)

На опорах ярусами с помощью быстросъемных замков закрепляются санитарные носилки. Для обеспечения жесткости и устойчивости конструкции модуля средние стойки связаны продольными балками. Оборудование устанавливается в средней части вдоль

осевой линии грузовой платформы автомобиля, не задействуя правый и левый борта и потолок.

Соединения стоек с продольными и поперечными балками, пятами фиксируются (см. рис. 4) штырями (1) с шариковым фиксатором (2).

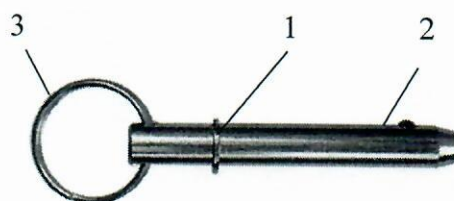


Рис. 4. Фиксатор

1 – штырь, 2 – шариковый фиксатор, 3 – кольцо

В зависимости от марки и модели транспортного средства, размеров грузовой платформы, потребности в перевозке раненых и больных количество модулей может изменяться [5].

Предложенное оборудование соответствует всем требованиям, предъявляемым к санитарному оборудованию. В связи с возможностями применения разработанного оборудования в различных транспортных средствах

целесообразно считать его универсальным оборудованием модульного типа для грузового транспорта (УОМ-Г) [6] со следующими техническими характеристиками (см. табл.4).

Способ применения УОМ-Г включает в себя два этапа: подготовка транспортного средства и установка УОМ-Г в транспортном средстве для транспортировки раненых и больных [7].

Таблица 4

Техническая характеристика универсального санитарного приспособления УОМ-Г

Эвакуационность двух модулей, чел.:	
на носилках	12
сидя (дополнительно)	16
только сидя	20
Время разворачивания оборудования одним человеком, мин.	10-15
Время погрузки (выгрузки) носилочного пострадавшего тремя людьми, мин.	до 5
Полная масса (без носилок), кг	500
Максимальная скорость, км/ч	60

Первый этап выполняется заблаговременно и включает в себя размещение устройств для крепления носилок по-походному и подготовку транспортного средства.

По бортам грузовой платформы размещаются подвесные ремни, на концах которых расположены сцепные устройства (см. рис. 5) в виде крюка и зажима.

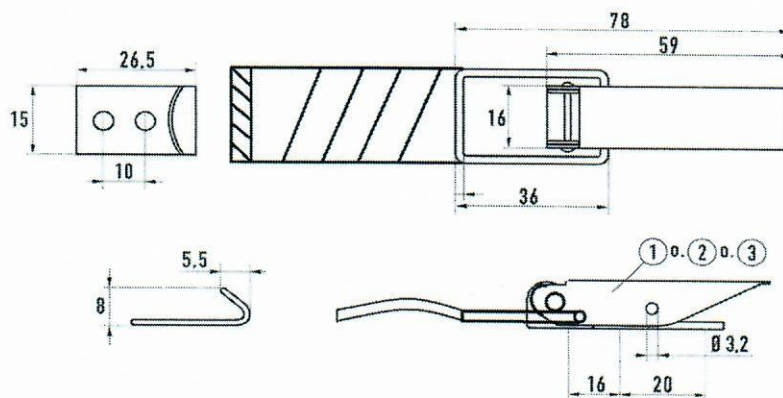


Рис. 5. Сцепные устройства для крепления санитарных носилок по-походному

Крепления размещаются попарно в три яруса по высоте борта (см. рис. 6).

В креплениях с помощью сцепных устройств закрепляются носилки.

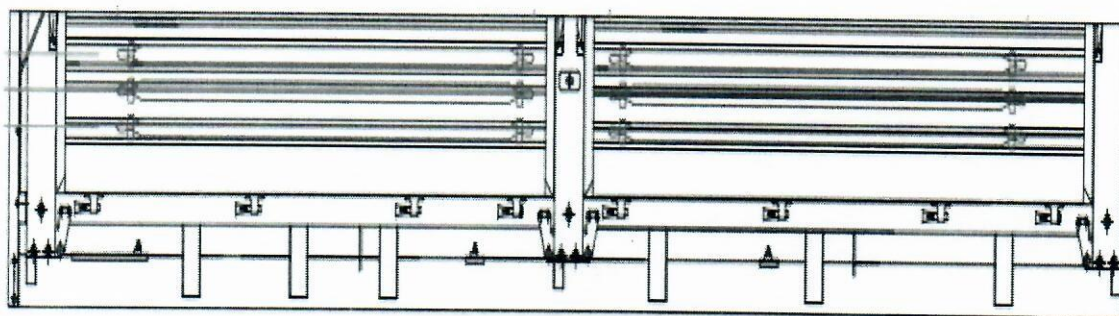


Рис.6 Размещение санитарных носилок по-походному

Под грузовой платформой с откидными крышками размером 2300x350x130 и 2300x100x130 (см. рис. 7).

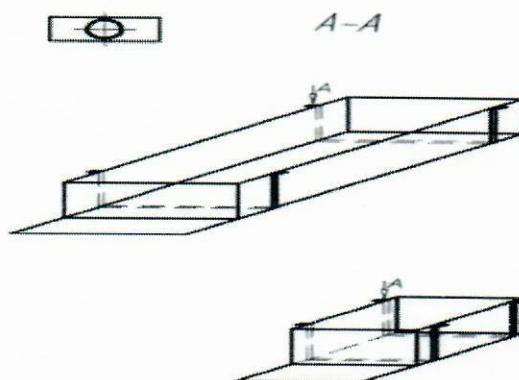


Рис.7. Ящики с откидными крышками

Ящик 2300x100x130 устанавливается (см. рис. 8) в нише над ресивером автомобиля 1, ящик 2300x350x130 — в нише над задним колесом 2.

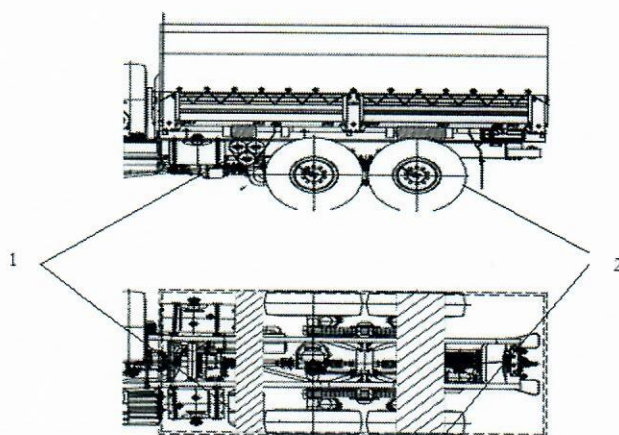
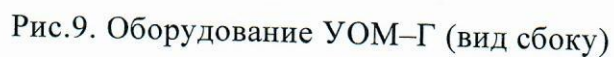


Рис.8. Схема размещения ящиков с откидными крышками

На втором этапе оборудование устанавливается в грузовой платформе (Рис. 9 и 10).



осуществлять по следующим габаритным показателям:

$$\begin{cases} x = l - l_0 \\ y = h - h_0 + 300 \\ z = k - k_0 + 300 \end{cases} \quad (1)$$

где l – длина грузовой платформы автомобиля;

l_0 – длина оборудования;

h – высота тента исследуемого автомобиля;

h_0 – высота верхнего уровня санитарных носилок;

k – ширина грузовой платформы;

k_0 – ширина оборудования.

Исходя из санитарных норм, ширина смотрового прохода и расстояние от верхней точки потолка (тента) до

носилки верхнего уровня должны быть не менее 300 мм.

Таким образом, критерием отбора следует считать условие

$$\begin{cases} y > 300 \\ z > 300 \\ x > 0 \end{cases} \quad (2)$$

На основе анализа типажа автомобильной техники многоцелевого назначения рассмотрены следующие транспортные средства (см. табл. 5).

С применением алгоритма (см. рис.11) произведена группировка транспортных средств (см. табл. 6)

Таблица 5
Габаритные показатели грузовых платформ

Модель ТС	Габаритные показатели грузовых платформ транспортных средств, мм		
	l	h	k
УРАЛ-4320	4890	2000	2550
КАМАЗ-53501	4890	2000	2550
ЗИЛ 131	3600	915	2322
ЗИЛ 138	3570	1750	1500
ГАЗ 66	3313	2050	1410
КАМАЗ-5320	6100	2500	2320

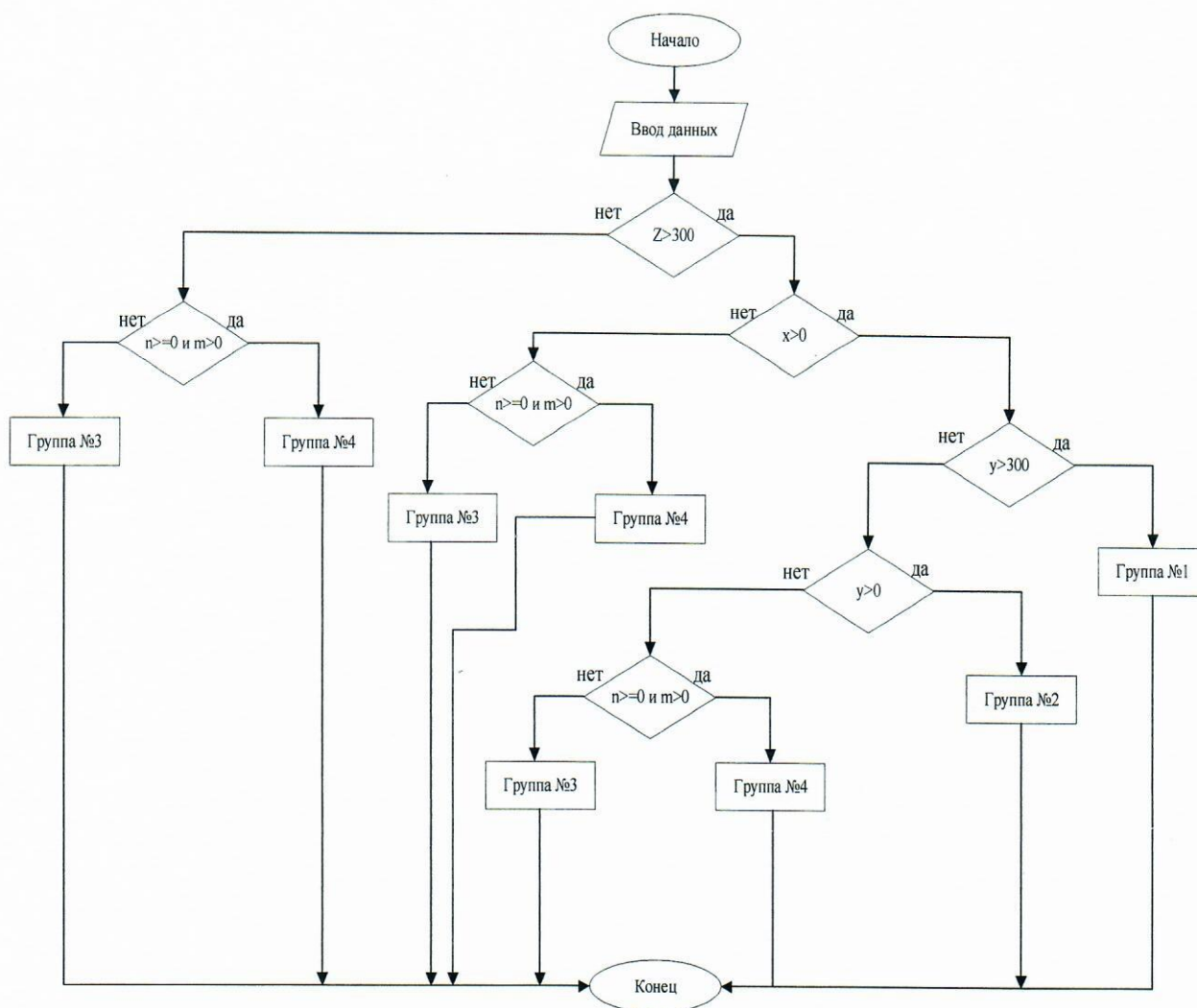


Рис. 11. Алгоритм по распределению транспортных средств по группам эксплуатации

Таблица 6
Возможности автомобильной техники по размещению УОМ-Г

Группа	Возможность применения оборудования для перевозки пострадавших	Марка транспортного средства
1	Соответствует нормам, при максимальной загрузке	КАМАЗ-5320, УРАЛ-4320
2	Загрузка ограничена двумя ярусами санитарных носилок, третий ярус – в исключительных случаях	КАМАЗ-53501
3	Один модуль	ЗИЛ-131, ЗИЛ-138, ГАЗ- 66

Исходя из потребности в перевозке пострадавших и возможностей имеющихся в распоряжении транспортных средств формируется парк (см. рис. 12).

Сравнительная характеристика существующего и разработанного оборудования для перевозки пострадавших представлена в таблице 7.

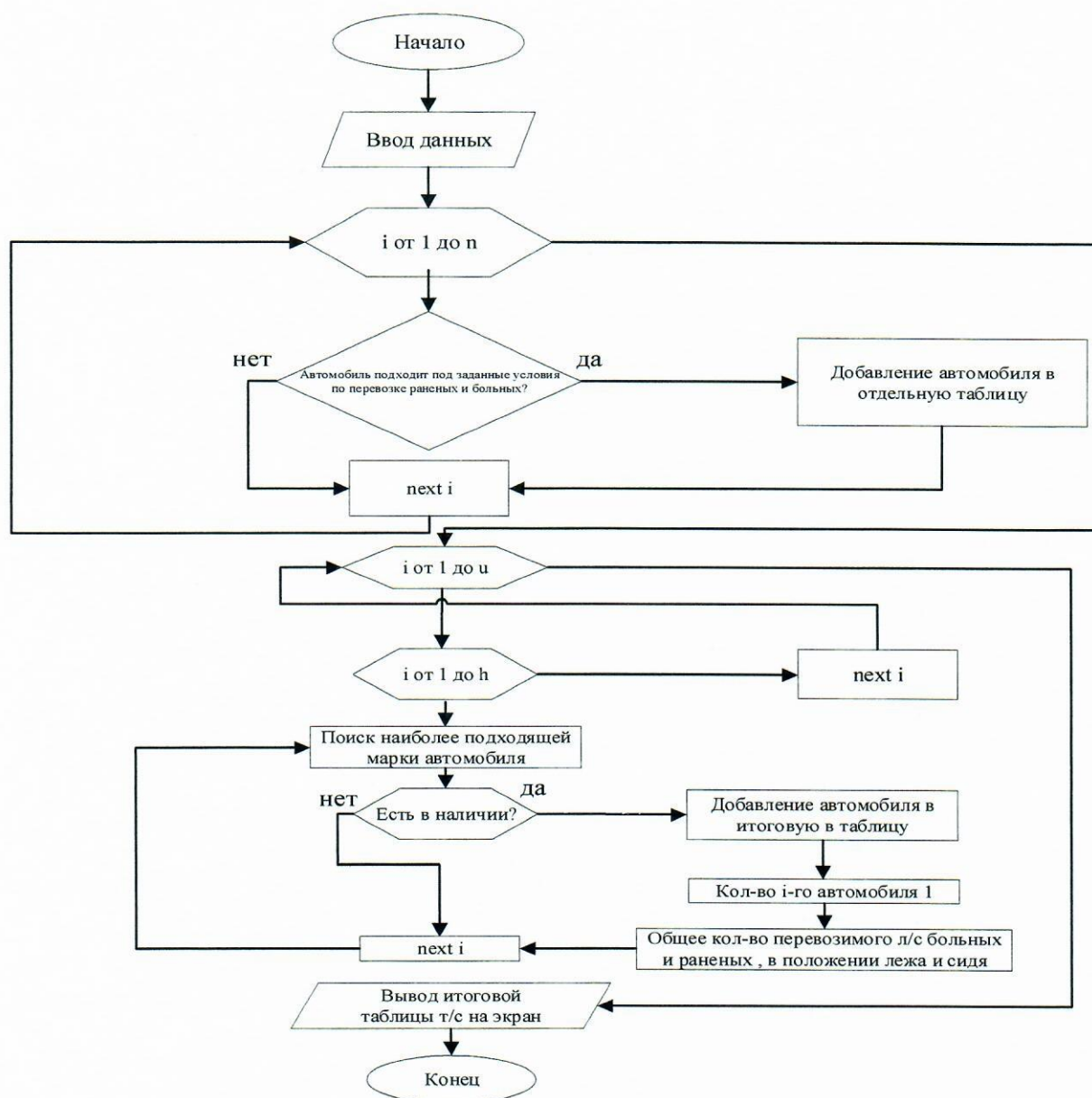


Рис.12. Алгоритм формирования оптимального парка транспортных средств (фрагмент)

Таблица 7
Оценка эффективности УОМ-Г

Показатель	УОМ-Г	УСП-Г
Эваковместимость ТС (два модуля), чел.:		
на носилках	12	до 16
сидя (дополнительно)	16	нет
только сидя	20	20
Время развертывания оборудования одним человеком, мин.	До 15	До 10
Время погрузки (выгрузки) носилочного пострадавшего тремя человеками, мин	До 10	До 8

Повышение эффективности разработанного оборудования составляет, в среднем, 15%, при соблюдении всех требований по перевозке раненых и больных на транспортных средствах многоцелевого назначения.

Выводы.

1. Имеющееся типовое санитарное оборудование (ТСО), унифицированное санитарное оборудование (УСО), а также универсальные санитарные приспособления для грузовых автомобилей (УСП-Г) не в полной мере отвечает санитарно-медицинским требованиям по количеству и качеству перевозки раненых и больных и морально устарело.

2. Разработано новое техническое решение оборудования

транспортных средств многоцелевого назначения для перевозки пострадавших – универсальное оборудование модульного типа (УОМ-Г), предложены способы его применения [9].

3. Разработаны алгоритм и программа расчета потребности транспортных средств для перевозки пострадавших [10].

4. Оценка эффективности предложенных технических решений показывает повышение возможностей транспортных средств многоцелевого назначения при транспортировке пострадавших на 15% при соблюдении всех санитарно-медицинских правил при перевозке пострадавших комбинированным способом.

Список литературы:

1. Эскрива А.М., Волокушин Р.В., Никитин Д.В., Рыбченко И.М. и др. Применение автомобильных воинских частей: Учебник. – СПб: ВИ (ИТ) ВАМТО, 2021. – 416 с. – Текст: непосредственный.
2. Подготовка эвакуационного транспорта и погрузка на него раненых и больных. https://studopedia.ru/10_284777_podgotovka-evakuatsionnogo-transporta-i-pogruzka-na-nego-ranenih-i-bolnih.html – Текст: электронный.
3. Суриков А.Н., Дорохов А.А. Обоснование требований к дооборудованию автотранспортных средств общего назначения для перевозки раненых и больных. Материалы международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы». – Тюмень, ТИУ, 2021, с. 362-365. – Текст: непосредственный.
4. Суриков А.Н., Магомедов М.А. Оборудование для размещения и крепления санитарных носилок в автомобиле многоцелевого назначения. Материалы международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы». – Тюмень, ТИУ, 2021, с. 255-258. – Текст: непосредственный.
5. Суриков А.Н., Магомедов М.А. Модуль для крепления санитарных носилок в автомобиле многоцелевого назначения. Сборник научных трудов 2-й межведомственной научно-практической конференции «Актуальные вопросы перспективных направлений применения ВВСТ» СПб.:Медиапапир, 2020, с. 456-460. – Текст: непосредственный.
6. Суриков А.Н., Попов А.В., Духно А.В., Магомедов М.А., Суриков В.А. «Оборудование для размещения и крепления санитарных носилок в автомобиле многоцелевого назначения». Патент на полезную модель № 204401 от 24.05.2021 г. – Текст: непосредственный.
7. Суриков А.Н., Радько Я.В., Хаматов Д.А. Способ подготовки оборудования для перевозки раненых и больных в автомобиле многоцелевого назначения. Сборник научных трудов 3-й межведомственной научно-практической конференции «Актуальные вопросы перспективных направлений применения ВВСТ». – СПб.: Медиапапир, 2021 – Текст: непосредственный.

8. Суриков А.Н., Хаматов Д.А., Радько Я.В. Способ применения оборудования для перевозки раненых и больных в автомобильном транспорте многоцелевого назначения. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. «Проблемы функционирования систем транспорта» – Тюмень, ТИУ, 2022, с. 222-226. – Текст: непосредственный.

9. Суриков А.Н., Духно А.В., Соломоник А.К., Хаматов Д.А., Радько Я.В. «Способ транспортирования оборудования для перевозки раненых и больных в автомобиле многоцелевого назначения» / Патент на изобретение № 2779336 от 06.09.2022 – Москва: официальные издания – Текст: непосредственный.

10. Суриков А.Н., Хаматов Д.А., Радько Я.В., Антипов Е.Ф., Бараш А.Л. «Программа формирования оптимального парка транспортных средств многоцелевого назначения для перевозки раненых и больных» / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617771 от 25.04.2022 – Москва: официальные издания – Текст: непосредственный.

Модель интегрированно-логистической поддержки сложных технических систем

Model of integrated logistics support complex technical systems

Аннотация. В статье предложена модель интегрированно-логистической поддержки сложных технических систем, обеспечивающая оперативное планирование и организацию послепродажного обслуживания всеми участниками жизненного цикла.

Abstract The article proposes a model of integrated logistics support for complex technical systems, which provides operational planning and organization of after-sales service by all participants in the life cycle.

Ключевые слова. Интегрированно-логистическая поддержка; жизненный цикл; сложная техническая система; эксплуатация; техническое обслуживание; запасные части; ремонт.

Keywords. integrated logistics support; life cycle; complex technical system; exploitation; maintenance; spare parts; repair.

Опыт выполнения войсками национальной гвардии (ВНГ) служебно-боевых задач показывает, что уровень боевой готовности войск, их подвижность, возможность продолжительного использования в ходе выполнения поставленных задач во многом зависят от организации и выполнения мероприятий технического обеспечения войск [1].

Автомобильная техника (АТ) является основным средством, обеспечивающим тактическую и оперативную подвижность войск, и используется во всех структурных подразделениях для выполнения поставленных задач. В связи с этим повышение коэффициента готовности, эффективности технического обслуживания и ремонта (ТОиР) становится одной из приоритетных задач [1].

Постоянно меняющиеся условия эксплуатации, развитие научно-технического прогресса, форм и способов ведения боевых действий обуславливают постоянное

повышение требований к АТ, которая представляет собой сложную техническую систему (СТС), состоящую из множества взаимосвязанных систем, подсистем, составных частей, узлов и агрегатов. Составные части данных систем могут разрабатываться в различных конструкторских бюро и предприятиях, а их обслуживание организовано как силами и средствами ремонтных подразделений, так и сервисных организаций. Соответственно возникает задача интеграции данных участников данных участников ЖЦ в единую систему информационного обмена.

В настоящее время получила широкое распространение технология интегрированной логистической поддержкой (ИЛП), под которой понимается совокупность методов, способов и средств обеспечения информационными и материальными ресурсами всех этапов ЖЦ изделия (от разработки до снятия с эксплуатации) для минимизации суммарных затрат при

удовлетворении заданных показателей надежности, технической готовности и эффективности использования изделия в соответствии с его назначением.

В научных работах [1, 2, 3, 4] рассмотрены наиболее важные аспекты и актуальность внедрения ИЛП для всех участников ЖЦ изделия и формирования системы управления ЖЦ изделия.

В свою очередь система ИЛП представляет собой информационно-организационное сопровождение ЖЦ изделия, т. е. физически реализуемое через интеграцию информационных потоков, выполняемых процессов и соответствующих автоматизированных систем участников ЖЦ.

Приоритетным направлением в сфере ИЛП сложных технических систем становится создание интеллектуально-

информационных и логистических систем на базе технологий, интегрирующих прогнозирующий мониторинг технического состояния изделия и процессов его ЖЦ в единую информационную среду (ЕИС).

Предполагается, что сканирование информации с основных узлов (агрегатов) изделия и передача ее по беспроводным каналам связи на порталы управления системы ИЛП ЖЦ изделий позволит принимать оптимальные решения по управлению ТОиР и поставке ЗИП (рис. 1). Это даст возможность существенно сократить затраты, связанные с простоем СТС и созданием оптимальных запасов ЗИП, за счет эффективного управления материально-техническим обеспечением (МТО) в режиме реального времени.

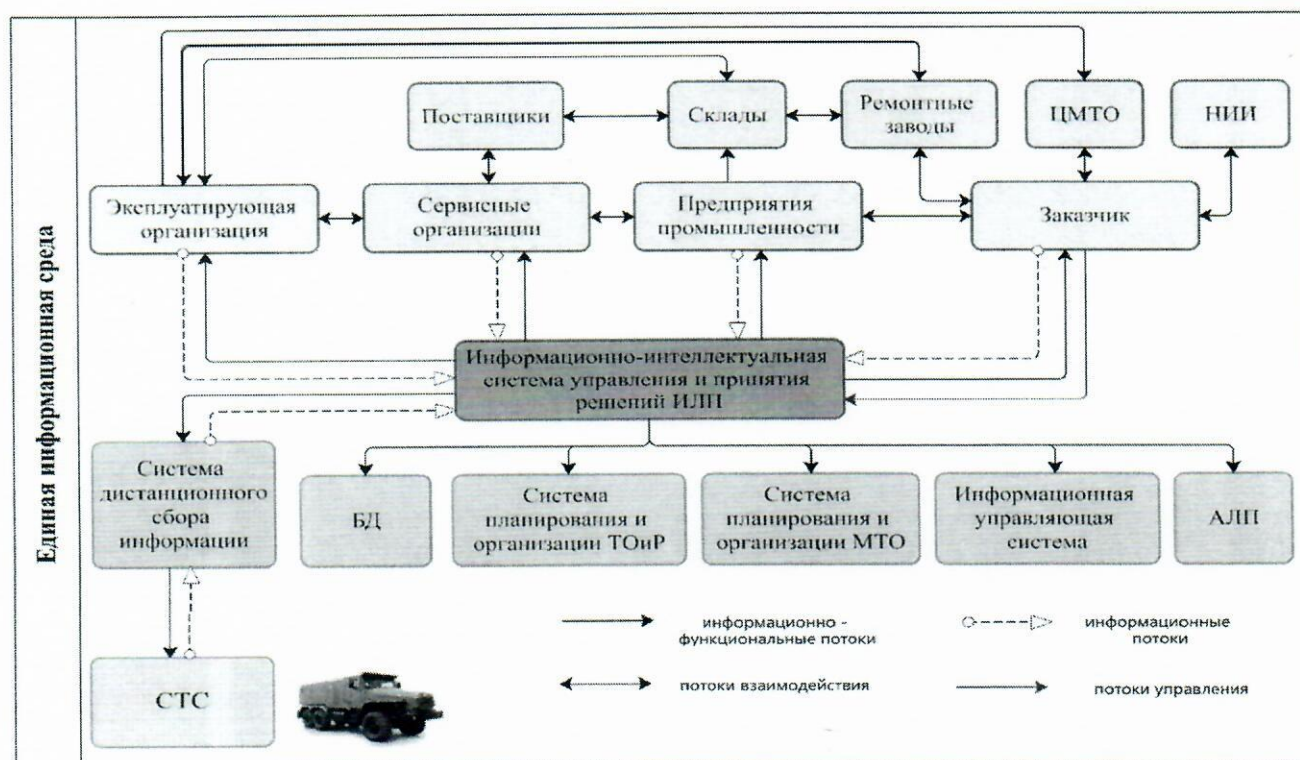


Рис 1. Модель ИЛП СТС:

АЛП – анализ логистической поддержки; БД – база данных;
ИЛП – интегрированно-логистическая поддержка; МТО – материально-техническое обеспечение;
НИИ – научно-исследовательские институты; СТС – сложная техническая система;
ТОиР – техническое обслуживания и ремонт; ЦМТО – центр материально-технического обеспечения.

Основное преимущество модели состоит в том, что она объединяет всех участников ЖЦ изделия в ЕИС, связывает их непосредственно с изделием для его контроля и сопровождения, а с помощью информационно-интеллектуальной системы управления и принятия решений (ИИСУиПР) принимаются оптимальные стратегии для поддержания требуемого уровня технической готовности.

Рассмотрим структурные элементы модели:

1. Основными участниками ЖЦ изделия являются эксплуатирующая организация, сервисные организации, предприятия промышленности и заказчик.

Заказчик, исходя из возложенных задач, является главным организатором ИЛП СТС и непосредственно организует взаимодействие с НИИ, ЦМТО, ремонтными заводами и предприятиями промышленности.

Предприятия промышленности осуществляют деятельность по производству СТС согласно ГОЗ и обеспечивают выполнение требований технических заданий. Сервисные организации выполняют мероприятия по ТОиР СТС при взаимодействии с эксплуатирующими организациями и поставщиками ЗИП. Эксплуатирующая организация осуществляет непосредственно эксплуатацию СТС согласно эксплуатационной документации и ведомственных документов ВНГ.

2. Информационно-интеллектуальная система управления и принятия решений представляет собой систему автоматизированных информационных, информационно-функциональных и управленческих потоков информации от участников ЖЦ, функционирующую в целях:

- приема и передачи информации о состоянии изделия СТС и мероприятий,

проводимых на нем в режиме реального времени между всеми участниками ЖЦ;

- передачи информации в БД и ее постоянный мониторинг и актуализация;

- сбора данных для анализа логистической поддержки (АЛП);

- распределения информационных потоков данных между системами планирования и организации ТОиР, планирования и организации МТО и информационно-управляющей системы;

- поиска оптимальных стратегий по ТОиР, обеспечению ЗИП и материальными средствами (МС) с последующим контролем их реализации;

- организации электронного документооборота и уточнения технической документации;

- приема управленческих команд от головного заказчика.

Полученная информация в ЕИС обрабатывается с помощью АЛП, основными функциями которой являются:

- анализ возможностей и наличия ресурсов для поддержания готовности СТС и ее сопровождение всеми участниками ЖЦ;

- анализ мероприятий ТОиР, с оценкой их трудоемкости и продолжительности;

- оценка эффективности ИЛП изделия в части выполнения заданных эксплуатационно-технических характеристик, снижения стоимости ЖЦ и его послепродажного обслуживания.

3. Система дистанционного сбора информации, обеспечивающая передачу информации о состоянии СТС, сущность которой заключается в установке на СТС датчиков для контроля состояния важных технических систем.

Состояние каждого узла записывается на блок приема и сбора данных путем их последовательного накопления. Далее по

каналам передачи дублируется на блок передачи. С помощью флэш-накопителя информация отправляется во внутреннюю сеть, с последующей передачей в ИИСУиПР. Блок приема и сбора информации, в случае экстренных повреждений снимается и может использоваться как передатчик информации о изделии до момента отказа. Хранение полученной информации осуществляется в БД.

4. База данных выполняет функцию сбора и обобщения всей информации, поступающей от СТС и участников ЖЦ. Основными функциями БД являются:

- обобщение данных о состоянии изделия;
- хранение электронной технической документации на изделие;
- хранение документации по движению МС для обеспечения поддержки ЖЦ изделия;
- хранение данных о выполнении мероприятий ТООР, наличия МС на складах;
- обобщения сведений о возможностях и наличии ресурсов всех участников ЖЦ.

5. Система планирования и организации ТООР предназначена для выбора оптимальных, качественных, своевременных и оперативных стратегий по ТООР.

6. Система планирования и организации МТО предназначена для выбора наиболее эффективных, полных и своевременных стратегий МТО послепродажного обслуживания.

7. Информационно-управляющая система – это постоянно действующая система информационной взаимосвязи всех участников ЖЦ изделия, предназначенная для обработки принятой информации от ИИСУиПР, подготовки необходимых документов для выполнения мероприятий послепродажного обслуживания, передачи отчетных документов в БД, а также для

разработки (уточнения) электронных технических документов.

В свою очередь, в ходе реализации процессов поддержки эксплуатации возникает потребность в выработке оптимального решения при проведении различных видов обслуживания и ремонта. Сущность вопроса состоит в необходимости распределения работ между обслуживающими организациями (сервисными организациями ОПК, ремонтно-восстановительными органами), участвующими в данных процессах. Задачи такого вида возникают в том случае, когда имеющихся в наличии ресурсов оказывается недостаточно для освоения требуемого объема работ. Поэтому целью решения задач данного типа является отыскание такого варианта распределения ресурсов, который позволил бы минимизировать общие затраты на выполнение мероприятий в рамках поддержки эксплуатации [5].

Основным инструментом модели ИЛП СТС является *комплексная система эксплуатации ИЛП СТС*, состоящей из подсистем ТООР, МТО и информационно-управляющей системы. В качестве примера рассмотрим функционирование подсистемы МТО.

Главная цель подсистемы МТО заключается в обеспечении необходимыми расходными материалами и ЗИП с минимальными затратами времени, когда в них возникает необходимость.

Для этого решаются следующие задачи:

1. Своевременное и полное обеспечение участников ЖЦ всеми МС и ЗИП, потребляемыми в процессе эксплуатации вовремя и в необходимых объемах;

2. Обеспечение рационального использования и контроль за выполнением норм по расходованию ЗИП и МС;

Для выполнения этих задач, которые в свою очередь также являются более простыми элементами подсистемы, наиболее удобно составить «направленный граф состояний», который позволяет построить удобные графические представления с входными и выходными сигналами о вероятности потоков МС в каждое состояние изделия.

представлена потоковая часть ориентированного графа, отражающего структуру потоков МС в комплексной системе «поставки ЗИП – эксплуатация – ТОиР – списание». По существу, это графическое отображение системы послепродажного обслуживания, описывающее возможные состояния составной части (СЧ) любой СТС – элемента поставки заданной номенклатуры (состояния 1, 2, 3, 4, 7, 8) и изделия в целом (состояния 5, 6).

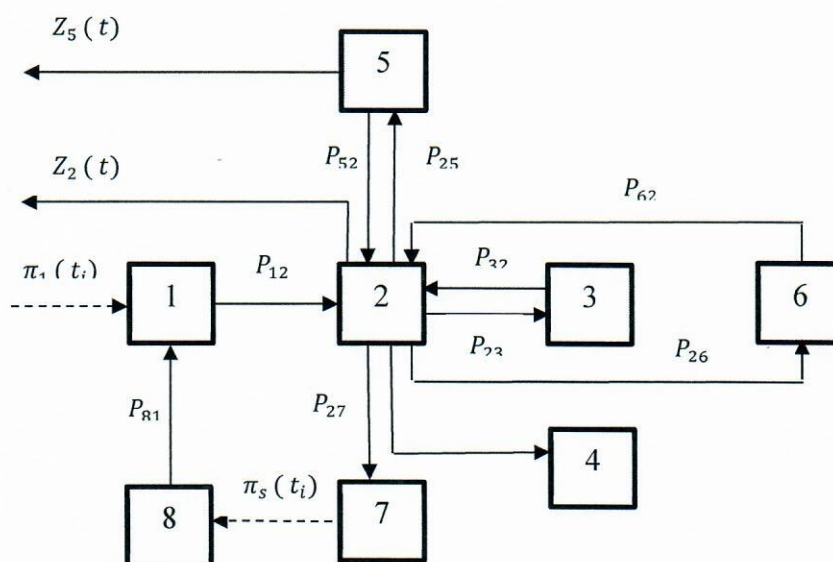


Рис. 2 Граф состояний составных частей СТС

капитальном ремонте на ремонтном предприятии;

- 7 – неисправные СЧ, накопленные на складе у эксплуататора для отправки в ремонт;

8 – СЧ, находящиеся на восстановительном ремонте у сервисной организации.

В обороте находится определенное количество СЧ каждого типа. В силу различных случайных факторов все они распределяются случайным образом между указанными выше состояниями.

Введем в рассмотрение фазовый вектор системы $Z_i(t)$, составляющие которого $i = 1, \dots, n$, суть количества СЧ данного типа, находящихся в i -м состоянии.

Переменные $Z_5(t)$ и $Z_2(t)$ связывают сигнальную часть графа с потоковой.

Будем считать, что выполняются следующие условия:

1. Составные части изделия в состояниях 3, 4, 7 считаются неисправными, а в состояниях 2, 5 – исправными;

2. При неисправном состоянии в любом случае СЧ подлежит замене за счет запасов склада, а далее либо отправляется в ремонт, либо списывается;

3. Ремонт СЧ может быть восстановительным и выполняться в оперативном порядке у потребителя;

4. Сложные виды ремонта СЧ осуществляются на оборудовании поставщика. Отправка в ремонт производится периодически партиями, которые накапливаются на складе в течение обусловленного периода времени;

5. Плановый капитальный ремонт СТС выполняется на специализированных ремонтных предприятиях. Отправка изделий на ремонт осуществляется по мере наступления сроков. Запасные части, необходимые для проведения капитального ремонта, поставляются из внешних источников и в данной модели не учитываются. Их стоимость входит в стоимость ремонта.

6. Пополнение объемов ЗИП осуществляется периодически партиями определенного размера, обеспечивающими оптимальный уровень запаса при заданном среднем коэффициенте готовности изделий, рассчитанном на заданный период функционирования.

7. Критерий оптимальности содержит свободные и несвободные параметры. Свободные параметры учитывают возможность выбора стратегии и тактики использования изделий, а отсюда – оптимизацию доходов и расходов. Несвободные параметры характеризуют качественные, ценовые и другие факторы, присущие изделию и системе.

Дефицит ЗИП приводит к простоям, что снижает средний коэффициент готовности. Простой вызывает также нахождение СЧ в состояниях ТОиР [6].

На рис. 2 стрелками показаны дуги графа, описывающие переходы СЧ и изделия в целом из одного состояния в другое. Обозначения дуг графа цифрами вида $k-h$ отмечают направления переходов из состояния k в состояние h . Состояния, в которых над СЧ осуществляются какие-либо действия, соответствуют нахождению их в определенных технологических фазах, реализуемых в системе массового обслуживания (СМО). В данном случае такими СМО являются: система ТО, система восстановительного ремонта СЧ у потребителя, система капитального ремонта изделий, система восстановительного ремонта СЧ у поставщика и склад, который принимает и отпускает СЧ. Считается, что переходы $k-h$ обусловлены случайными пуассоновскими потоками событий.

Для дальнейших рассуждений в табл. 1 даны пояснения к разметке графа на рис. 2, включающие обоснование физического смысла переходов, характера и интенсивностей потоков в разработанной модели ИЛП СТС.

Таблица 1
Разметка графа состояний

Переходы $k \rightarrow h$	Физический смысл перехода	Характер потока в разрабатываемой модели
$1 \rightarrow 2$	Поток ЗИП со склада для замены неисправных СЧ	Переход обусловлен поступлением на склад заявок на ЗИП для замены отказавших агрегатов на изделия, а также количеством запаса на складе требуемых СЧ. Поступление заявок на склад может быть, как плановым, в известные заранее моменты времени, так и неплановым, в случайные моменты времени. Переход образует ординарный пуассоновский поток с интенсивностью: $p_{12}(Z_1, Z_2) = \lambda_0 Z_2 1(Z_1),$ где λ_0 – интенсивность отказов СЧ данной номенклатуры: $\lambda_0 = \frac{H_{t_{уп}}}{T_{ср} * t_{уп}} \text{ сут}^{-1},$ где $H_{t_{уп}}$ – средняя на периоде наработка СЧ, ч; $t_{уп}$ – учетный период времени, сут; $T_{ср}$ – средняя на периоде наработка СЧ на отказ, ч; $1(Z_1)$ – единичная функция
$2 \rightarrow 3$	Поступление СЧ на восстановительный ремонт у потребителя	Переход обусловлен интенсивностью отказов СЧ, приводящих к восстановительному ремонту. Ординарный пуассоновский поток с интенсивностью: $p_{23} = \lambda_{23} Z_2,$ где $\lambda_{23} = \lambda_0 P_{рем}$, $P_{рем}$ – вероятность отказа, приводящего к восстановительному ремонту
$2 \rightarrow 4$	Переход СЧ в состояние безвозвратных потерь в процессе эксплуатации	Переход обусловлен интенсивностью отказов СЧ, приводящих к списанию в безвозвратные потери. Ординарный пуассоновский поток с интенсивностью: $p_{24} = \lambda_{24} Z_2,$ где $\lambda_{24} = \lambda_0 P_{сп}$, $P_{сп}$ – вероятность отказа, приводящего к списанию в безвозвратные потери
$2 \rightarrow 5$	Переход СЧ в составе изделия на профилактические работы	Переход обусловлен наработкой изделий, при достижении которой они направляются на проведение профилактических работ. Ординарный пуассоновский поток с интенсивностью: $p_{25} = \lambda_{25} Z_2,$ где $\lambda_{25} = \frac{H_{t_{уп}}}{T_{то} * t_{уп}} \text{ сут}^{-1}$, $T_{то}$ – периодичность проведения профилактических работ, ч
$2 \rightarrow 6$	Переход СЧ в составе изделия на капитальный ремонт	Переход обусловлен наработкой изделий, при достижении которой они направляются на проведение капитального ремонта. Ординарный пуассоновский поток с интенсивностью: $p_{26} = \lambda_{26} Z_2,$ где $\lambda_{26} = \frac{H_{t_{уп}}}{T_{кр} * t_{уп}} \text{ сут}^{-1}$, $T_{кр}$ – периодичность проведения капитального ремонта, ч

2 → 7	Переход неисправных СЧИ в состояние накопления для отправки в ремонт к поставщику	Переход обусловлен отказами СЧ, приводящими к отправке в заводской ремонт к поставщику. Ординарный пуассоновский поток с интенсивностью: $p_{27} = \lambda_{27} Z_2$, где $\lambda_{27} = \lambda_0 P_{\text{рек}}$, $P_{\text{рек}}$ – вероятность отказа, приводящего к заводскому ремонту у поставщика (рекламация)
3 → 2	Переход СЧИ, отремонтированных у потребителя, в состояние нахождения исправного СЧИ в составе изделия	Ординарный пуассоновский поток СЧ с интенсивностью восстановительного ремонта: $p_{32}(Z_3, A_3, t_{\text{рем}})$, сут ⁻¹ , зависящей от: $Z_3(t)$ – численности СЧ на восстановительном ремонте; A_3 – количества каналов восстановительного ремонта; $t_{\text{рем}}$ – средней продолжительности восстановительного ремонта, сут
5 → 2	Переход СЧИ в составе изделий, прошедших, профилактические работы, в состояние нахождения исправного СЧИ в составе изделия	Ординарный пуассоновский поток СЧ с интенсивностью проведения профилактических работ на изделии: $p_{52}(Z_5, A_5, t_{\text{то}})$, сут ⁻¹ , зависящей от: $Z_5(t)$ – численности СЧ, находящихся на профилактических работах; A_5 – количества каналов профилактических работ; $t_{\text{то}}$ – средней продолжительности проведения профилактических работ, сут
6 → 2	Переход СЧИ в составе изделий, прошедших капитальный ремонт, в состояние нахождения исправного СЧИ в составе изделия	Ординарный пуассоновский поток СЧ с интенсивностью капитального ремонта: $p_{62}(Z_6, A_6, t_{\text{кр}})$, сут ⁻¹ , зависящей от: $Z_6(t)$ – численности СЧ в капитальном ремонте; A_6 – количества каналов капитального ремонта; $t_{\text{кр}}$ – средней продолжительности капитального ремонта, сут
7 → 8	Переход партий неисправных СЧИ, накопленных на складе, к поставщику для заводского ремонта	Переход обусловлен <i>периодической</i> отправкой в ремонт партий СЧИ, которые накапливаются на складе в течение обусловленного периода времени.
8 → 1	Переход СЧИ, прошедших заводской ремонт на мощностях поставщика, в состояние нахождения исправного СЧИ в составе изделия	Ординарный пуассоновский поток СЧ с интенсивностью заводского ремонта: $p_{81}(Z_8, A_8, t_{\text{рек}})$, зависящей от: $Z_8(t)$ – численности СЧ в заводском ремонте; A_8 – количества каналов заводского ремонта; $t_{\text{рек}}$ – средней продолжительности заводского ремонта (рекламации), сут

Периодические пополнения характеризуются периодом T_1 и объемом пополнения $\pi_1(t_i) = \pi_1(iT_1)$. Учет ограниченных пропускных способностей (ограниченное число каналов обслуживания) системы массового обслуживания осуществляется за счет нелинейного характера зависимостей интенсивностей соответствующих потоков от фазовых координат $Z(f)$ системы.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы:

1. Необходимость формирования модели ИЛП обусловлена информационной сложностью передачи данных о фактическом состоянии изделия СТС между участниками ЖЦ, большими затратами на послепродажное обслуживание и материально-техническое обеспечение;

2. Данная модель создает необходимые предпосылки для интеграции всех участников ЖЦ в единую информационную среду, позволяющую получать достоверную информацию о состоянии изделия и его составных частях в режиме времени близкому к реальному, хранить полученную информацию в БД, вырабатывать наиболее оптимальные стратегии по ТОиР и МТО, сократить бумажный документооборот при выполнении различных операций.

3. Использование предложенной имитационной модели позволяет формализовать информационные потоки, сопровождающие процессы МТО и создать математическую основу для оценивания эффективности ИЛП СТС.

Список литературы:

1. Кузнецов А.В. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла как необходимое условие повышения коэффициента готовности автомобильной техники в войсках национальной гвардии Российской Федерации / А. В. Кузнецов, Н. И. Дубовская // Актуальные вопросы совершенствования системы технического обеспечения в войсках национальной гвардии Российской Федерации во взаимодействии с другими видами обеспечения: Межвузовский сборник научно-практических материалов, Пермь, 25 ноября 2021 года / Под редакцией Г.М. Гончаренко. – Пермь: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2021. – С. 229-234. – EDN OMUVYE.
2. Пасмурцев Ф.А. Модель интегрированно-логистической поддержки автомобильной техники: актуальность создания, проблемные вопросы и ожидаемые эффекты / Ф. А. Пасмурцев, А. В. Кузнецов, В. А. Дубовский // Актуальные вопросы безопасности дорожного движения на войсковом и личном транспорте: Межвузовский сборник научно-практических материалов, Пермь, 27 мая 2022 года. – Пермь: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2022. – С. 111-119. – EDN QXTASA.
3. Гасюк, Д.П. Актуальные вопросы развития системы эксплуатации ракетно-артиллерийского вооружения ракетных войск и артиллерии вооруженных сил Российской Федерации / Д.П. Гасюк, В.В. Ларькин // Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. – 2022. – № 2(17). – С. 81-88. – EDN KHEOJC.
4. Гасюк, Д.П. Типологизация факторов, обуславливающих создание системы управления полным жизненным циклом ракетного комплекса Сухопутных войск / Д.П. Гасюк, В.А. Дубовский, Н.И. Дубовская // Актуальные проблемы защиты и безопасности: труды XXIII Всероссийской научно-практической конференции РАРАН, Санкт-Петербург, 01–04 апреля 2020 года / Российская академия ракетных и артиллерийских наук. Том 4. – Санкт-Петербург: Б. и., 2020. – С. 108-115. – EDN GSOYUX.
5. Гасюк, Д.П. Методика оптимизации перемещений неисправного ракетного вооружения / Д.П. Гасюк, В.А. Дубовский, В.С. Стативка // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – 2020. – № 675. – С. 228-236. – EDN LAVHZA.
6. Оптимизация характеристик сложного технического изделия на этапе проектирования / В.А. Дубовский, А.В. Кузнецов, А.Ю. Пак, С.Ю. Сысуев // Журнал технических исследований. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 3-11. – EDN ZMAOFT.

7. ГОСТ Р 53394-2017. Интегрированная логистическая поддержка. Термины и определения: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 марта 2017 г. N 109-ст: дата введения 2017-07-01. – Москва: Стандартиформ, 2017. – 22 с. – Текст: непосредственный.

8. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники. – М.: Граница, 2015. – 304 с.

9. Инженерная логистика: логистически-ориентированное управление жизненным циклом продукции: Учебник для вузов / Под ред. Л.Б. Миротина и И.Н. Омельченко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 644 с.

10. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 124 с.

Галушко М.М., Короленок Л.М., Кулешов Д.Е.
Galushko M.M., Korolenok L.M., Kuleshov D.E.

**Защита подземных сооружений от воды и способы восстановления
гидроизоляционного контура после землетрясений**

**The water protection of underground structures and reconstruction methods
of water-proofing contour after the earthquake.**

Аннотация. В статье представлены характерные виды повреждений конструкций обделок после воздействия землетрясений и рассмотрены способы восстановления гидроизоляционного контура подземных сооружений.

Abstract. In this article the typical kinds of damages of structures lining after earthquake impact are presented and type of reconstruction of water-proofing contour of underground structures are described.

Ключевые слова: сейсмические воздействия, обделка, трещины, водоподавление, гидроизоляция.

Key-words: seismic impact, lining, cracks, water-pressure, water-proofing.

Подземные сооружения выполняющие задачи в интересах обороны государства размещают в горном массиве, главным образом, в целях их более надежной защиты от современных средств поражения.

Для таких подземных сооружений в качестве расчетных заданных средств поражения рассматриваются: ядерные боеприпасы; боеприпасы в обычном снаряжении; средства поражения, которые могут применить диверсионные (террористические) группы и природные или техногенные факторы.

Необходимость защиты от воды подземных сооружений объективно вытекает из их специфики, обусловленной: вынужденным расположением отдельных элементов сооружений, например шахтных входов, в сложных гидрогеологических условиях; необходимостью размещения сооружения в районе водоносных горизонтов для

автономного водоснабжения; наличием в горных массивах зон тектонических нарушений и повышенной трещиноватости; возможностью встречи при строительстве разрушенных зон горных пород, а также возникновения их после воздействия средств поражения.

Для решения вопросов по защите от воды проводятся гидрогеологические изыскания, по результатам которых прогнозируются возможные притоки грунтовых вод в подземные выработки, изменение гидрогеологической обстановки воды при строительстве и, особенно, после воздействия средств поражения.

В настоящее время существует ряд направлений защиты подземных сооружений от грунтовых и аварийных вод, используемых раздельно или комплексно. Основными из них являются: уменьшение притока подземных вод к сооружению, повышение

водонепроницаемости ограждающих конструкций (обделок), перехват и удаление вод, поступающих в сооружение в обычных условиях и аварийных ситуациях, а также мероприятия по незатопляемости сооружения.

При применении указанных направлений защиты подземных сооружений от воды на стадиях проектирования и возведения создается надежный гидроизоляционный контур, который защищает сооружение от воды.

Однако во время эксплуатации возможны и аварийные ситуации, приводящие к разрушению этого контура. Особое внимание стоит обратить на состояние ограждающих конструкций подземных сооружений подвергнутых воздействию землетрясений, которые могут создать аварийные ситуации с возможными катастрофическими последствиями. Наиболее опасные для подземных сооружений природные воздействия (землетрясение) могут проявляться: в повреждении отдельных участков обделки вплоть до полного разрушения с завалом выработки породой; в прорыве подземных вод внутрь сооружения; в завалах начальных участков коммуникационно-входных комплексов оползнями, снежными лавинами либо затопления их поверхностными водами; в изменение гидрогеологических свойств массива после воздействия.

Сейсмические воздействия относятся к особым видам нагрузки, которые проявляются, применительно к конкретным районам строительства и крайне редко. Но именно такое проявление землетрясений, особенно сильных, играет негативную роль в инженерной деятельности, так как по

прошествии достаточно длительного времени между сильными и разрушительными землетрясениями, их «уроки» зачастую забываются.

В первую очередь необходимо отметить, что сильные землетрясения приводят к существенному нарушению гидродинамического режима подземных вод в горном массиве. Изменение уровня подземных вод (h) носит сложный немонотонный пространственно-временной характер, определяемый конкретными характеристиками массива горных пород, наличием близкорасположенных тектонических нарушений и т.д. Установлено, что особенно значительное влияние на величину сейсмического воздействия оказывают тектонические разломы, а, следовательно, и на гидрогеологические эффекты.

Изменение гидрогеологической обстановки в районе землетрясения обусловлено изменением механического состояния массива горных пород. Так, в результате гидрологических обследований было установлено, что при землетрясениях происходит увеличение общей пористости пород, которая и способствует повышению водопроницаемости водовмещающих пород. Это объясняется развитием тектонической трещиноватости либо образованием магистральных трещин в результате землетрясения.

Учитывая тот факт, что интенсивность сейсмических воздействий ядерного взрыва в скальных породах для подземных сооружений не высокой степени защиты составляет около 10g, а в соответствии с [1] нормативная природная сейсмика составляет для 9-балльного землетрясения 0,4g, можно полагать что конструкции подземных

сооружений после воздействия землетрясения обеспечат заданную степень защиты укрываемого объекта.

Однако в отечественной и зарубежной литературе [2, 3] и технической документации опубликовано много сведений о поведении конструкций подземных сооружений во время землетрясений, порой весьма противоречивых. Известны случаи, когда находившиеся под землей рабочие узнавали о происшедших землетрясениях только поднявшись на поверхность. Зафиксированы и другие случаи, когда тоннели в скальных грунтах оказывались полностью разрушенными. В целом можно утверждать, что подземные сооружения, которые попадали под воздействие сильного землетрясения, всегда получали повреждения различной степени из-за изменения механических свойств горного массива и развития в нем тектонической трещиноватости.

Установлено, что при землетрясениях в 8-9 баллов конструкции обделок подземных сооружений неглубокого заложения (менее 60 м) получают повреждения в виде сколов, продольных, поперечных и наклонных трещин в сводах, стенах и углах перегиба отдельных элементов обделок.

Продольные трещины в сводах подземного сооружения и трещины в стенах обделок, направленные вдоль оси сооружения, возникают при распространении поперечных волн под углом к оси сооружения и при воздействии продольных волн вдоль оси сооружения. В некоторых случаях такие воздействия вызывают разрушения сводов подземных сооружений. Кроме поперечных и продольных трещин могут образовываться и наклонные трещины.

Имеющиеся данные о поведении подземных сооружений неравноценны по полноте описания, однако их систематизация позволяет понять причины разрушений и дает возможность определить качественную, а в отдельных случаях и количественную сторону воздействия землетрясения на горный массив, и подземные сооружения в нем расположенные.

Фактические данные о состоянии водозащитного контура подземных сооружений после воздействия природной сейсмичности мы получаем из заключения по их обследованию. Результаты обследования характеризуют повреждения конструкций, устанавливают их относительную сейсмостойкость и слабые места, позволяют разработать общие рекомендации и конструктивные мероприятия по восстановлению водозащитного контура подземных сооружений и на этой основе принять решение об объеме и необходимости проведения аварийно-восстановительных работ.

В зависимости от выявленной фактической ситуации в горном массиве и состояния водозащитного контура после землетрясения применяются следующие способы по обеспечению надежной эксплуатации подземного сооружения и сохранению требуемой степени защиты.

Когда установлено, что в горном массиве образовались небольшие обводнённые участки с высокой трещиноватостью и направленным движением грунтовых вод, которые пересекают выработку, то в местах тектонических нарушений локально устраиваются противодиффузионные завесы [4]. Они размещаются на путях движения подземных вод к сооружению

и создаются путем нагнетания через системы скважин цементно-песчаных растворов (цементация), битумных эмульсий (битумизация), растворов

силикатов натрия с катализатором отверждения (силикатизация) или синтетических смол (смолизация) (рисунок 1).

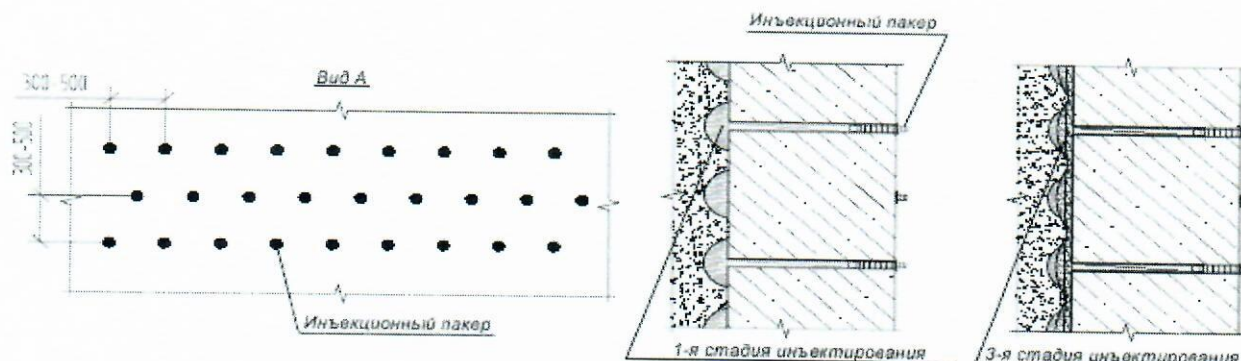


Рис. 1. Устройство противодиффузионной завесы инъектированием акрилатным гелем

При пересечении разломов проводится заобделочное водоподавление представленное рисунком 2.

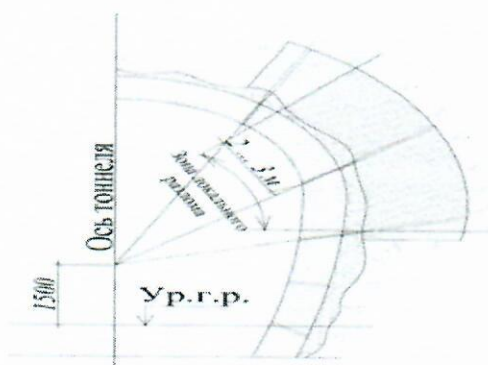


Рис. 2. Способ инъекции для водоподавления

Работы по водоподавлению предусматривают создание сети наклонных скважин через тело обделки с шагом 2-4 м в шахматном порядке по длине и шагом 2-3 м по высоте.

Бурение скважин производится двухметровыми заходками. В скважины устанавливаются кондукторы, которые выполняются из стальных труб с нарезанной резьбой для подсоединения нагнетальных шлангов на цементном растворе с ускорителями схватывания (рисунок 3). После затвердевания раствора кондукторы обрезаются на поверхности обделки.

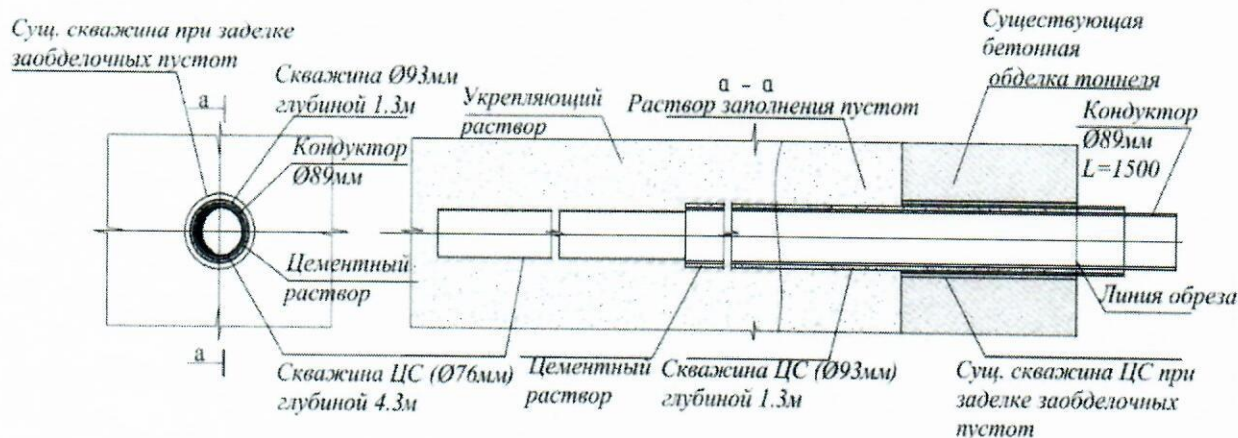


Рис. 3. Конструкция инъекционных скважин

В интервалах разрушенной обделки предусматриваются два варианта производства работ по водоподавлению:

с организацией водоотведения из трещин в скальных грунтах бурением подсекающих их скважин с установкой

в последних пакеров с запорными кранами и водоотводящими шлангами; и с ликвидацией водопритоков быстросхватывающимися цементными растворами с применением двухлинейной

технологии (нагнетание двумя насосами одновременно), турбулентных устьевых смесителей и специальных двухкомпонентных растворов (рисунок 4).

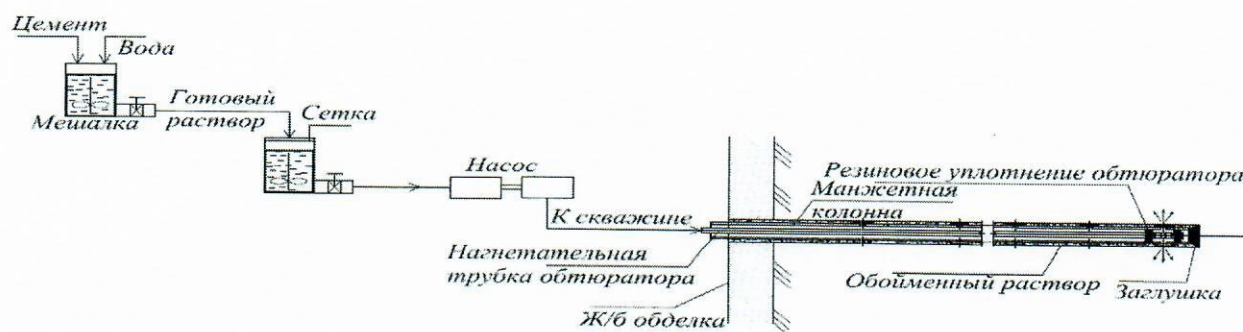


Рис. 4. Технологическая схема инъекционного закрепления (компенсационного уплотнение) грунтов

Работы по водоотведению выполняются в следующей последовательности: бурение скважин на проектную глубину; подача обойменного раствора через буровой инструмент с постепенным его подъемом; опускание колонны манжетных труб; твердение обойменного раствора; установка пакера в заданном интервале; подсоединение к скважине нагнетательной системы и инъектирование укрепляющего раствора; перестановка пакера на следующий интервал, нагнетание и т. д.

В соответствии с выводами и рекомендациями заключения по комплексному обследованию, по результатам оценки технического состояния подземного сооружения и в том числе обделок, гидроизоляции и горного массива принимается решение по восстановлению гидроизоляционного контура и несущей способности обделок. Для поддержания нормативного технического состояния подземного сооружения и своевременной ликвидации дефектов в процессе его эксплуатации производят аварийно-восстановительные

работы, все работы по восстановлению разрушенного поверхностного слоя обделки и ремонта трещин подразделяют на две группы: при отслоении бетона глубиной до 100 мм и глубине разрушения бетона свыше 100 мм.

Восстановление обделки в местах отслоений бетона глубиной менее 100 мм выполняется путем нанесения защитного слоя, который предназначен для защиты арматуры от коррозии, восстановления гидроизоляции и несущей способности конструкций обделок.

Предварительно необходимо с поверхности обделки удалить ослабленный бетон и очистить от загрязнения. В случае появления ржавых пятен на поверхности бетона, продольных трещин на поверхности железобетонной конструкции вдоль арматуры и оголения арматуры:

- удалить ослабленный бетон за арматуру на глубину не менее 20 мм и по длине арматуры на 50 мм в каждую сторону от краев зоны повреждения;

- оголенную арматуру и другие выступающие металлические части,

попадающие в зону ремонта, предлагается очистить от ржавчины до металлического блеска;

– при необходимости, арматурный стержень усилить дополнительным стержнем или заменить на новый.

Защиту арматуры и других металлических частей, попадающих в зону ремонта для увеличения срока эксплуатации отремонтированной конструкции рекомендуется выполнять материалом обладающим высокой адгезией к металлу и бетонным основаниям, высокой стойкостью к воздействию жидких и газообразных агрессивных сред, морской и пресной

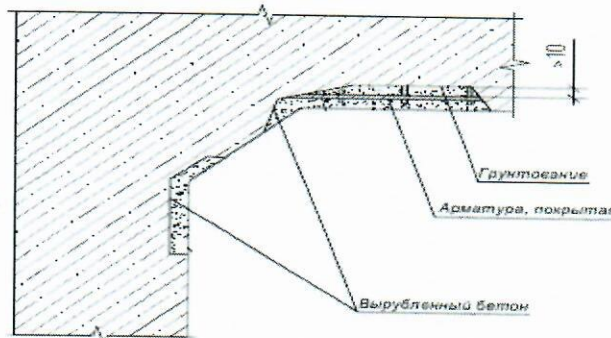
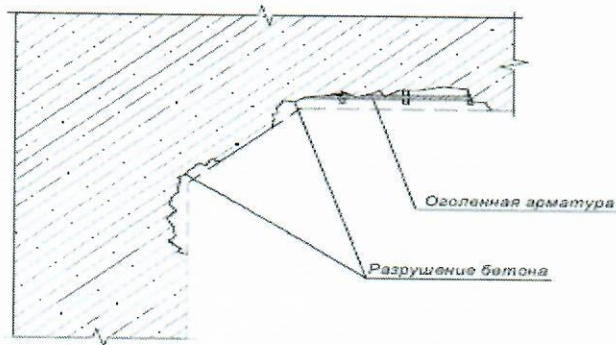


Рис. 5. Ремонт дефектов ж/б конструкций с оголением арматуры, в том числе на потолочной поверхности

Трещины глубиной более 100 мм герметизируют с помощью инъекторов глубинного типа – пакеров. Вдоль трещины разделяется штраба на глубину 100 мм. Поверхность бетона в штрабе тщательно очищают от пыли и грязи, в ней располагают стальную мелкоячеистую сетку и заполняют ремонтным составом. После набора прочности ремонтного состава вдоль трещин в шахматном порядке с двух сторон с шагом 0,3-0,5 м бурят

наклонные шпуров на глубину 2/3 толщины обделки.

Последовательность операций при ремонте трещин в обделке глубиной разрушения свыше 100 мм следующая: бурение шпуров диаметром 10-12 мм глубиной 100-150 мм и установка в них клиновых анкеров в шахматном порядке по сетке 200 x 500 мм, закрепление на анкерах арматурной сетки с ячейками не более 100 x 100 мм, затем наносится защитный слой (рисунок 6).

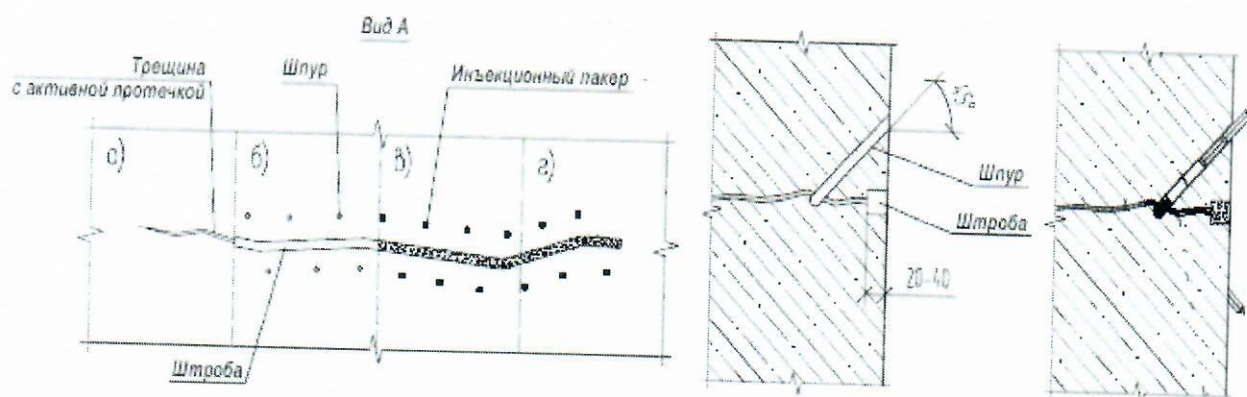


Рис. 6. Восстановление трещин с активными протечками двухстадийным инъецированием

С целью ликвидации трещин и всевозможных пустот, для повышения прочности и водонепроницаемости контактного слоя «порода-бетон» дополнительно выполняется нагнетание цементного раствора за обделку (заполнительная цементация). Нагнетание раствора выполняется в соответствии с дефектными ведомостями и схемами поврежденных участков, а также в пределах свода и в местах расположения рабочих швов бетонирования по типовым технологическим картам.

По времени эта работа обычно проводится в два этапа: первичное

нагнетание цементно-песчаного раствора состава 1:2 или 1:1 предназначено для заполнения наиболее крупных пустот и трещин за обделкой; вторичное (контрольное) нагнетание чисто цементного (беспесчаного) раствора через 2-3 суток после первичного нагнетания. Оно предназначено для заполнения наиболее мелких трещин, а также для контроля качества первичного нагнетания.

Особое внимание необходимо уделить вводам инженерных коммуникаций рисунок 7.

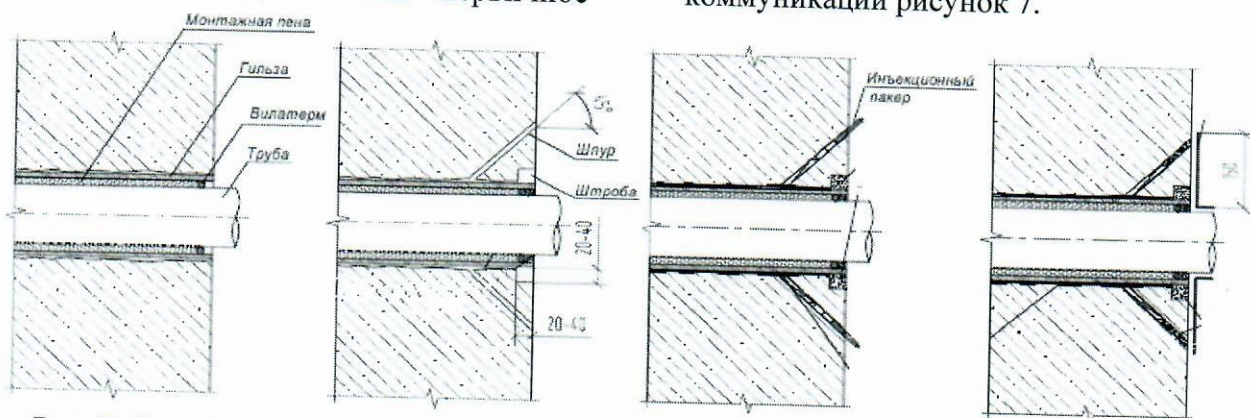


Рис. 7. Герметизация вводов коммуникаций инъецированием полиуретановой смолой

Визуально разрушение гидроизоляции можно определить по наличию: течей, капеза, мокрых пятен; ржавых потеков в случае их отсутствия выполняется расчет гидроизоляционного покрытия с учетом возможного его

деформирования, разрыва и потери изоляционных свойств.

В зонах образования трещин в ограждающих конструкциях определяется ширина их раскрытия которая сравнивается с расчетным

значением деформации a_m при котором материал гидроизоляции деформируется без разрыва [5].

Расчетное значение деформации a_m определяют по формуле:

$$a_m = \frac{2K_m E_m \varepsilon_m^2 t}{(R_G + F_\alpha \mu)},$$

где K_m – коэффициент, зависящий от соотношения модуля деформации гидроизоляционных материалов и мастики, принимаемый по нормативным данным; E_m – модуль деформации гидроизоляционного материала, принимаемый по нормативным данным кН/см²; ε_m – относительное удлинение гидроизоляционного материала; R_G – расчетное сопротивление гидроизоляционного материала сдвигу; t – толщина гидроизоляционного материала, см; F_α – расчетная нагрузка на гидроизоляцию, кН/см²; μ – коэффициент трения песка по гидроизоляционному покрытию.

Количественная оценка состояния гидроизоляции производится путем сравнения расчетного сопротивления материала гидроизоляции R_r со значением напряжения в слое гидроизоляции σ_r , если условие $R_r \geq \sigma_r$ не выполняется то происходит разрыв гидроизоляции и требуется ее восстановление.

Для восстановления гидроизоляционного контура можно рекомендовать применение композитных материалов. Одним из таких апробированных и эффективных материалов является КОНКРИТЕК ГИ-П. Это гидроизоляционный материал глубокого проникания, предназначенный для значительного увеличения

водонепроницаемости и предотвращения капиллярного проникновения влаги через бетон. Применение материала позволяет повысить показатель водонепроницаемости бетона на шесть и более ступеней. Если изначальный показатель водонепроницаемости бетона соответствовал W2, то после использования материала КОНКРИТЕК ГИ-П произойдет постепенное повышение этого показателя не менее, чем до W14.

Выводы.

Учитывая факт повреждений конструкций обделок подземных сооружений после землетрясений, необходимо проводить аварийно-восстановительные работы по восстановлению водозащитного контура, имеющимися способами, а также разрабатывать новые при этом взять за основу технологию, позволяющую проводить данные виды работ без вывода сооружения из эксплуатации, другим словами, чтобы оно выполняло функциональные задачи не прерывно.

Создание надежного гидроизоляционного контура является важным этапом в обеспечении выполнения задач по функционированию подземного сооружения на военный период.

Правильная оценка последствий землетрясения важна также и в экономическом плане. Недооценка последствий землетрясения может привести к значительным капиталовложениям на восстановление поврежденных конструкций подземных сооружений, а переоценка возможных разрушений вызывает затраты при возведении этих конструкций.

Список литературы:

1. СП 14.13330.2018 строительство в сейсмических районах.
2. Дорман И.Я. Сейсмостойкость транспортных тоннелей. – М.: ТИМР, 2000. – 307 с.
3. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. – М.: Стройиздат, 1978. – 311 с.
4. Фролов Ю.С., Гурский В.А., Молчанов В.С. Содержание и реконструкция тоннелей: учебник / Под ред. Ю.С. Фролова. – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 300 с.
5. СП 88.13330.2014 Защитные сооружения гражданской обороны.

Карагодин В.В., Рыбаков Д.В., Смирнов С.В.
Karagodin V.V., Rybakov D.V., Smirnov S.V.

Адаптация категории надежности электроснабжения потребителей специальных объектов к режимам их функционирования

Adaptation of the category of reliability of power supply of consumers of special facilities to the modes of their functioning

Аннотация: В статье рассмотрено влияние загрузки силовых трансформаторов на технологические потери. Определена зависимость коэффициента полезного действия силового трансформатора от коэффициента его загрузки и характера нагрузки потребителей. Приведен один из возможных способов по снижению технологических потерь в системах электроснабжения специальных объектов, а именно адаптация структуры источников питания к режимам функционирования потребителей специальных объектов. Определены условия, при которых целесообразно отключение или подключение одного из силовых трансформаторов на трансформаторной подстанции. Показана актуальность разработки адаптивных систем распределения нагрузки между силовыми трансформаторами с целью уменьшения потерь как в самих силовых трансформаторах, так и в системах электроснабжения специальных объектов в целом.

Abstract: The article considers the influence of loading power transformers on technological losses. The dependence of the efficiency of a power transformer on its load factor and the nature of the load of consumers is determined. One of the possible ways to reduce technological losses in the power supply systems of special objects is given, namely, the adaptation of the structure of power sources to the modes of operation of consumers of special objects. The conditions under which it is advisable to disconnect or connect one of the power transformers at a transformer substation are determined. The relevance of the development of adaptive load distribution systems between power transformers in order to reduce losses both in the power transformers themselves and in the power supply systems of special facilities as a whole is shown.

Ключевые слова: режимы функционирования потребителей, категория надежности электроснабжения, силовой трансформатор, технологические потери, коэффициент загрузки.

Keywords: operating modes of consumers, power supply reliability category, power transformer, technological losses, load factor.

К числу первоочередных задач развития систем вооружения Космических войск относятся повышение их надежности и боевой устойчивости. Это обуславливает необходимость выполнения жестких требований к энерговооруженности, надежности

систем электроснабжения специальных объектов и средств наземного базирования в различных условиях оперативно-стратегической обстановки.

Система электроснабжения специального объекта — это сложная система, состоящая из множества

элементов (линий электропередачи, трансформаторов, распределительных устройств), обладающих совокупностью собственных свойств, состояний, режимов функционирования, оказывающих влияние на надежность электроснабжения. Под надежностью электроснабжения понимается непрерывное обеспечение всех потребителей электрической энергией заданного качества и в необходимом количестве в соответствии с графиком электропотребления по схеме, которая предусмотрена для длительной эксплуатации [1].

Надежность электроснабжения потребителей должна соответствовать «Правилам устройства электроустановок», согласно которым электроприемники делятся на первую, вторую и третью категории по надежности электроснабжения [2]. В зависимости от категории надежности определяется и набор элементов системы электроснабжения, необходимый для ее обеспечения. Потребители специальных объектов Космических войск по важности решаемых задач относятся в основном к потребителям первой и второй категории. Требования к построению систем электроснабжения указанных потребителей определяют наличие в системе двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Специфика функционирования специальных объектов Космических войск такова, что графики электрических нагрузок отдельных потребителей (сооружений) существенно отличаются и зависят от выполняемых ими задач. В процессе повседневной деятельности потребление электрической энергии может не превышать и 10% от расчетного значения, а потребителями являются в основном потребители третьей категории

надежности. При проведении специальных работ нагрузка возрастает до значений, обусловленных технологическим процессом, и определяется потребителями первой и второй категории надежности. Режим повседневной деятельности, как правило, имеет наибольшую продолжительность и приводит к тому, что силовые трансформаторы работают при крайне низком коэффициенте загрузки, а, следовательно, и к увеличению необоснованных технологических потерь в системе электроснабжения.

Физические процессы, проходящие при передаче электрической энергии по элементам системы электроснабжения, в том числе и силовым трансформаторам, приводят к возникновению технологических потерь, обусловленных преобразованием части электрической энергии в тепло. Поэтому важной эксплуатационно-технической характеристикой силовых трансформаторов является коэффициент полезного действия (КПД), который определяется соотношением полезной мощности, потребляемой нагрузкой, к мощности, потребляемой силовым трансформатором из сети. Аналитически данное соотношение можно записать следующим выражением:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}, \quad (1)$$

где P_1 – активная мощность, потребляемая силовым трансформатором из сети, P_2 – активная мощность нагрузки силового трансформатора.

Преобразование электрической энергии в силовом трансформаторе сопровождается возникающими активными потерями ΔP (кВт), которые делятся на потери холостого хода ΔP_{xx} (потери в меди, кВт) и потери короткого замыкания $\Delta P_{кз}$ (потери в стали, кВт) [3].

Данные потери не зависят от загрузки силового трансформатора и являются постоянными для каждого типа силового трансформатора.

При работе силового трансформатора под нагрузкой

$$\Delta P = \Delta P_{xx} + \beta^2 \Delta P_{кз}, \quad (2)$$

где β – коэффициент загрузки силового трансформатора;

$$\beta = \frac{S_2}{S_{ном}}, \quad (3)$$

где S_2 – полная мощность нагрузки силового трансформатора (кВА), $S_{ном}$ – номинальная мощность силового трансформатора (кВА).

Тогда выражение (1) для расчета КПД силового трансформатора можно записать в следующем виде:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{xx} + \beta^2 \Delta P_{кз}} = \frac{S_{ном} \beta \cos \varphi_2}{S_{ном} \beta \cos \varphi_2 + \Delta P_{xx} + \beta^2 \Delta P_{кз}}, \quad (4)$$

где $\cos \varphi_2$ – коэффициент мощности, зависящий от характера нагрузки потребителей.

Анализ данного выражения показывает, что, во-первых, КПД силового трансформатора зависит от коэффициента его загрузки β и характера нагрузки потребителей $\cos \varphi_2$. Во-вторых, максимальным КПД силового трансформатора будет не при номинальной его загрузке, когда $S_2 = S_{ном}$, а в режимах нагрузки $S_2 = \beta \cdot S_{ном}$ при $\beta < 1$. Зависимость $\eta = f(\beta)$ имеет максимум, который можно определить, исследуя данную функцию на экстремум.

Для подтверждения сделанных выводов в табл. 1 приведены результаты расчетов КПД силового трансформатора мощностью 1000 кВА при различных коэффициентах загрузки и коэффициентах мощности

Таблица 1
Анализ зависимостей КПД силового трансформатора от коэффициента загрузки и коэффициента мощности

Коэффициент загрузки, о.е	КПД силового трансформатора, %		
	$\cos \varphi = 0,7$	$\cos \varphi = 0,8$	$\cos \varphi = 0,9$
0,1	97,89	98,15	98,35
0,2	98,71	98,87	98,99
0,3	98,88	99,02	99,13
0,4	98,90	99,03	99,14
0,5	98,84	98,99	99,10
0,6	98,76	98,91	99,03
0,7	98,65	98,82	98,95
0,8	98,54	98,72	98,86
0,9	98,41	98,61	98,76
1	98,29	98,50	98,66

Анализ этих результатов показывает, что при увеличении коэффициента загрузки силового трансформатора от 0,1 до 0,4 его КПД возрастает, дальнейшее увеличение коэффициента загрузки приводит к снижению КПД. Кроме того, чем выше коэффициент мощности, тем выше и КПД

силового трансформатора при одном и том же коэффициенте загрузки. Графически зависимости КПД силового трансформатора от коэффициента загрузки и коэффициента мощности имеют вид, показанный на рис. 1. КПД достигает максимума при величине коэффициента загрузки около 40 %.

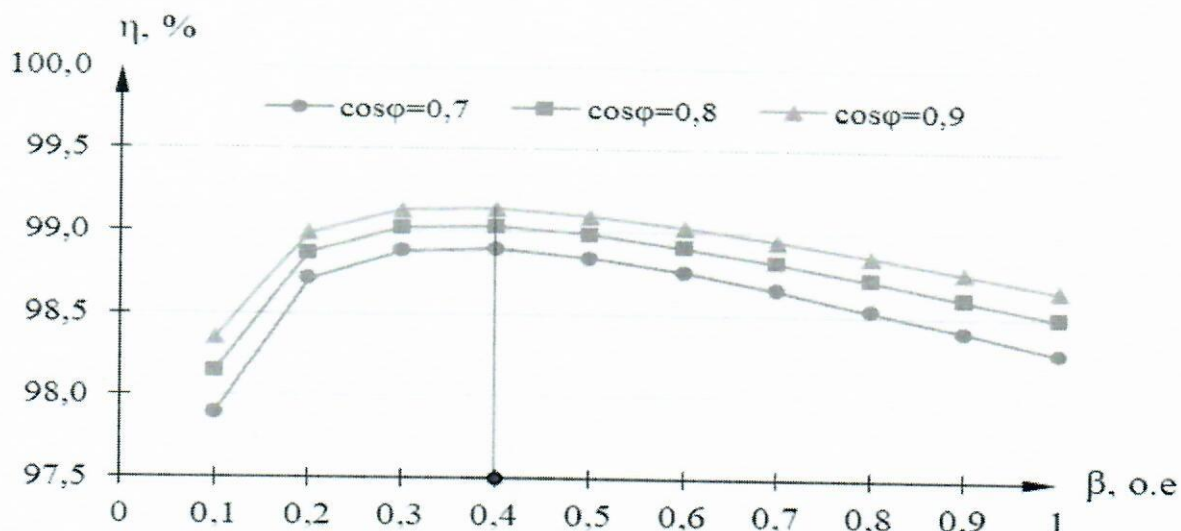


Рис. 1. Зависимости КПД силового трансформатора от коэффициента загрузки и коэффициента мощности

Необходимо отметить, что в общем случае значение оптимального коэффициента загрузки силового трансформатора, при котором его КПД достигает своего максимального значения, определяется по формуле [4]

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{xx}}}{\Delta P_{\text{кз}}}}. \quad (5)$$

Для оценки степени влияния коэффициента загрузки на величину активных потерь в силовом трансформаторе рассмотрим следующий пример:

Расчетная нагрузка специального объекта составляет 100 кВА. Для обеспечения

электропитания потребителей специального объекта необходимо выбрать силовой трансформатор 6/0,4 кВ из ряда номинальных мощностей: 100 кВА, 160 кВА, 250 кВА, 400 кВА, 630 кВА, 1000 кВА. Данному типовому ряду мощностей силовых трансформаторов будут соответствовать различные коэффициенты загрузки от 1 до 0,1.

В табл. 2 приведены значения потерь холостого хода ΔP_{xx} выбранных силовых трансформаторов, а также результаты расчетов нагрузочных потерь $\beta^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}}$ и активных потерь ΔP в силовых трансформаторах в зависимости от их коэффициентов загрузки.

Таблица 2
Потери в силовых трансформаторах при различных коэффициентах загрузки

Номинальная мощность силового трансформатора S_n , кВА	Коэффициент загрузки силового трансформатора β , о.е.	Активные потери в силовом трансформаторе, кВт		
		ΔP_{xx}	$\beta^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}}$	ΔP
100	1	0,27	2,25	2,52
160	0,6	0,41	1,04	1,45
250	0,4	0,47	0,67	1,14
400	0,25	0,72	0,37	1,09
630	0,15	1,00	0,17	1,17
1000	0,1	1,40	0,11	1,51

Анализ полученных данных показывает (рис. 2), что потери холостого хода в силовых трансформаторах увеличиваются с увеличением его

мощности. Нагрузочные потери с увеличением мощности силовых трансформаторов и уменьшением коэффициента загрузки уменьшаются.

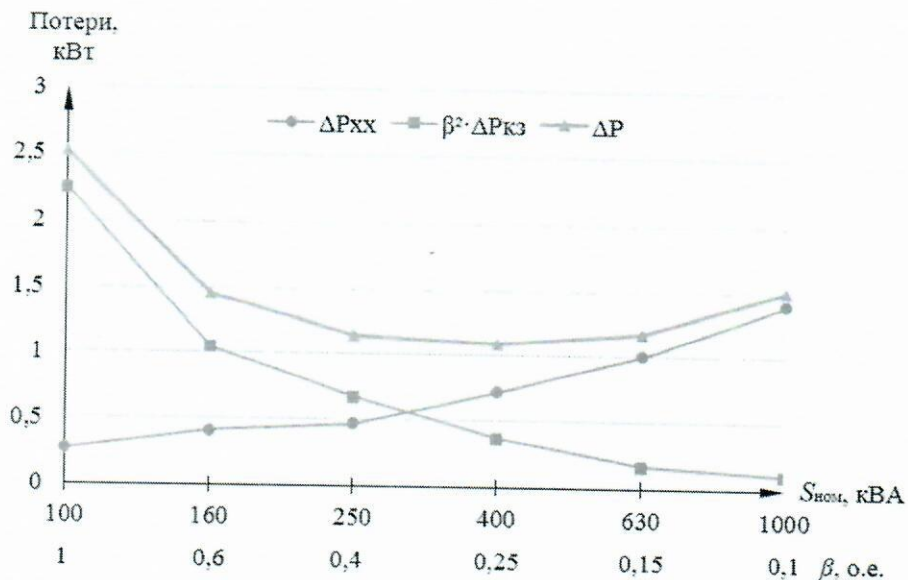


Рис. 2. Потери в силовых трансформаторах при различных коэффициентах загрузки

Таким образом, минимальный уровень суммарных потерь (активных потерь) достигается при коэффициенте загрузки в пределах от 0,25 до 0,4.

Структура типовой трансформаторной подстанции, обеспечивающей электроснабжение

потребителей специального объекта, представлена на рис. 3. Электроснабжение потребителей в нормальном режиме функционирования осуществляется от двух силовых трансформаторов Т-1 и Т-2, как правило, одинаковой мощности (рис. 3а).

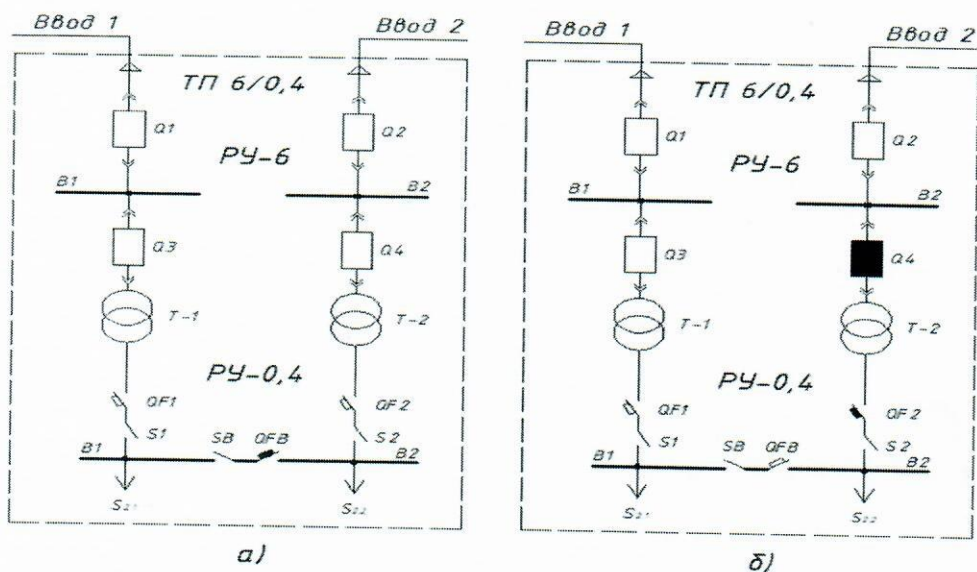


Рис. 3. Однолинейная схема типовой трансформаторной подстанции специального объекта: а) электроснабжение от двух источников питания (по двум вводам); б) электроснабжение от одного источника питания (по одному вводу)

Потери мощности в двух параллельно работающих силовых трансформаторах можно определить по формуле

$$\Delta P_2 = 2\Delta P_{xx} + \frac{\beta^2 \Delta P_{кз}}{2}, \quad (6)$$

а оптимальный коэффициент загрузки силовых трансформаторов

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2\Delta P_{xx}}{\Delta P_{кз}}}. \quad (7)$$

Исследование влияния загрузки силовых трансформаторов на технологические потери показывает, что наиболее экономичным режимом загрузки силовых трансформаторов 6/0,4 кВ является режим, при котором их коэффициент загрузки находится в интервале от 0,3 до 0,5. Работа силового трансформатора в режиме близкому к холостому ходу вызывает неоправданные потери мощности не только в самом трансформаторе, но и в других элементах системы электроснабжения. Необходимо отметить, что такие мероприятия, как целевая замена существующих силовых трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности имеют весьма сомнительную эффективность [5] и в данной статье не рассматриваются.

Одним из возможных путей повышения коэффициента загрузки существующих силовых трансформаторов в процессе эксплуатации является отключение на период повседневной деятельности (когда специальные работы на объекте не проводятся) малозагруженных трансформаторов и переход системы электроснабжения специального объекта на схему, представленную на рис. 3б.

Анализируя выражения (5) и (7), можно определить следующие условия:

1. При снижении нагрузки специального объекта отключение одного

из силовых трансформаторов целесообразно при

$$\beta \leq \sqrt{\frac{(n-1) \Delta P_{xx}}{n \Delta P_{кз}}}, \quad (8)$$

где n — количество силовых трансформаторов, находящихся в работе.

2. При увеличении нагрузки специального объекта подключение еще одного силового трансформатора целесообразно при

$$\beta \geq \sqrt{\frac{(n+1) \Delta P_{xx}}{n \Delta P_{кз}}}. \quad (9)$$

Необходимо заметить, что в выражениях (8) и (9) отношение потерь холостого хода к потерям короткого замыкания $\Delta P_{xx} / \Delta P_{кз}$ не является постоянной величиной, а зависит от типа и мощности силового трансформатора.

Предположив, что в качестве источников питания на трансформаторной подстанции ТП 6/0,4 кВ используются силовые трансформаторы мощностью 1000 кВА, для которых $\Delta P_{xx}=1,4$ кВт, $\Delta P_{кз}=10,8$ кВт, можно сделать следующие выводы: при снижении коэффициентов загрузки силовых трансформаторов до 0,25 и ниже, один из силовых трансформаторов необходимо отключить, а электроснабжение потребителей специального объекта осуществлять по схеме, представленной на рис. 3б; при увеличении коэффициента загрузки силового трансформатора до 0,5 и выше, необходимо ввести в работу еще один силовой трансформатор и электроснабжение потребителей специального объекта обеспечивать по схеме, представленной на рис. 3а.

Важно, чтобы выбор экономически целесообразного режима работы силовых трансформаторов не приводил к снижению надежности электроснабжения потребителей специальных объектов.

Еще одним вариантом поддержания в заданных пределах коэффициента загрузки силовых трансформаторов может быть установка при создании (реконструкции) системы электроснабжения на трансформаторной подстанции в каждой ветви питания вместо одного силового трансформатора два силовых трансформатора меньшей мощности. Данная структура трансформаторной подстанции позволит при изменении нагрузки потребителей изменять количество параллельно работающих силовых трансформаторов без изменения категории надежности электроснабжения потребителей. Для обоснования такого решения требуются дополнительные технико-экономические расчеты.

Вывод:

Адаптация структуры источников питания к режимам функционирования потребителей специальных объектов раскрывает весомый потенциал для снижения потерь электрической энергии в существующих системах электро-

снабжения без изменения состава и типа оборудования. Определяющим фактором в эффективности работы двухтрансформаторной подстанции является симбиоз режимов функционирования потребителей специальных объектов и соответствующего состава включенного оборудования. Значения коэффициентов загрузки силовых трансформаторов позволяют определить нагрузку трансформаторов, при которой с точки зрения потерь мощности эффективно переходить от одной структуры источников питания к другой. Актуальным становится разработка адаптивных систем распределения нагрузки между силовыми трансформаторами с целью уменьшения потерь как в самих силовых трансформаторах, так и в системах электроснабжения специальных объектов в целом. Внедрение данных систем на трансформаторные подстанции потребителей специальных объектов позволит улучшить их эксплуатационно-технические показатели.

Список литературы:

9. Карагодин В.В. Подход к определению надежности систем электроснабжения / В.В. Карагодин, Б.А. Ревяков, Д.В. Рыбаков // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – 2018. – Вып. 663. – С. 121–125.
10. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 704 с.
11. Электропитающие системы и электрические сети специальных объектов: учебное пособие / В.В. Карагодин, Б.А. Ревяков, Н.Е. Пешехонов, Д.В. Рыбаков – СПб.: ВКА имени А.Ф.Можайского, 2018. – 220 с.
12. Копылов И.П. Электрические машины: учебник для ВУЗов. 5-е изд. – М.: Высшая школа, 2006. – 607 с.
13. Якшина Н.В. Целесообразность применения трансформаторов со сниженным энергопотреблением / Информационно-аналитический журнал «Энергоэксперт». – 2015. – № 2. – С. 4–6.

Моделирование трансформатора с переменным сечением магнитопровода**Simulation of a transformer with a variable magnetic circuit cross section**

Аннотация: Силовые трансформаторы широко представлены на объектах Министерства обороны. Магнитопровод трансформатора традиционно выполняется с неизменным сечением по длине магнитопровода. Наложение полей рассеяния приводит к неравномерному насыщению стали магнитопровода и повышенным потерям. Снизить потери можно применив переменное сечение магнитопровода. Разработана математическая модель силового трансформатора с переменным сечением магнитопровода по его длине. Путём подбора сечения отдельных участков магнитопровода получена оригинальная форма магнитопровода для определённого значения нагрузки трансформатора. Определены рекомендации по выполнению магнитопровода силового трансформатора, которые обеспечивают равномерное распределение магнитной индукции по длине магнитопровода, а значит минимальные потери в стали.

Abstract: Abstract: Power transformers are widely represented at the facilities of the Ministry of Defense. The transformer magnetic circuit is traditionally made with a constant cross-section along the length of the magnetic circuit. The superposition of scattering fields leads to uneven saturation of the steel of the magnetic core and increased losses. It is possible to reduce losses by applying a variable cross-section of the magnetic circuit. A mathematical model of a power transformer with a variable cross-section of a magnetic circuit along its length has been developed. By selecting the cross section of individual sections of the magnetic circuit, the original shape of the magnetic circuit for a certain value of the transformer load was obtained. Recommendations for the implementation of the magnetic circuit of a power transformer are defined, which ensure a uniform distribution of magnetic induction along the length of the magnetic circuit, which means minimal losses in steel.

Ключевые слова: силовой трансформатор, магнитопровод, переменное сечение магнитопровода, моделирование.

Keywords: power transformer, magnetic circuit, variable section of magnetic circuit, simulation.

Сечение магнитопровода силового трансформатора выбирается равномерным по длине магнитопровода. В режиме работы под нагрузкой появляются магнитные поля рассеяния, которые насыщают магнитопровод неравномерно по длине. Это вызывает дополнительные потери в магнитопроводе.

Для того, чтобы добиться рационального использования материала магнитопровода необходимо так подобрать сечения отдельных участков магнитопровода, чтобы амплитуды магнитной индукции в каждом из участков были равны. Опытным путем подобрать невозможно, поскольку изменение сечения на одном из участков

вызывает перераспределение потоков на всех участках магнитопровода.

Для расчета разработаем математическую модель. За основу

возьмём запатентованную модель [1] и адаптируем её для поставленной задачи. Разобьем магнитопровод на 11 нелинейных участков (0-10) рис.1.

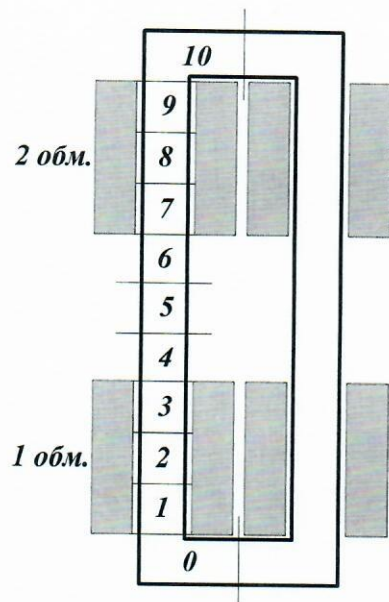


Рис. 1. Разбиение магнитопровода на участки

Составим распределенную схему замещения магнитной цепи (рис.2).

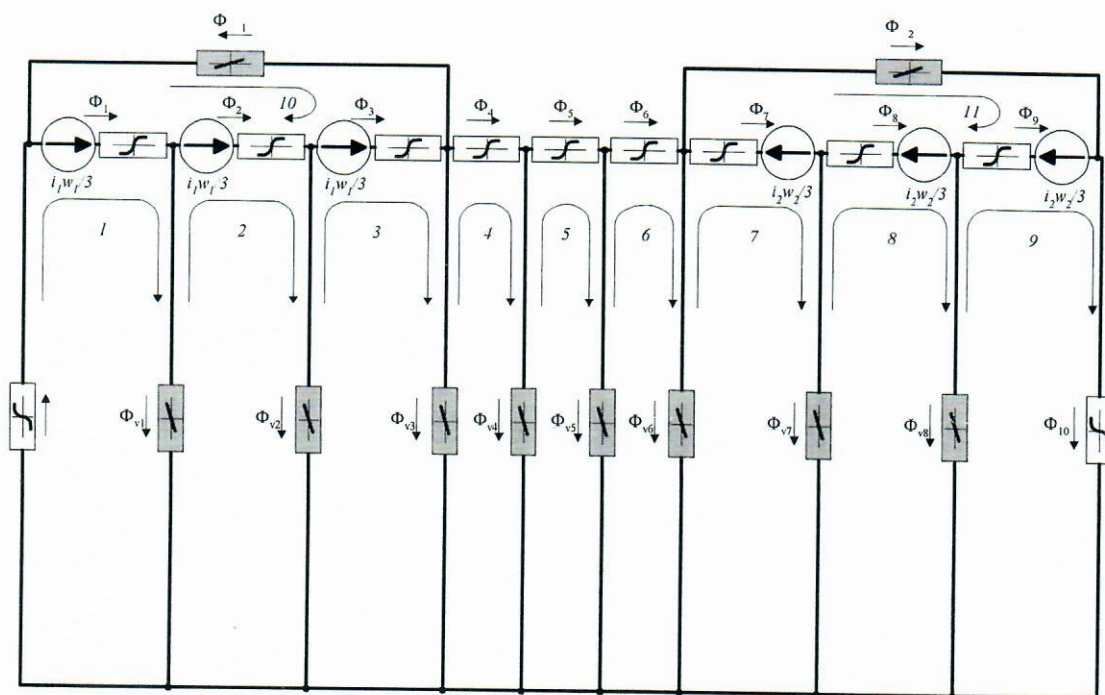


Рис. 2. Схема замещения магнитной цепи, где:

-  – нелинейное магнитное сопротивление (участок магнитопровода);
 – линейное магнитное сопротивление рассеяния (по воздуху);
 – м.д.с. обмоток, распределённых на 3 секции ($i_1 w_1/3$, $i_2 w_2/3$);

$\Phi_0 - \Phi_{10}$ – потоки через соответствующий участок магнитопровода;

$\Phi_{v1} - \Phi_{v8}$, $\Phi_{\delta 1} - \Phi_{\delta 8}$ – потоки рассеяния.

Кривую намагничивания аппроксимируем по основной кривой намагничивания функцией

$$H = H_0 sh \frac{B}{B_0}; \text{ где: } H_0 = 8,19 \cdot 10^{-2} \text{ (А/м);}$$

$B_0 = 5,11 \cdot 10^{-7} \text{ (Тл)}$ – коэффициенты аппроксимации стали 3414.

Схеме замещения магнитной цепи соответствует электрическая схема с вынесенным активным сопротивлением и индуктивностями $L_{\sigma 1}$, $L_{\sigma 2}$ (рис.3).

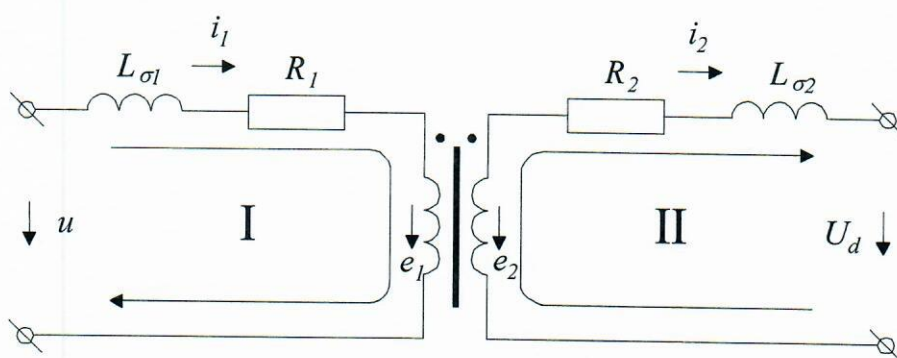


Рис. 3. Схема электрическая с вынесенным активным сопротивлением

Составим по схемам рис. 2, 3 систему 23 алгебраических и дифференциальных уравнений в соответствии с выбранными направлениями обхода по первому и второму закону Кирхгофа для электрической и магнитной цепи. С помощью символьных преобразований оболочки Mathcad 7,0 разделим переменные и решим данную систему методом Рунге-Кутты 4^{ого} порядка, поделив период питающего напряжения

на 1000 шагов. Начальные условия выбирались нулевыми. Расчет переходного процесса продолжался 30 ÷ 40 периодов сетевого напряжения до достижения установившегося режима.

После подбора параметра схем замещения, и сравнения результатов моделирования и физических экспериментов с трансформатором ТДМ-317 была смоделирована работа под нагрузкой (рис. 4).

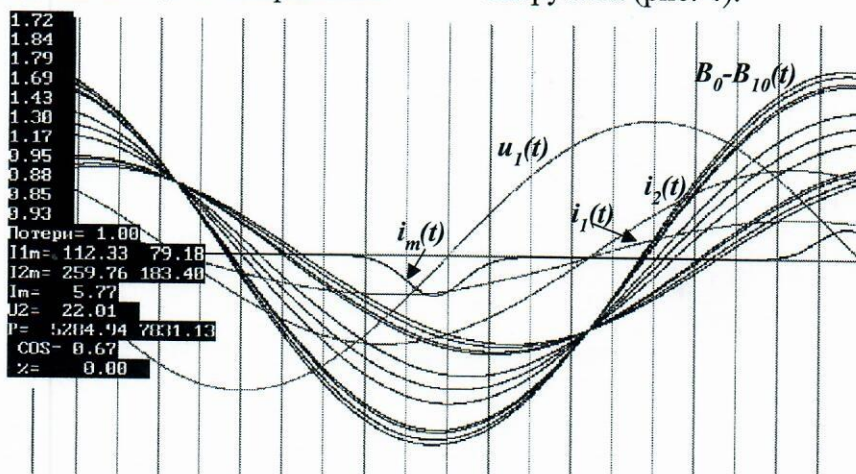


Рис.4. Работа под нагрузкой. Сечение равномерное по длине магнитопровода

Видно, что магнитопровод используется неравномерно. Амплитуды магнитной индукции по отдельным участкам приведены слева в верхнем углу (изменяются по длине магнитопровода от 0,93 до 1,72Тл).

Затем смоделировали снижение сечения магнитопровода на отдельных

участках подбором, таким образом, чтобы добиться рационального использования материала магнитопровода (максимальная магнитная индукция по длине магнитопровода неизменна).

Результаты расчета представлены на рис.5, 6:

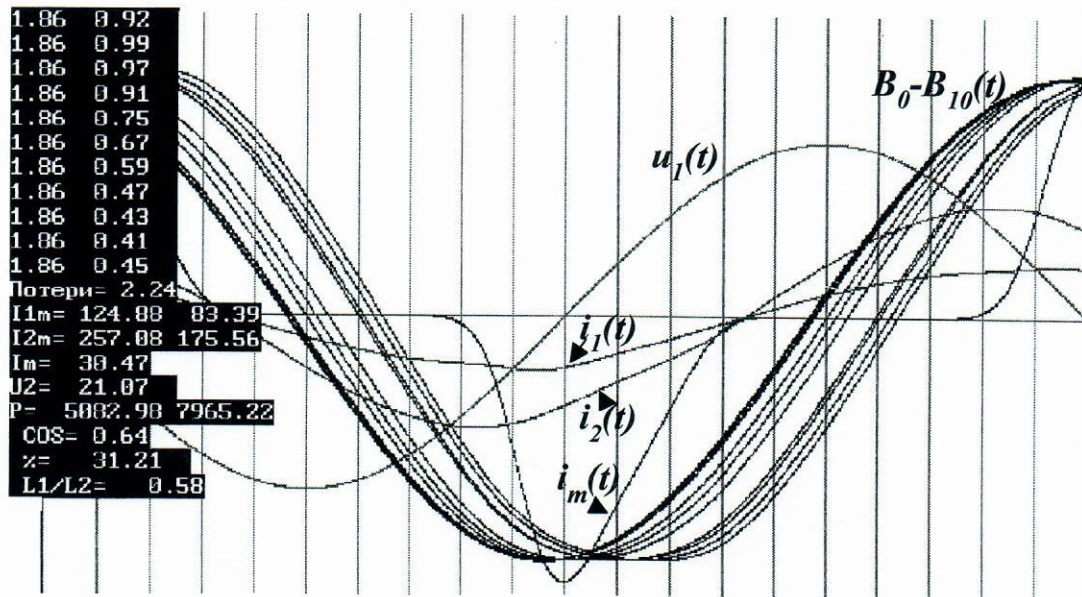


Рис. 5. Работа под нагрузкой. Сечение неравномерное сниженное

Правее амплитуд индукции магнитопровода в долях от полного сечения приведены сечения сечения.

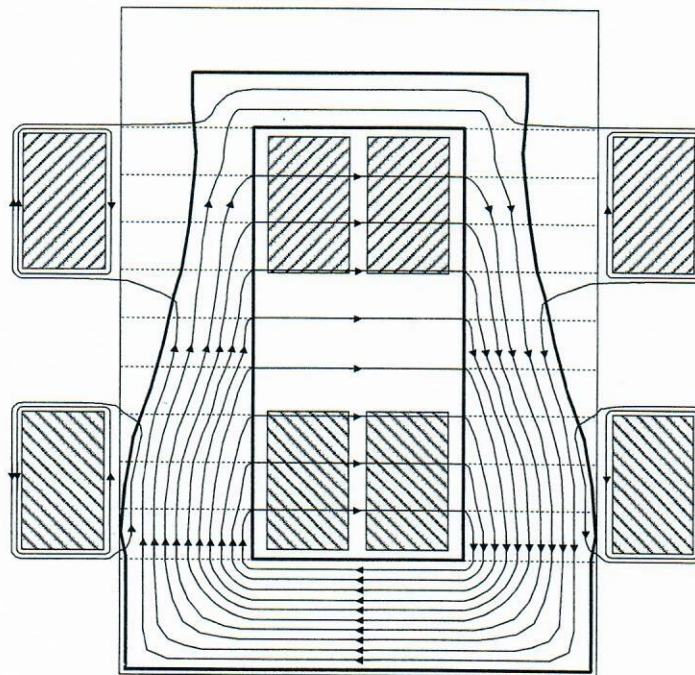


Рис. 6. Магнитное поле трансформатора с переменным сечением магнитопровода.

Выводы:

1. Разработана математическая модель работы силового трансформатора под нагрузкой. Модель позволяет производить расчёт магнитной индукции на отдельных участках по длине магнитопровода.

2. Моделирование работы трансформатора позволило определить оригинальную форму магнитопровода, которая позволит выровнять магнитную индукцию на отдельных участках магнитопровода и тем самым снизить потери в магнитопроводе. При разнесённых обмотках сечение магнитопровода под первичной обмоткой получилось больше, чем под вторичной. Под первичной обмоткой требуется

дополнительное увеличение сечения, а под вторичной наоборот сечение может быть дополнительно снижено относительно сечения у прилегающих к обмотке участков магнитопровода. Моделирование производилось для сварочного трансформатора с переделанными обмотками, поскольку поля рассеяния у него наиболее сильные. Возможен расчёт и для трансформаторов другого типа для различных режимов нагрузки. Трансформатор с переменным сечением магнитопровода по его длине запатентован [2]. Возможность выполнения сечения магнитопровода трансформатора с переменным сечением хорошо согласуется с работами [3, 4].

Список литературы:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020618503 «Программа моделирования работы силового трансформатора под нагрузкой, учитывающая нелинейный характер кривой намагничивания магнитопровода, рассеяние магнитного поля, различную степень насыщения отдельных участков магнитопровода» // зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 30.07.2020.
2. Патент РФ №2121416 МКИ В 23 К 9 /10/ Гуков Д. В., Еруманс А. А. «Устройство для сварки». – М.: Бюллетень изобретений № 31 от 10.11.98.
3. Сиунов Н. С. (Уральский энергетический институт). Трансформаторы для электродуговой сварки // Электричество. – 1935. – № 1. – С. 37-40.
4. Гуков Д.В., Перцев А.В. Сварочный трансформатор с уменьшенным сечением магнитопровода // Электротехника. –1996. – № 6. – С. 22-25.

**Инновационный метод принятия решений, направленных на повышение
рискоустойчивости строительно-монтажных организаций****An innovative method of decision-making aimed at increasing the risk-resistance
of construction enterprises**

Аннотация: Расчет рискоустойчивости и величины риска строительно-монтажных организаций (СМО) как исполнителя при реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) значителен при материализации контроля осуществляемых строительно-монтажных работ (СМР) при строительстве объектов и выборе планируемых подрядчиков. Тем не менее, всегда важна как оценка рискоустойчивости и уровня риска строительно-монтажной организации, так и исполнение ИСП в ситуациях, например, некоторой неопределенности. Приведен метод оценки рискоустойчивости строительно-монтажной организации при осуществлении ИСП, разрешающий возможные утраты, рискоустойчивость и величину риска взаимоувязать с периодами исполнения ИСП, сформированные на применении показателей самой большой стоимости риска, самого большого уровня риска, рискоустойчивости и мерил при определении наиболее оптимального решения с целью минимизации потерь.

Abstract: The calculation of risk tolerance and the risk value of construction and installation organizations (CMO) as a contractor in the implementation of investment and construction projects (ICP) is significant in materializing the control of ongoing construction and installation works (CEW) during the construction of facilities and the choice of planned contractors. However, it is always important both to assess the risk tolerance and the level of risk of the construction and installation organization, and the implementation of the ISP in situations, for example, of some uncertainty. A method for assessing the risk tolerance of a construction and installation organization in the implementation of ISP is given, allowing possible losses, risk tolerance and the magnitude of the risk to be interconnected with the periods of implementation of the ISP, formed on the basis of indicators of the highest cost of risk, the highest level of risk, risk tolerance and measures in determining the most optimal solution in order to minimize losses.

Ключевые слова: ИСП, СМР, неопределенность, риск, рискоустойчивость, категорирование, результат.

Keywords: ISP, SMR, uncertainty, risk, risk tolerance, categorization, result.

Уже не одно десятилетие стало системным проявлением срывы выполнения строительных работ, например, таких как объекты в Арктической зоне Российской Федерации, космодром «Восточный» и ряд других. Например, возведение космодрома «Восточный» было начато в 2012 году, а лишь в 2016 году состоялся первый пуск, процессы возведения следующих очередей космодрома

будут реализовываться по планам ориентировочно до 2030 года.

Министерству Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики до 2024 года надлежит провести конкурсный отбор заказчиков-застройщиков и приступить к выполнению работ по проектированию и строительству жилых домов. Но поставленные сроки не выполняются

в установленные рамки [2]. Поэтому с систематическим затягиванием сроков проведения конкурсного отбора подрядчиков, невыполнением сроков строительных работ на объектах и получаемыми высокими рисками осуществления ИСП предлагается внедрить в практику инновационный метод

оценивания рискоустойчивости СМО при осуществлении ИСП.

Актуальные этапы ИСП, представленные на рисунке 1, заключаются в трех важнейших стадиях: доинвестиционная стадия; стадия реализации инвестиции; эксплуатация введенного в строй объекта.



Рисунок 1 – Жизненный цикл ИСП [1-4]

Оценить рискоустойчивость строительных предприятий при осуществлении ИСП целесообразно на этапе производства возведения объекта. Рискоустойчивость подрядчика как возможность распоряжаться внутренними рисками и адаптироваться к внешним условиям связана со финансами, техническим и технологическим уровнями.

Инновационный алгоритм принятия решений на повышение уровня рискоустойчивости СМО при осуществлении ИСП включает в себя следующие основные этапы, приведенные на рисунке 2:

- формирование исходных данных;
- определение цены и совокупной стоимости вероятных рисков предприятий СП при осуществлении ИСП;

– определение уровней рисков и рискоустойчивости СМО при осуществлении ИСП;

– определение разрыва между прогнозными и фактическими уровнями рискоустойчивости СМО;

– определение категорий по основным серьезным рискам с целью негативных явлений и принятия решений.

Так, в частности создание выводных данных надлежит вводить в себя задания значений вытекающих показателей: нормированные уровни рискоустойчивости СМО (предельные) без учета превентивных затрат и с учетом превентивных затрат для всех стадий жизненного цикла СМР.

Большее количество задач решается на этапе определения цены и индивидуальной стоимости вероятных рисков СМО, что соответственно должно производиться на всех этапах производства СМР в следующей последовательности:

– расчет цены ($ЦР_{тэо}$) и совокупной стоимости рисков ($СР_{тэо}$) на этапе обоснования начальной цены СМР;

– расчет цены ($ЦР_{тенд}$) и совокупной стоимости рисков ($СР_{тенд}$) на этапе предпочтения планируемого подрядчика; расчет цены ($ЦР_{произв}$) и совокупной стоимости рисков ($СР_{произв}$) на этапе производства СМР;

– расчет цены ($ЦР_{взаим}$) и совокупная стоимость рисков ($СР_{взаим}$) при взаимодействии участников СМР;

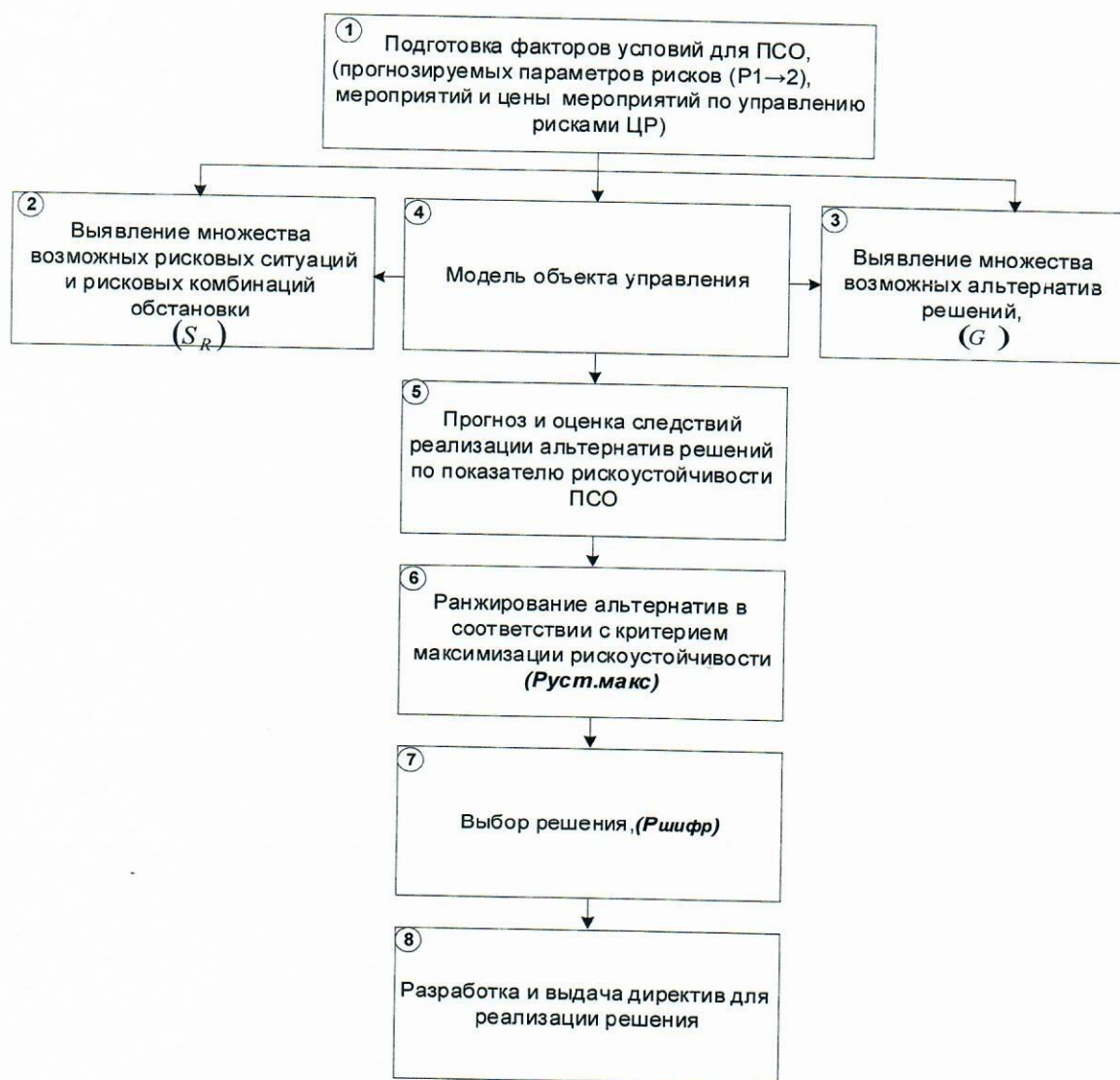


Рисунок 2 – Возможная схема процесса принятия решения на основе управления хозяйственными рисками при повышении рискоустойчивости СМО расчет цены ($ЦР_{проц}$) и совокупной стоимости рисков ($СР_{проц}$) при прочих многообразных процессах.

Основные виды частных рисков (понижение качества СМР, повышение длительности и стоимости СМР и объектов),

фрагмент которых представлен в таблице 1, показывают максимальное воздействие на успешность выполнить СМР и возвести объект.

Таблица 1

Риски невыполнении СМР с заданными уровнем качества и стоимостью

№ пп.	Экспертная оценка видов частных рисков по этапам	Обозначение частного риска	Количественная экспертная оценка риска
1	Риски понижения качества СМР 1→2	R_1	10
2	Риск преходящей задержки СМР 2→3	R_2	15
3	Риск нарушения поставки строительных материалов и изделий 3→4	R_3	20
4	Риск повышения сметной стоимости СМР и объекта 4→5	R_4	35

Управление хозяйственными рисками при реализации ИСП определено нечеткостью соглашений принятия решения, устремленного минимизировать риск или же вовсе его исключить. Это возможно в случае, когда одной альтернативе решения может отвечать масса исходов в силу непредсказуемых решений и действий ЛПР и, следовательно, неотчетливости параметров условий хода выполнения работ, носящей случайный характер. В следствие этого необходимо и целесообразно использовать теорию вероятностей, как базовую теорию для оценки риска [5-11].

Одним из высказанных приемов для воссоздания нечеткости входных параметров может быть применение плотности распределения вероятностей [12-20]. Получается, что оценка риска при ИСП может быть близостью, которое вносит добавочный вклад в неопределенность наряду с применением различных моделей. В последующем формируется матрица оценки рисков недостижения заданных параметров качества СМР в определенный срок и с определенной стоимостью (таблица 2).

Риски производства СМР, определяемые экспертным путем, можно будет установить из перечня всех планируемых и производимых видов СМР при реализации ИСП. В результате получится поэтапное и суммарное оценивание рисков. Далее после определения цены риска необходимо определить совокупную стоимость риска путем определения совокупности затрат в виде: ценового риска ($ЦР$), затратного риска ($И_p$) и затрат от других рисков ($P_{пр}$) (таблица 3) [18-20].

Как правило, всегда появляется нужда во влиянии в первую очередь на затраты, которые можно причислить к высокорисковым. Поэтому нужно данные риски разложить по определённым категориям. Разработанные прогнозные и получаемые объективные уровни рискоустойчивости СМО при осуществлении ИСП представлены на рисунке 3.

При первой, второй и третьей рискованных ситуациях фактическая рискоустойчивость СМО СО оказалась значительно ниже, чем прогнозная в отличии от четвертой и пятой рискованных ситуаций. Соответственно, в управлении процессами производства СМР «нуждаются» три первых рискованных ситуаций.

Таблица 2

Сфера применения, взаимодействия (матрица) качественной и количественной оценок рисков выполнения СМР, тыс. руб.

№ пп.	Код риска	Риски этапа	Фактор оценки / (и вероятное основание получения риска)	Значительный риск (*3)	Посредственный риск (*2)	Небольшой риск (*1)
1	$R_{I, \text{разр. СМР1} \rightarrow 2}$	Риски на этапе изготовления опытных материалов	I. Риски понижения качества материалов	Более 20% от заданного уровня ТТТ	10% – 20 % от заданного уровня ТТТ	Менее 10% незначительных критериев качества ГОСТ 203, п.5.4 от заданного уровня ТТТ
	Цена риска $R_{I, \text{разр. СМР2} \rightarrow 3}$			-	-	10200
2	$R_{II, \text{разр. СМР3} \rightarrow 4}$		II. Риски понижения надобного объёма СМР	Более 20%	10% -20%	Менее 10% от общего объёма
	Цена риска $R_{II, \text{разр. СМР4} \rightarrow 5}$			-	4600000	-
3	$R_{III, \text{разр. СМР5} \rightarrow 6}$		III. Риски повышения сроков выполнения СМР	Более 2 месяцев	1-2 месяца	Менее 1 месяца
	Цена риска $R_{III, \text{разр. СМР5} \rightarrow 6}$			-	-	72000
4	$R_{IV, \text{разр. СМР6} \rightarrow 7}$		IV. Риски повышения стоимости выполнения СМР	Более 20% от общей стоимости	10% -20% от общей стоимости	Менее 10% от общей стоимости
5	Цена риска $R_{IV, \text{разр. СМР7} \rightarrow 8}$			3600		
	$R_{V, \text{разр. изд7} \rightarrow 8}$		V. Риски повышения стоимости выполнения СМР	Более 20% от общей стоимости материалов	10% -20% от стоимости материалов	Менее 10% от стоимости материалов

Таблица 3

Расчет цены и общей стоимости риска (СР) СМР, тыс. руб.

№ мер. п/п	Код риска	Расчет общей стоимости риска $CP = ЦР + ИР + Рпр$			
		$ЦР$	$ИР$	$Рпр$	CP
1	2	3	4	5	6
1	$R_{I, \text{разр. СМР1} \rightarrow 2}$	10200	5700	3250	19050
2	$R_{II, \text{разр. СМР3} \rightarrow 4}$	3900	2550	330	7715
3	$R_{III, \text{разр. СМР5} \rightarrow 6}$	6900	2600	340	9840
6	$R_{IV, \text{разр. СМР6} \rightarrow 7}$	4000	3400	315	7715
7	$R_{V, \text{разр. СМР7} \rightarrow 8}$	12	14	162	188

Таблица 4

Растёт прогнозных и фактических уровней риска и рискоустойчивости СМО при реализации ИСП,

тыс. руб.

Шиф- ры рисков	Стоимость прогнозной совокупной стоимости риска				Стоимость фактической совокупной стоимости риска				СК _{прогн}	СК _{факт}	Уровни прогнозиру- емых и фактичес- ких рисков		Уровни прогнозируемой и фактической рискостойчи- вости (Р _{уст})	
	ЦР _{прог}	И _{р. прог}	Р _{пр. прог}	СР _{прог}	ЦР _{факт}	И _{р. факт}	Р _{пр. факт}	СР _{факт}			(У _{р.прогн})	(У _{р.факт})	(Р _{уст.прогн})	(Р _{уст.факт})
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P _{I.разр.СМ} P1→2	50500	5600	3250	59350	12400	5500	3250	21150	120000	5000	0,49	2,48	2,02	0,40
P _{II.разр.С} MP3→4	65800	2400	320	68520	5200	2200	320	7720	150000	5000	0,46	1,04	2,19	0,96
P _{III.разр.С} MP5→6	158880	2500	320	161700	8500	1520	320	10340	654700	5000	0,25	1,70	4,05	0,59
P _{IV.разр.С} MP6→7	985000	3560	320	988880	4200	4250	410	8860	879990	5000	1,12	0,84	0,89	1,19
P _{V.разр.С} MP7→8	785000	250	4520	789770	2300	470	5874	8644	78941	5000	10,00	0,46	0,10	2,17

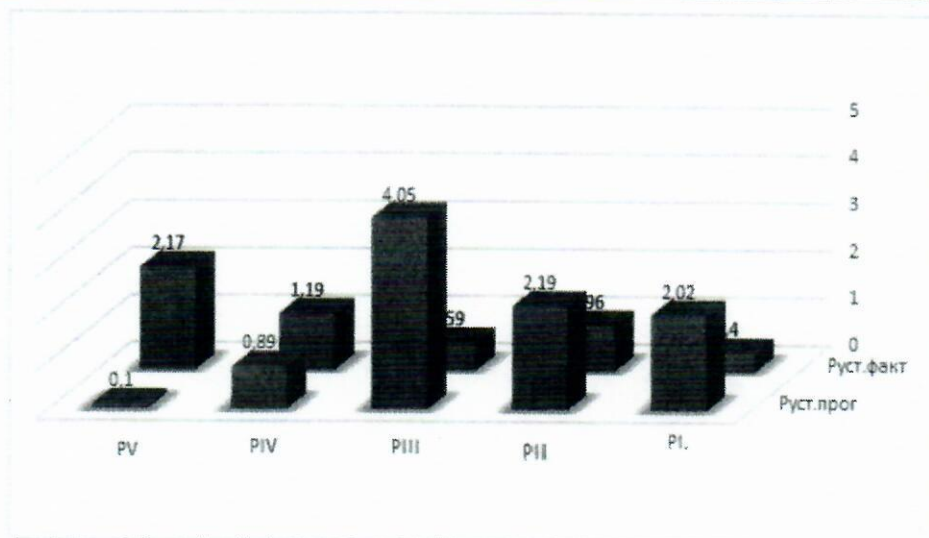


Рисунок 3 – Прогнозные и реальные уровни рискоустойчивости СМО при осуществлении ИСП

Для выбора приоритетности, с точки зрения временных категорий, необходимо рассчитать соотношения между прогнозными и реальными уровнями рискоустойчивости СМО. Большой акцент делается на этап выверки

категорий потенциально-опасных рисков с целью принятия правильных решений.

Уровни категорирования рискоустойчивости СМО при осуществлении ИСП показаны в таблице 6.

Таблица 6

Карта категорирования потенциально опасных уровней рискоустойчивости СМО СО

Уровни рискоустойчивости									
Степень опасности	Минимальная	Очень низкая	Низкая	Средняя		Умеренная	Ближе к высокой		Высокая
0,11	0,21	0,31	0,41	0,51	0,61	0,71	0,81	0,91	1,00
0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,01
0,13	0,23	0,33	0,43	0,53	0,63	0,73	0,83	0,93	1,02
0,14	0,24	0,34	0,44	0,54	0,64	0,74	0,84	0,94	1,03
0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,04
0,16	0,26	0,36	0,46	0,56	0,66	0,76	0,86	0,96	1,05
0,17	0,27	0,37	0,47	0,57	0,67	0,77	0,87	0,97	1,06
0,18	0,28	0,38	0,48	0,58	0,68	0,78	0,88	0,98	1,07
0,19	0,29	0,39	0,49	0,59	0,69	0,79	0,89	0,985	1,08
0,2	0,3	0,40	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,99	-∞
Требуемое значение вероятности пресечения									
0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	Инертность

Далее производится расчет категорий потенциально-опасных рисков с целью определения экономически правильных и приемлемых решений, направленных на повышения рискоустойчивости СМО и успешное завершение производства СМР. В последующем, как правило, появляется нужда в необходимости воздействия в первую очередь на возможные рисковые ситуации.

Выводы.

Вывод 1. Основой вопрос при принятии управленческих решений может усиливаться значительной численностью как осуществляемых видов работ, так и объектов на различных циклах ИСП.

Вывод 2. Необходимо подобным образом рассчитывать уровень риска и уровень рискоустойчивости в рисковых условиях и в условиях отказа от риска (при возможности), а также с учетом превентивных мероприятий, выбирая наиболее экономически (стратегически) целесообразное решение.

Вывод 3. Практическая значимость разработанного инновационного метода заключается в возможности оценивания рисков и принятии во внимание, прежде всего, потенциально опасных рисков, где требуется оперативное участие в управлении ходом работ.

Список литературы:

1. Архипов В. Л. Классификация цен и их виды, система цен в экономике Российской Федерации / В. Л. Архипов, А. Н. Бирюков // Военный инженер. – 2016. – № 1. – С. 49-53.
2. Бирюков, А. Н. Экономико-математическая модель обеспечения энергетической безопасности зданий и сооружений на основе прогноза годовых затрат и расхода топливно-энергетических ресурсов / А. Н. Бирюков, И. С. Иванова // Нормирование и оплата труда в строительстве. – 2019. – № 2. – С. 21-29.
3. Бирюков А.Н. Концепция восстановления и строительства объектов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в системе обеспечения экономической безопасности страны / А. Н. Бирюков // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 4(33). – С. 123-129.
4. Бирюков А. Н. Основные организационно-технологические решения и экономическая целесообразность сноса зданий / А. Н. Бирюков, Ю. А. Бирюков // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 5(34). – С. 103-109.
5. Применение цифровых технологий проектирования для выбора рациональных технических решений мобильных строительно-дорожных комплексов / И. Н. Кравченко, А. О. Федоров, Ю. А. Бирюков [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 1. – С. 35-44.
6. Бирюков, А. Н. Механизм предпочтения концепции восстановления и строительства объектов / А. Н. Бирюков // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2012. – № 2(2). – С. 26-32.
7. Бирюков, А. Н. Математическая модель формирования титульного списка зданий для проведения капитального ремонта в условиях ограниченности капиталовложений / А. Н. Бирюков, Е. О. Добрышкин // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 1(72). – С. 76-82. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-76-82.
8. Бирюков Ю.А. Совершенствование экономических методов организации и планирования демонтажных работ при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1. (Электронный журнал) URL: www.science-education.ru/101-5575.
9. Бирюков Ю.А. Управление обеспечением материально-техническими и трудовыми ресурсами объектов военной инфраструктуры для их восстановления при ликвидации последствий вооруженных конфликтов: монография / – СПб., ВИ(ИТ) ВА МТО. 2020. – 214с.
10. Макаров А.Д., Бирюков А.Н. Математические методы и модели в экономике // Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-западного федерального округа России. – 2022. – № 1 (55). С. 39-45.
11. Зубова Л.В., Коровин Э.В., Яхваров Е.К. Разработка классификации системы показателей оценивания рискоустойчивости предприятий в ходе выполнения Гособоронзаказа. / Научный журнал ВАК //« Проблемы экономики и юридической практики, № 5: 48-53 <http://urvak.ru/articles/probl-5380-vypusk-5-razrabotka-klassifikatsii-i-si/>.
12. Михайлова. Э.А., Сбитнев С.Н. Разработка механизма управления закупками на предприятии авиадвигателестроения»: научная статья, Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева, Рыбинск: РГАТУ, 2011. – С. 187-195.
13. Патент № 2716351 С1 Российская Федерация, МПК G06F 17/40, G06F 3/00, G05B 13/00. Система поддержки принятия решений по восстановлению зданий: № 2019120710: заявл. 01.07.2019; опубл. 11.03.2020 / А. Н. Бирюков, Е. О. Добрышкин, Ю. А. Бирюков [и др.];

заявитель Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации.

14. Plotnikov V., Nikitin Y., Maramygin M., Ilyasov R. National food security under institutional challenges (Russian experience) *International Journal of Sociology and Social Policy*. – 2021. – Т. 41. № 1-2. – С. 139-153.

15. Шерстюк А.В., Кузьмин В.Н., Зубова Л.В. Методический подход к обоснованию предпринимательских решений при разработке ИСП в условиях хозяйственных рисков. // *Technical sciences. Science and Society*. – 2018. – № 3. <http://scieuro.com/articles-2/>

16. Зубова Л.В., Кузьмин В.Н., Шерстюк А.В. Комплексная оценка предприятий-участников кооперации при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе риск-ориентированного подхода // *Вооружение и экономика* – 2020. – № 2 (52) – С.94-100.

17. <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskaya-sistema-tsenoobrazovaniya-v-stroitelstve-tekuschie-problemy-obosnovaniya-tseny-stroitelstva/viewer>

18. Development of problem-oriented management and decision-making system and optimization of economic and social systems. Zubova L.V., Korovin E.V., Smirnov A.S., Kuzmin V.N., Kurakov A.V. *Webology*. – 2021. – Т. 18. № – Special Issue. – С. 436-451.

19. Development of a risk assessment system for the creation of space rocket technology. Zubova L., Yakovleva A., Tregulova N., Vasenev S., Zibrova N. // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. – 2019. – Т. 9. № 1. – С. 2745-2750.

20. Comprehensive value of enterprise solutions and algorithm of risk level assessment. technical sciences Zubova L.V., Gotskaya N.R., Davydyants D.E., Karlik A.E., Petrov D.M. // *Science and Society*. – 2018. – Т. 82. № 3. – С. 111-121.

**Особенности развития системного мышления курсанта
инженерно-технического военного вуза**

The development of systemic thinking of technical university cadet

Аннотация: В статье рассматривается специфика организации образовательного процесса инженерно-технического вуза. Авторы обосновывают актуальность развития системного мышления на основе сочетания целостности и иерархичности. Приводятся данные исследования специфики развития системного мышления обучающихся. Предложены формы работы, направленные на развитие системного мышления обучающихся.

Ключевые слова: мышление, практическая направленность образования, подготовка инженерно-технических кадров, система, системное мышление, технология развития системного мышления.

Abstract: The article discusses the specifics of the organization of the educational process of an engineering and technical university. The authors reveal the relevance of systems thinking development based on the combination of integrity and hierarchy. The analysis of the development of systems thinking of cadets of engineering specialties of the Military Institute (engineering and technical) is carried out. The educational ways related to systems thinking development are given.

Key words: thinking, practical orientation of education, of engineering personnel training, system, systems thinking, technology of the systems thinking development.

В настоящее время процессы реализации долгосрочной стратегической программы развития России становятся важным звеном инновационной экономики. Указ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» говорит о необходимости обеспечения темпа экономического роста страны при сохранении макроэкономической стабильности, что напрямую связано с необходимостью модернизации программы подготовки кадров, способных обеспечить деятельность перспективных технологических платформ, предусматривающих кооперацию между государством, бизнесом и наукой. [1]

Данные требования усиления практической направленности образования, построения образовательных программ с учетом требования современных работодателей, повышение удельного веса практических дисциплин находят свое отражение в Проекте, реализуемом Российской Федерацией при участии международных финансовых организаций «Содействие развитию системы подготовки высококвалифицированных кадров для базовых отраслей экономики». [6]

Большинство технических вузов задумываются о необходимости сочетания традиций фундаментального образования и требований современного производства.

Однако данный процесс все еще не приобрел массовый характер, и получение современного высшего образования не позволяет молодому инженеру чувствовать себя успешным на рынке труда.

Возникает проблема пересмотра подходов к инженерному образованию в целом, привнесения новых методов в образовательный процесс, внедрения спектра инновационных образовательных технологий, направленных на развитие системного инженерного мышления в целом.

Системное инженерное мышление является особым видом мышления, основной функцией которого является выдвижение и введение технических инноваций для достижения экономически эффективных и качественных результатов, а также решение технологических и производственных проблем. Стадия выявления технического противоречия переходит в стадию целенаправленной генерации идеи, которая, в свою очередь ведет к конструкторской проработке, т.е. воплощении идеи в реальный проект новой техники, технологии и т.д.

М.Н. Очиров, О.А. Гармаева отмечают детерминированность профессионального мышления инженера совокупностью экономических, экологических, эстетических, эргономических, коммуникативных, управленческих требований к профессиональной деятельности. [4]

Исследования психологов и ученых-педагогов (А.А. Алексеев, В.Ф. Асмус, Э. де Боно, Д.И. Ландо, И.Я. Лернер, Я.А. Пономарев, В.Г. Разумовский, Т. Рибо, А.Ф. Эсаулов, П.М. Якобсон) представляют системность в качестве основополагающей характеристики инженерного мышления.

Инженерное мышление основывается на методологии синергии и является нелинейным, открытым и холистическим

(целостным). Синергетическая парадигма, по мнению В.Е. Пенькова, может использоваться для создания «новых теорий на принципиально новых подходах к изучению окружающей реальности» и, следовательно, позволяет формировать стиль мышления, пригодный для решения проблем различных сфер деятельности. [5]

Владение системным мышлением позволяет человеку воспринимать материальные предметы, процессы и явления целостно, увидеть принципы их упорядоченности, взаимосвязи, закономерности, объединяющие элементы в систему. Система не является простым объединением компонентов, она состоит из множества подсистем, которые в свою очередь включают в себя системные элементы. Системные элементы имеют все характеристики той или иной системы, вступают друг с другом во множество отношений, не всегда явных. Данные взаимосвязи определяют целостное функционирование системы. Согласно идеям Д. О'Коннора и И. Макдермотта, чем больше в системе присутствует связей, тем больше существует способов повлиять на систему. [3]

Безусловно, логика помогает выделить составные элементы системы, представить их характеристики. Логическое мышление подразумевает владение анализом и синтезом умственных операций. Однако оно не позволяет учитывать внутренние и внешние системные взаимосвязи, в отличие от системного мышления. Предметное мышление, противоположное системному, не предполагает рассмотрение связей между элементами.

Системное мышление основано на сочетании целостности и иерархичности. Целостность заключается в обладании каждым элементом свойств всей системы. С точки зрения иерархичности каждая

система является подсистемой системы более высокого порядка. Поэтому необходимо одновременно рассматривать все взаимозависимые переменные: структуру, функцию и процесс системы. Их изучение позволяет познать свойства каждого элемента как отдельно, так и в системе. [7]

Помимо этого, существуют проблемные точки, требующие соблюдения баланса. Они касаются, например, точного соответствия разработки спецификациям (то есть оптимизация), с одной стороны,

и желанием обеспечения запаса прочности и производительности, с другой, что может и не быть оптимальным. Или же это дисбаланс между желанием краткосрочного эффекта и потенциальными проблемами, возникающими в долгосрочной перспективе.

Проведенный анализ уровня развития системного инженерного мышления курсантов инженерных специальностей Военного института (инженерно-технического) представляет следующие его характеристики.

Таблица 1

Оценка уровня развития системного инженерного мышления курсантов

Характеристики инженерного мышления	% курсантов, обладающих данным качеством
умение сравнивать, делать выводы, строить причинно-следственные связи	54
навыки структурно-функционального анализа	56
умение видеть проблему как систему с ее внутренними и внешними связями	34
умение переносить опыт деятельности с одной системы на другие	26
умение мыслить абстрактными категориями	32
умение генерировать идеи	46
умение учитывать ограничения	22
навыки работы с большими информационными массивами	68
умений осуществлять самообразовательную деятельность	48
умение переводить теоретические идеи в практику	46
умение делать прогноз на основе неполной /противоречивой картины	24
навыки рефлексии (осмысления, самоанализа, оценки своей деятельности в процессе системного анализа процессов или явлений	52
навыки маркетинговой презентации продукта	46
навыки расчета экономической эффективности продукта	12

Результаты анкетирования, представленные в таблице 1, показывают, что особые проблемы у курсантов 3 курса инженерных специальностей вызывает системное видение проблемы (34%), учет возможных ограничений при нахождении путей решения (22%), умение

прогнозировать дальнейшее развитие идеи (24%), умение рассчитать экономический эффект идеи (12%).

Несколько лучше развиты навыки структурно-функционального анализа (56%), маркетинговой презентации продукта (46%), умение на основе

системного мышления генерировать новые идеи (46%), умения осуществлять самообразовательную деятельность (48%), находить практическое применение теоретическим выкладкам (46%). Однако и эти качества требуют дальнейшего совершенствования.

Эти данные обуславливают необходимость изменения контекстов профессиональной подготовки курсантов и студентов инженерных специальностей. Нужны новые подходы, иная система заданий, изменения спектра используемых образовательных технологий.

Высоким потенциалом в области развития инженерного мышления

обладают метакогнитивные образовательные технологии, в число которых входят технология ТРИЗ, технология развития критического мышления, технология системного анализа, рефлексивные технологии и другие. Они способствуют развитию рефлексивных механизмов, умения обобщать, систематизировать, переносить, работать с системами.

Технология развития системного мышления, созданная на основе идей Г.П. Щедровицкого его последователями, предполагает четко выраженную цепочку действий (технологические операции) (Рис 1). [8]

1. Постановка перспективной цели

2. Выделение задач

3. Определение процесса

- какие процессы происходят;
- какие процессы управления будут задействованы;
- какие процессы нужно изменить.

4. Анализ ситуации, определение ограничений

5. Создание структурных схем

- определение важных моментов для работы системы;
- определение взаимозависимости этих моментов;
- распределение функций согласно поставленным задачам

6. Определение рисков

- оценка степени выполнимости задач;
- оценка проблем;
- оценка проблемных взаимосвязей

7. Составление обновленного проекта

- определение обновленной структуры;
- определение обновленных функций;
- определение специфики технологий, оснащения, программного обеспечения, кадровых ресурсов.

Рис. 1 Технология развития системного мышления (по Г.П. Щедровицкому)

Обучающимся могут быть предложены следующие формы работы, направленные на развитие системного мышления:

– Задания, предполагающие различные способы научного познания: анализ и синтез (выделение составляющих из целого и объединение частей в единое целое), дедукция и индукция (вывод доказательства от общего к частному и от частного к общему), аналогия, абстрагирование (отвлечение от некоторых свойств) и идеализация (работа с абстрактными понятиями). Сюда относятся задания, связанные с анализом и описанием графиков, диаграмм, циклических схем (процессов), с созданием или расшифровкой схем, с выделением логической закономерности на основании анализа серии диаграмм.

– Задания на сравнения, поиск закономерностей в логических последовательностях и в структурных схемах, поиск взаимосвязей между элементами, составление нового объекта на основе одного или нескольких заданных, преобразование объекта в изменившихся условиях. Сложность таких заданий в том, что причина и следствие могут быть рассредоточены во времени. Побочный результат действия может произойти в другое время и совершенно ином месте. Более того, причина и следствие могут чередоваться и образовывать круговую взаимосвязь.

– Задания на моделирование (создание и изучение модели). Модель является обобщенной, несколько упрощенной копией, на практике показывающая анализируемый процесс. Она отвлечена от частных и содержит самые важные функции и взаимосвязи системы.

– Анализ функционирования эффективных систем. Исследование

взаимосвязи составляющих эффективных систем, качества и условия протекающих внутрисистемных процессов дает возможность переноса специфики данной системы на подобные системы.

– Предъявление заданий для решения типичных и нетипичных проблем. Если в начале обучения необходимо предлагать обучающимся ряд типичных заданий, с тем, чтобы научить справляться с ними по алгоритму, то в последующем необходимо включение нестандартных проблем, либо неопределенных условий функционирования. Данные действия подготовят обучающихся к реальным условиям практики, характеризующейся неопределенностью, избавит мышление от стереотипизации.

– Задания, касающиеся работы с информационными массивами. В их число входит систематизация информационных фрагментов, поиск взаимосвязи между ними, определение ложности, истинности или невозможности оценки утверждений, касающихся текста.

– Задание на составление вопросов к понятиям, обозначающим явление или объект (методика Шарагиной Л. И.). [7] Составленные обучающимися вопросы делят на общие (не содержащие информации об объекте) и системные (касающиеся функций и свойств объекта, его внутренних взаимосвязей). Общее количество системных вопросов говорит о широте мышления; глубина – количество вопросов, заданных по всем категориям; системность – результат произведения показателя широты на показатель глубины.

– Развитие способности видеть обратную связь. Подобные задания направлены на оценку как краткосрочного эффекта решения, так и долгосрочных перспектив.

Данный ряд заданий направлен на выработку значимых в системной инженерии умений одновременно удерживать в поле внимания целое и составляющее, видеть, какую роль каждое конкретное действие играет в достижении общей цели. Необходимо прийти к выводу, что оптимизация любой из составляющих системы не может дать положительный результат без учета взаимосвязи всех компонентов системы. То есть точечные изменения системы не возможны.

Развитие системного мышления способствуют целостному восприятию объектов с учетом множественных связей между его составляющими; помогает моделированию участка объективной реальности с использованием механизмов абстрагирования, идеализации и упрощения; развивает вариативность восприятия от восприятия целого с различных точек зрения до восприятия отдельных элементов; уводит от

стереотипизации в мышлении. Будущему инженеру необходимы данные качества, так как они являются основой современного инженерного мышления, подразумевающего гибкость и глобальность мышления, активную генерацию идей и прогнозирование результатов их внедрения.

Исходя из этого, глобальной задачей технического вуза является построение образовательного процесса на обновленной основе, направленной на развитие у обучающихся системного творческого инженерного мышления для оптимальной реализации общенаучных и специально профессиональных знаний в сфере профессиональной деятельности. Данная система действий, принятая к руководству в образовательных организациях Министерства обороны, будет способствовать выходу на качество военного образования, адекватного требованиям XXI века.

Список литературы:

1. Указ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». <http://www.kremlin.ru/events/president/news/63728>
2. О'Коннор Дж., Макдермотт И. Искусство системного мышления. // Альпина Паблишер, 2018. – 440 с.
3. Очиров М.Н., Гармаева О.А. Развитие профессионального мышления будущих инженеров // Вестник Бурятского государственного университета. – 2013. – № 15. С. – 57-60.
4. Пеньков В.Е. Методологические проблемы изучения эволюционных процессов // Общественные науки. – 2011. – № 7. – С. – 315-318.
5. Проект «Содействие развитию системы подготовки высококвалифицированных кадров для базовых отраслей экономики» <https://base.garant.ru/73098374/5bceefcac61ded10d9b9104446672dc7/>
6. Системное мышление – это что такое? Характеристики и основные признаки. <https://fb.ru/article/250426/sistemnoe-myishlenie---eto-chto-takoe-harakteristiki-i-osnovnyie-priznaki#comments>
7. Щедровицкий Г. П. Мышление. Понимание. Рефлексия. – М., 2005. – 800 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Белов Олег Евстафьевич , кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, доцент кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: belov19681@yandex.ru	Belov Oleg E. , candidate of technical Sciences, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, associate professor, Department of power supply, electrical equipment and automation, e-mail: belov19681@yandex.ru
Бирюков Юрий Александрович , кандидат технических наук, ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, докторант, e-mail: uabiryukov@mail.ru	Biryukov Yury A. , candidate of technical Sciences, VAMTO named after army General A.V. Khrulev, doctoral, e-mail: uabiryukov@mail.ru
Бирюков Александр Николаевич , доктор технических наук заведующий кафедрой № 1 (Технология, организация и экономика строительства) Военный институт (инженерно-технический) Военной Академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева	Biryukov Alexander Nikolaevich , Doctor of Technical Sciences Head of Department No. 1 (Technology, Organization and Economics of Construction) Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev
Белоновская Изабелла Давидовна , доктор педагогических наук, Профессор кафедры общей и профессиональной педагогики ФБГОУ ВО «Оренбургский государственный университет», e-mail: t251589@mail.ru	Belonovskaya Isabella Davidovna , Dr. Pedagogical Sciences, professor of the Department of General and Professional Pedagogy Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State University", e-mail: t251589@mail.ru
Грицук Александр Петрович , АО НПП «ГИДРОПОЛИМЕР» директор, e-mail: info@hydropolymer.ru	Gritsuk Aleksandr Petrovich , АО NPP "Hydropolyme" director, e-mail: info@hydropolymer.ru
Галушко Михаил Михайлович , кандидат технических наук, начальник кафедры фортификации и специальных сооружений Военный институт (инженерно-технический), e-mail: mig94@mail.ru	Galushko Michail Michailovich , Candidate of Engineering Sciences, Head of the department fortification and special structures Military institute of engineering and technical, e-mail: mig94@mail.ru
Гуков Дмитрий Владимирович , доктор технических наук, профессор, ВИ(ИТ) ВА МТО, e-mail: guokovdmitry@rambler.ru	Gukov Dmitry V. , doctor of technical Sciences, professor, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics, e-mail: guokovdmitry@rambler.ru
Денисов Виктор Николаевич , Денисов Виктор Николаевич Военный институт (инженерно-технический) доцент, e-mail: dvn/007@mail.ru	Denisov Viktor Nikolaevich , candidate of technical sciences Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of the MTO named after General of the Army A.V. Khrulev assistant professor, e-mail: dvn/007@mail.ru
Дудурич Богдан Богданович , кандидат технических наук Военный институт (инженерно-технический) доцент, e-mail: dudurich@mail.ru	Dudurich Bogdan Bogdanovich , Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of the MTO named after General of the Army A.V. Khrulev assistant professor, e-mail: dudurich@mail.ru
Дубовский Виталий Александрович , доктор технических наук, преподаватель 7 кафедры (тактики и оперативного искусства) Военной академии материально-технического обеспечения, e-mail: dubovskiy@inbox.ru	Dubovsky Vitaly Alexandrovich , Doctor of Technical Sciences, Lecturer of the 7th department (tactics and operational art) Military Academy of Logistics, e-mail: dubovskiy@inbox.ru
Зубарь Алексей Владимирович , кандидат технических наук, доцент кафедры, Пензенский артиллерийский инженерный институт (филиал) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, e-mail: alexey_zubar@mail.ru	Zubar Aleksey Vladimirovich , candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department, Penza Artillery Engineering Institute (branch) of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev, e-mail: alexey_zubar@mail.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Кайков Кирилл Владимирович , преподаватель, Омский автобронетанковый инженерный институт (филиал) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва в г. Омске, e-mail: kirkaykov@mail.ru	Kaykov Kiril Vladimirovich , lecturer, Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (branch) of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khruleva in Omsk, e-mail: kirkaykov@mail.ru
Кулагин Андрей Владимирович , научный сотрудник, Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ) Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, e-mail: Ku199121@mail.ru	Kulagin Andrey Vladimirovich , researcher, Research Institute (Military System Research of the logistics of the Armed Forces of the Russian Federation) Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev, e-mail: Ku199121@mail.ru
Куранов Максим Олегович , филиал Военной академии материально-технического обеспечения (г. Омск), e-mail: m110yt@rambler.ru	Kuranov Maxim Olegovich , Branch of the Military Academy of Logistics (City of Omsk), e-mail: m110yt@rambler.ru
Крисковец Дмитрий Сергеевич , ООО «СК СЕВЕРНАЯ ГАВАНЬ», e-mail: dkriskovets@gmail.com	Kriskovets Dmitriy Sergeevich. , LLC «SK SEVERNAYA GAVAN'», e-mail: dkriskovets@gmail.com
Кузнецов Антон Васильевич , адъюнкт отдела (организации научной работы и подготовки педагогических кадров) Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», г. Санкт-Петербург e-mail: anton.ferrarius@bk.ru	Kuznetsov Anton Vasilevich , adjunct of the department (organization of scientific work and training of pedagogical staff) Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Education "Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khruleva, St. Petersburg e-mail: anton.ferrarius@bk.ru
Карагодин Владимир Викторович , доктор технических наук, профессор кафедры энергоснабжения (объектов наземной космической инфраструктуры) Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского vladimirkar@rambler.ru	Karagodin Vladimir Viktorovich , Dr. Techn. Sciences, Professor of the Department of Energy Supply (objects of applied space infrastructure) Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky vladimirkar@rambler.ru
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
Короленок Леонид Михайлович , кандидат технических наук Профессор кафедры фортификации и специальных сооружений Военный институт (инженерно-технический), e-mail: kopolenok@mail.ru	Korolenok Leonid Michailovich , Candidate of Engineering Sciences Professor of the department fortification and special structures Military institute of engineering and technical e-mail: kopolenok@mail.ru
Кулешов Денис Евгеньевич , кандидат технических наук Преподаватель кафедры фортификации и специальных сооружений Военный институт (инженерно-технический) e-mail: komod1988@mail.ru	Kuleshov Denis Evgenevich , Candidate of Engineering Sciences Teacher of the department fortification and special structures Military institute of engineering and technical e-mail: komod1988@mail.ru
Павленок Андрей Михайлович , кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, начальник кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: ruvitu@gmail.com	Pavlenok Andrey M. , candidate of technical Sciences, MI(E) MAL named after army General A.V. Khrulev, head of the Department "Power Supply, Electric and Automatic Equipment", e-mail: ruvitu@gmail.com

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Пчелкин Виктор Олегович , кандидат технических наук Доцент кафедры № 1 (Технология, организация и экономика строительства) Военный институт (инженерно-технический) Военной Академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, e-mail: pvo59@yandex.ru	Pchelkin Viktor Olegovich , Candidate of Technical Sciences Associate Professor of Department No. 1 (Technology, organization and Economics of construction) Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev, e-mail: pvo59@yandex.ru
Радько Ярослав Васильевич , курсант Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва» Министерства обороны Российской Федерации, Radko-2024@mail.ru	Radko Yaroslav Vasilievich , cadet Federal State State-owned Military Educational Institution of Higher Education “Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev” Ministry of Defense of the Russian Federation, Radko-2024@mail.ru
Рыбаков Дмитрий Вячеславович , кандидат технических наук Старший преподаватель кафедры энергоснабжения (объектов наземной космической инфраструктуры) Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского	Rybakov Dmitry Vyacheslavovich , Candidate of Technical Sciences Senior lecturer of the Department of Energy Supply (objects of applied space infrastructure) Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky
Сухарь Геннадий Анатольевич , кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, доцент кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: g-suxar@mail.ru	Suchar Gennady A. , Candidate of Technical Sciences, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, associate professor, Department of power supply, electrical equipment and automation, e-mail: g-suxar@mail.ru
Суриков Александр Николаевич , кандидат военных наук доцент Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва» Министерства обороны Российской Федерации, e-mail: a.surikov@laura.ru	Surikov Alexander Nikolaevich , Candidate of Military Sciences Associate Professor Federal State State-owned Military Educational Institution of Higher Education “Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev” Ministry of Defense of the Russian Federation e-mail: a.surikov@laura.ru
Сарган Дмитрий Леонидович , Военная академия (материально-технического обеспечения), e-mail: sargan16@ mail.ru	Sargan Dmitry Leonidovich , Military Academy of the MTO named after General of the Army A.V. Khrulev, e-mail: sargan16@ mail.ru
Соломоник Александр Константинович , курсант, Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва» Министерства обороны Российской Федерации	Solomonik Alexander Konstantinovich. , cadet Federal State State-owned Military Educational Institution of Higher Education “Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev” Ministry of Defense of the Russian Federation
Смирнов Сергей Викторович , кандидат технических наук, Доцент кафедры энергоснабжения (объектов наземной космической инфраструктуры) Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, e-mail: s.v.smirnov23@mail.ru	Smirnov Sergey Viktorovich , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply (objects of applied space infrastructure) Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky e-mail: s.v.smirnov23@mail.ru
Титеев Иван Сергеевич , «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва», titeev.ivan@bk.ru	Titeev Ivan Sergeevich , Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V Khrulev, titeev.ivan@bk.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Фролов Владимир Яковлевич , доктор технических наук Профессор высшей школы электроэнергетических систем Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), e-mail: frolov_vya@spbstu.ru	Frolov Vladimir Yakovlevich , Dr. TEC Sciences Professor of the Higher School of Electric Power Systems Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), e-mail: frolov_vya@spbstu.ru
Хаматов Данил Алексеевич , Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва» Министерства обороны Российской Федерации, e-mail: ztrech@mail.ru	Khamatov Danil Alekseevich , Federal State State-owned Military Educational Institution of Higher Education «Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev» Ministry of Defense of the Russian Federation, e-mail: ztrech@mail.ru