

Содержание журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» №4(22)		Contents of the journal "MILITARY ENGINEER" №4(22)	
Содержание	1	Contents	
Редакционная коллегия	2	Editorial Board	
Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения	5	Design, construction and reconstruction of military facilities	
<i>Чистяков А.Э., Кащеев Р.Л., Игнатчик В.С., Анисимов Ю.П.</i> Проблемные вопросы обработки и утилизации отходов, образующихся в результате очистки сточных вод на объектах военной инфраструктуры Минобороны России	5	<i>Chistyakov A.E., Kashcheev R.L., Ignatchik V.S., Anisimov Yu.P.</i> Problematic issues of processing and disposal of waste generated as a result of wastewater treatment at military infrastructure facilities of the Russian Ministry of Defense	
<i>Аверьянов В.К., Саркисов С.В., Корпусов А.Н.</i> Схемные решения, повышающие устойчивость функционирования систем отопления и теплоснабжения в экстремальных условиях	10	<i>V.K. Averyanov, Sarkisov S.V., Korpusov A.N.</i> Circuits that increase resilience Functioning of heating and heat supply systems in extreme conditions	
<i>Игнатчик В.С., Чистяков А.Э., Анисимов Ю.П.</i> Оптимальные режимы работы канализационных очистных сооружений Минобороны России при биологическом удалении соединений азота	18	<i>Ignatchik V.S., Chistyakov A.E., Anisimov Yu.P.</i> Optimal operating modes of sewage treatment plants of the Ministry of Defense of the Russian Federation for the biological removal of nitrogen compounds	
<i>Воробьев А.А., Сергеев В.В.</i> Система показателей для формирования требований к специализированным наземным робототехническим комплексам	25	<i>Vorobyov A.A., Sergeev V.V.</i> The set of indicators for the formation of requirements to specialized ground-based robotic systems	
<i>Саркисов С.В., Рузманов М.Д., Потапенко В.В., Булат В.А.</i> Методика и результаты испытаний автоматической системы противопожарной защиты, разработанной для подземных объектов	35	<i>Sarkisov S.V., Ruzmanov M.D., Potapenko V.V., Bulat V.A.</i> Methodology and test results of an automatic fire protection system developed for underground facilities	
<i>Фоминич Э.Н., Колесник И.В., Курьяков Е.В., Толмачев В.Н.</i> Средства защиты систем автономного электроснабжения от воздействия мощных электромагнитных импульсов естественного и искусственного происхождения	45	<i>Fominich E.N., Kolesnik I.V., Kuryakov E.V., Tolmachev V.N.</i> Autonomous system protection power supply from powerful impact electromagnetic impulses of natural and artificial origin	
<i>Гула Д.Н., Куракин К.Э., Пудиков В.В.</i> Математическая модель воздухоохлаждаемых конденсационных установок при эксплуатации теплосилового оборудования специальных сооружений	54	<i>Gula D.N., Kurakin K.E., Pudikov V.V.</i> Mathematical model of air-cooled condensing installations during operation of heat-power equipment of special structures	

Содержание журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» №4(22)		Contents of the journal "MILITARY ENGINEER" №4(22)	
<i>Блинов А.В., Корпусов А.Н., Макаров А.Д., Валуйский В.А.</i>	60	<i>Blinov A.V., Korpusev A.N., Makarov A.D., Valuyskiy V.A.</i>	
Разработка и верификация математической модели процесса остывания специального сооружения		Development and verification of a mathematical model of the cooling process of a special build	
<i>Борисов А. А., Владимиров Д.Р.</i>	66	<i>Borisov A. A., Vladimirov D.R.</i>	
Анализ современных и перспективных видов электромагнитного оружия и средств защиты технических систем		Analysis of modern and promising types of electromagnetic weapons and means of protection of technical systems	
<i>Загруддинов Ю.А., Карасёв С.Ю., Федоренко А.В., Вакуненко В.А.</i>	76	<i>Zagrudtinov Yu.A., Karasev S.Y., Fedorenko A.V., Vakunenko V.A.</i>	
Математический аппарат расчета средств повышения защищенности специальных фортификационных сооружений при воздействии современных средств поражения		Mathematical apparatus for calculating means of increasing the security of special fortifications under the influence of modern means of destruction	
Теория воинского обучения и воспитания	81	Theory of military training and education	
<i>Шайхудинова З.И.</i>	81	<i>Shaykudinova Z.I.</i>	
Роль математической подготовки в формировании профессиональных компетенций курсантов военно-морских вузов		The role of mathematical training in the formation of professional competencies of cadets of naval universities	
<i>Борисов А.А., Сорокин Н.В., Борисова Д.В.</i>	86	<i>Borisov A.A., Sorokin N.V., Borisova D.V.</i>	
К вопросу о проверке достоверности педагогического эксперимента		On the question of verifying the validity of a pedagogical experiment	
<i>Саркисова Е.А.</i>	92	<i>Sarkisova E.A.</i>	
Организация, методика и результаты осуществления дидактического эксперимента по формированию общих учебных умений и навыков научно- исследовательской деятельности курсантов		Organization, methodology and results of the didactic experiment on the formation of general educational skills and research skills of cadets	
<i>Леушин Е. В., Третьяков Ю.А., Васильченко С.Н.</i>	101	<i>Leuchin E. W., Tretyakov Y.A., Vasilchenko S.N.</i>	
Перспективные средства и способы доставки материальных средств в интересах ВС РФ		Promising means and methods of delivery of material assets in the interests of the Armed Forces of the Russian Federation	
Сведения об авторах	106	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

Кащеев Роман Леонидович, кандидат технических наук доцент;

Члены редакционной коллегии

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

Бирюков Александр Николаевич, доктор технических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ;

Борисов Алексей Александрович, кандидат технических наук профессор;

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;

Даутова Ольга Борисовна, доктор педагогических наук профессор;

Дружинин Пётр Владимирович, доктор технических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ;

Ивахнюк Григорий Константинович, доктор химических наук профессор;

Игнатчик Виктор Сергеевич, доктор технических наук профессор;

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, засл. работник высш. шк. РФ;

Макаров Александр Данилович, доктор экономических наук, доктор юридических наук, профессор, академик МАНЭБ, АВН, НОАН, АПВЭиФ, заслуженный деятель науки и образования;

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, засл. работник высш. шк. 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, засл. работник физич. культуры РФ;

Черимисин Суад Зухер, доктор физико-математических наук профессор;

Путилин Павел Александрович, кандидат технических наук.

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

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

Включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук с 22.12.2020 г.

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

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

Выпускающий редактор: Путилин П.А.

Сдано в набор 28.12.2021

Бумага типографская

Редактор текстов на английском языке:

Подписано в печать 28.12.2021

Печать цифровая

Путилин П.А.

Формат бумаги 60 x 90 1/8

Заказ № 3242

Экспертиза текстов статей на объём

Тираж 300 экз.

заимствований: Зотов А.С.

Цена договорная

Дизайн обложки: Сорокин А.А.

Вёрстка: Путилин П.А.

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/

Журнал «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» 2021, №4 (№22)

УДК 355.5, 004.51, 004.52, 004.55

Чистяков А.Э., Кащеев Р.Л., Игнатчик В.С., Анисимов Ю.П.
Chistyakov A.E., Kashcheev R.L., Ignatchik V.S., Anisimov Yu.P.

Проблемные вопросы обработки и утилизации отходов, образующихся в результате очистки сточных вод на объектах военной инфраструктуры Минобороны России

Problematic issues of processing and disposal of waste generated as a result of wastewater treatment at military infrastructure facilities of the Russian Ministry of Defense

Аннотация. Механическое обезвоживание является основным способом обработки осадка, рекомендованным при новом проектировании, строительстве, модернизации очистных сооружений сточных вод. Для центрифугирования, как одного из основных способов обезвоживания обоснованы параметры, влияющие на эффективность. Предложена автоматизированная система управления. Основой которой является применение комплексного, приведенного параметра – величины крутящего момента на валу шнека.

Abstract. Mechanical dewatering is the main method of sludge treatment recommended for new design, construction, modernization of wastewater treatment plants. For centrifugation, as one of the main methods of dehydration, the parameters affecting the efficiency are justified. An automated control system is proposed. The basis of which is the use of a complex, given parameter - the amount of torque on the screw shaft.

Ключевые слова. Системы водоотведения, очистка сточных вод, отходы при очистке сточных вод, утилизация отходов.

Keywords. Wastewater disposal systems, wastewater treatment, waste during wastewater treatment, waste disposal.

В процессе очистки сточных вод образуются осадки (песок из песколовков, осадок первичных отстойников, избыточный активный ил и др.). Они должны подвергаться обработке для обезвоживания, стабилизации, снижения запаха, обеззараживания, улучшения физико-механических свойств, обеспечивающих возможность их экологически безопасной утилизации или размещения (хранения или захоронения) в окружающей среде. В Российской Федерации в соответствии с СП 32.13330.2018 при новом проектировании очистных сооружений, начиная от категории «Средние» следует предусматривать обезвоживание осадков механическими методами. При этом, для механического обезвоживания осадков допускается использовать центрифуги (центробежные декантеры), ленточные, камерные и шнековые фильтр-прессы.

Таким образом, выбор технологии обезвоживания осадков следует производить по результатам технико-экономических расчетов с учетом их состава и свойств, физико-химических и теплофизических характеристик и с учетом последующих методов использования или размещения в окружающей среде. В соответствии с [1] обработка осадков с применением центрифуг экономически целесообразна при расчетной производительности очистных сооружений от 10 тыс. м³/сут и более. Среди объектов военной инфраструктуры такие случаи единичны, но объемы очищаемых сточных вод и обработки осадков достигают на них до 30%.

По этой причине обоснование оптимальных технологических схем обработки осадков сточных вод с применением центрифугирования является актуальным.

В общем случае технологическими схемами обработки осадков на центрифугах предусматривается их подача в барабан центрифуг специальными насосами – дозаторами совместно с растворами флокулянтов, см. рис. 1.

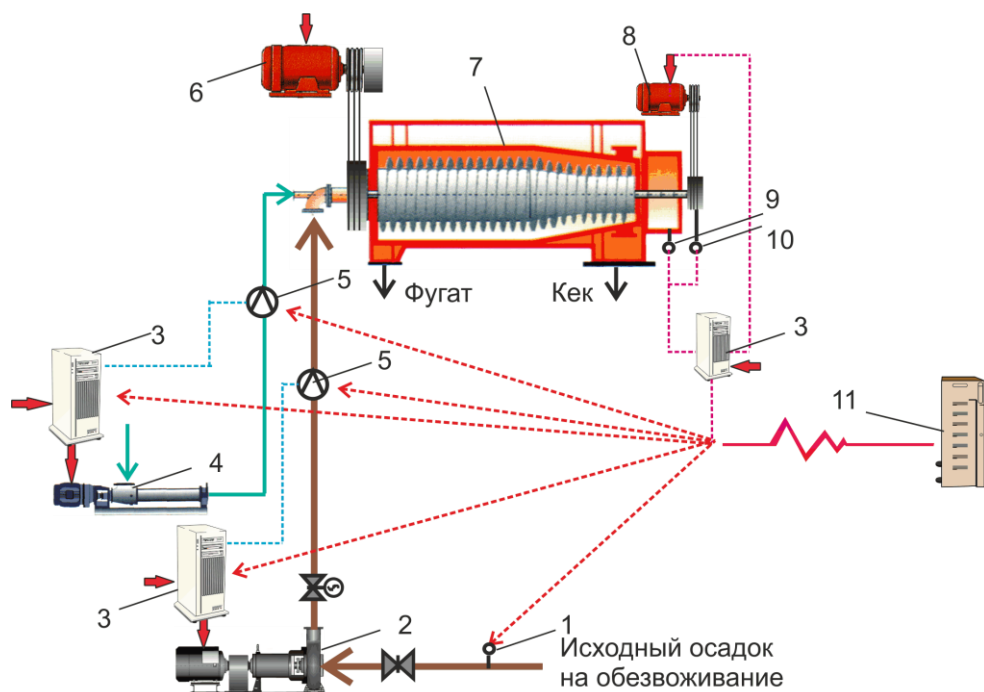


Рис. 1. Технология обезвоживания осадков с применением центрифуг: 1 - датчик концентрации; 2 - насос подачи осадков на обезвоживание; 3 - преобразователи частоты; 4- насос подачи раствора флокулянта; 5 - датчик расхода; 6 - главный привод центрифуги; 7 - центрифуга; 8 - обратный привод центрифуги (Backdrive); 9-датчик скорости вращения барабана; 10- датчик скорости вращения шнека; 11- контроллер.

При этом эффективность центрифугирования оценивается двумя показателями: эффективности задержания сухих веществ (95% и более) и влажности кека 9 (от 70%), см. рис. 2.

В общем случае технологический процесс обезвоживания осадков сточных вод на центрифугах характеризуется достаточно большим числом параметров, см. рис. 2 [2]. В то же время их можно классифицировать по трем признакам: по происхождению; по степени устойчивости и управляемости.

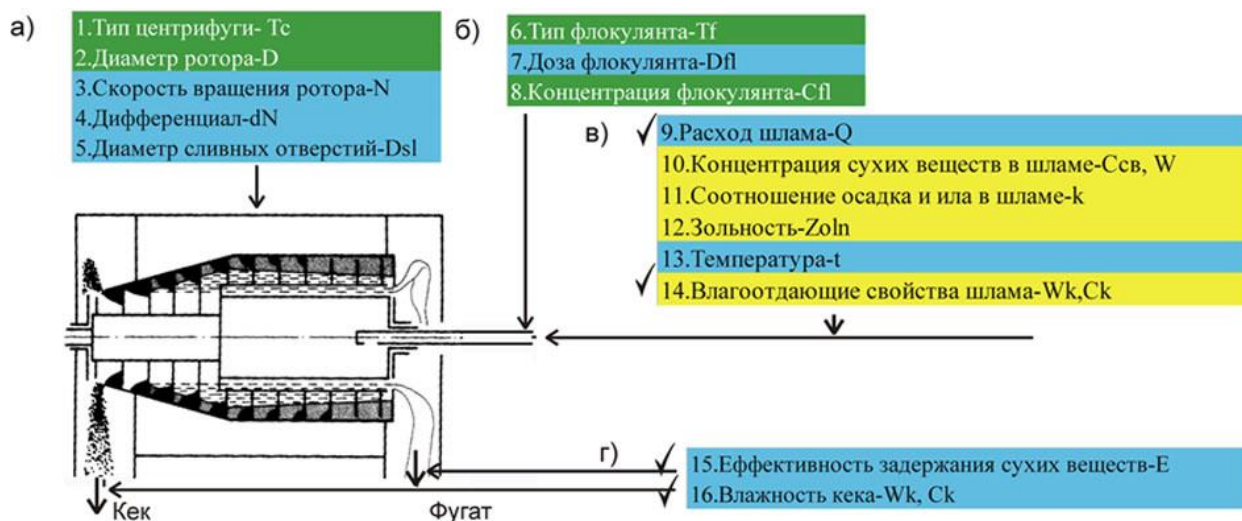


Рис. 2. Основные параметры технологического процесса центрифугирования:
зеленый - фиксируемые параметры; синий - управляемые параметры; желтый - изменяющиеся параметры; ✓ - сложные параметры; а) параметры, характеризующие тип и режим работы центрифуг; б) тоже, режимы флокулирования; в) тоже, режимы исходный шлам; г) тоже, эффективность центрифугирования

По происхождению параметры делятся на четыре группы (см. рис. 2): характеризующие тип и режимы работы центрифуг; характеризующие режим флокулирования; характеризующие исходный шлам (смесь осадков из первичных отстойников и избыточного ила); характеризующие эффективность центрифугирования.

К первой группе параметров относятся: тип применяемой центрифуги T_c , диаметр D и скорость вращения N ее ротора, дифференциал dN (разница в скоростях вращения ротора и шнека центрифуги), диаметр сливных отверстий D_{sl} , ко второй группе- тип применяемого флокулянта T_f , его дозу D_{fl} и концентрацию в растворном баке C_{fl} , к третьей группе- расход шлама Q , поступающего на обезвоживание, концентрацию в нем сухих веществ $C_{св}$ или влажность W_l , соотношение доли осадка и ила в шламе k , зольность Z_{oln} , температура t , влагоотдающие свойства осадков (зависят от содержания белка, углеводов и др.), к четвертой группе- эффективность задержания сухих веществ E , и влажность кека W_k или концентрация сухих веществ в нем C_k .

По устойчивости параметры делятся на две группы: простые и сложные.

К простым параметрам (№ 1-9, 11, 13) относятся те, которые в технологическом процессе остаются неизменными при изменении других. В процессе работы центрифуг они могут быть изменены только эксплуатационным персоналом. К сложным параметрам (№ 10, 12, 14, 15, 16) относятся те, которые в технологическом процессе изменяются при изменении других, например, параметры №10 и 14 изменяются при изменении параметра №11. На сложные параметры 15 и 16 оказывают влияние все параметры технологического процесса.

По управляемости параметры делятся на три группы: фиксированные (№ 1, 2, 6, 8), которые по соображениям поставки, взаимозаменяемости, удобства в обслуживании должны быть одинаковыми для центрифуг всех станций аэрации регионов; управляемые (№ 3-5, 7, 9, 13, 15, 16), устанавливаемые оптимальными для каждой станции аэрации отдельно; и изменяющиеся (№ 10-12, 14) параметры, управление которыми невозможно или затруднительно.

В нашей стране уже накоплен опыт управления параметрами технологического процесса обезвоживания, позволяющий на высоком уровне поддерживать эффективность задержания сухих веществ и концентрацию кека. Это стало возможным благодаря тому, что водоканалами России успешно завершены работы [2], позволившие определить основные закономерности влияния этих параметров на эффективность центрифугирования и зафиксировать отдельные из них на оптимальных значениях. Например: тип центрифуги и тип флокулянтов. При этом, с учетом особенностей осадков каждой станции аэрации на основании экспериментальных исследований проведены работы по обоснованию дозы флокулянтов, скорости вращения ротора, дифференциала и диаметра сливных отверстий центрифуг. В то же время стало очевидным, что дальнейшее совершенствование технологии становилось возможным только посредством автоматического контроля и регулирования этих параметров.

По этой причине на всех узлах обезвоживания применяется автоматизированная система управления (АСУ), см. рис. 3. В основу способа управления заложено применение комплексного, приведенного параметра- величины крутящего момента M на валу шнека, измерение которого отработано. Его величина зависит от всех параметров (см. рис. 2), т.е. $M=f_1(N, dN, Dsl, Tf, Dfl, Cfl, Q, Wl, k, Zoln, t, \text{влагоотдающие свойства осадков})$. Сущность способа заключается в том, что с целью стабилизации концентрации кека в условиях колебаний параметров, характеризующих исходный шлам, измеряют величину крутящего момента M на валу шнека и, в зависимости от его значения, корректируют дифференциал dN .

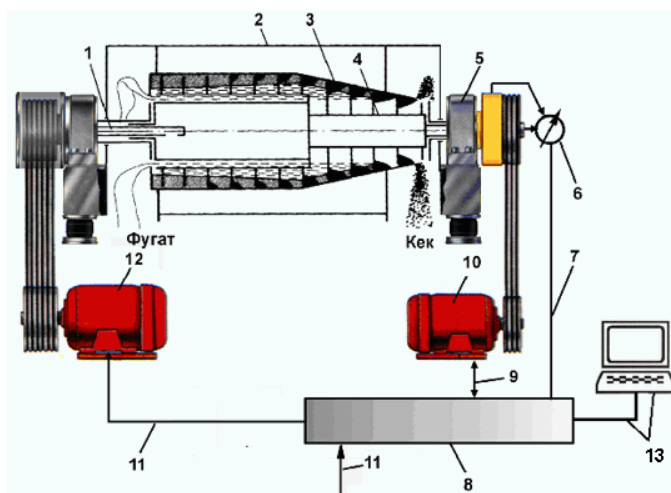


Рис. 3. Принципиальная схема АСУ технологического процесса обезвоживания: 1 - трубопровод для подвода смеси исходного шлама и раствора флокулянта, 2 - центрифуга, 3 - барабан, 4 - шнек, 5 - редуктор, 6 - измеритель разности скоростей вращения ротора и шнека, 7, 9 - каналы для передачи информации, 8 - функциональный блок, 10 - обратный привод, 11 - кабель, 12 - главный привод, подсистема для наладки АСУ центрифуги

В то же время алгоритмы управления технологическими процессами обезвоживания осадков отработаны для центрифуг больших производительностей, которые без доработки невозможно применять для центрифуг с диаметром барабана менее 500 мм, характерным для объектов военной инфраструктуры Минобороны России, поскольку поддержание величины крутящего момента на постоянном уровне не обеспечивает оптимальных параметров обезвоживания, т.к. его значение может меняться не только от влагоотдающих свойств осадков, но и от расхода (по сухому веществу), подаваемого на центрифугу. В условиях небольших диаметров барабанов и мощностей их приводов такой подход будет приводить к забиванию центрифуг с последующим сбросом фугата низкого качества. В связи с этим, для эффективного

применения центрифугирования при обезвоживании осадков сточных вод на очистных сооружениях «средних» категорий необходимо совершенствование алгоритмов их автоматизированного управления.

Выводы

1. В Российской Федерации в соответствии с СП 32.13330.2018 при новом проектировании очистных сооружений, начиная от категории «Средние» следует предусматривать обезвоживание осадков механическими методами. Для объектов военной инфраструктуры целесообразно использовать центрифуги (центробежные декантеры) ввиду более простых транспортных схем для их реализации.

2. Алгоритмы управления технологическими процессами обезвоживания осадков отработаны для центрифуг больших производительностей, которые без доработки невозможно применять для центрифуг с диаметром барабана менее 500 мм, характерным для объектов военной инфраструктуры Минобороны России. В связи с этим, для эффективного применения центрифугирования при обезвоживании осадков сточных вод на очистных сооружениях «средних» категорий необходимо совершенствование алгоритмов их автоматизированного управления.

Список литературы:

1. Булат Р.Е., Анисимов Ю.П., Вакуненко В.А. Модернизации объектов коммунального назначения Министерства обороны Российской Федерации // Сборник докладов круглого стола «Современное состояние эксплуатационного содержания казарменно-жилищного фонда Министерства обороны России и инновационные пути перспектив его развития». – Москва, 2018. – С. 19–27.
2. Ильин Ю.А., Трухин Ю.А., Игнатчик В.С., Игнатчик С.Ю. Управление процессами обезвоживания осадков сточных вод на центрифугах // -М.: Водоснабжение и санитарная техника, №8, 1997 г. С. 12-18;
3. Кармазинов Ф.В., Цветков В.И., Ильин Ю.А., Трухин Ю.А., Игнатчик В.С., Игнатчик С.Ю. Реконструкция цеха обработки осадков Кронштадтской станции аэрации // -М.: Водоснабжение и санитарная техника, №4, 2005 г. С. 5-10.

Схемные решения, повышающие устойчивость функционирования систем отопления и теплоснабжения в экстремальных условиях

Circuits that increase resilience Functioning of heating and heat supply systems in extreme conditions

Аннотация. Многолетний опыт эксплуатации систем отопления объектов военной инфраструктуры показал, что при возникновении аварий необходимы их оперативное обнаружение и своевременная локализация, для предотвращения возможного развития аварийной ситуации которая может повлечь за собой нанесение материального и экономического ущерба, а также повлиять на боеспособность объекта. В статье предложен один из путей решения данной проблемы.

Abstract. Many years of experience in the operation of heating systems for military infrastructure facilities has shown that in the event of accidents, their prompt detection and timely localization are necessary in order to prevent the possible development of an emergency situation that may entail material and economic damage, as well as affect on the combat capability of the object. The article suggests one of the ways to solve this problem.

Ключевые слова. Система отопления, авария, надежность, трубопровод.

Keywords. Non-stationary cooling mode, temperature, heat balance, accumulation coefficient

Системы отопления объектов военной инфраструктуры представляют собой сложное техническое устройство [1,2,3,4], теплоносителем которого чаще всего является вода, однако помимо воды также возможно использовать антифриз или раствор.

Существуют устройства водяной системы отопления по книге «Эффективные системы отопления зданий», Стройиздат, 1988, стр. 94, рис. III. (4 в) - [5] и патенту на изобретение RU 2285206 C1 от 10.10.2006, F24D12/00, F24D3/02, «Система отопления многоэтажного здания» [6].

Водяные системы отопления многоэтажного здания [5] и [6] содержат подающую и обратную магистрали, сообщенные с ними соответственно подающие и обратные стояки, а также размещенные в помещениях многоэтажного здания нагревательные элементы.

Недостатком таких систем отопления многоэтажного здания по [5] и [6] является их потенциальная опасность при разгерметизации. В результате этого могут быть затоплены помещения с находящимися в них материальными ценностями (продовольственные и вещевые склады и т.д.), в некоторых случаях невозможными и дорогостоящими, имеющими историческую ценность (архивы, музеи, библиотеки и др.). Причем разгерметизация системы водного отопления может произойти как естественным образом (коррозионным, превышения давления сети, брак запорно-регулирующей арматуры и др.), так и при стихийных (землетрясения, пожары и т.д.) и террористических или военных действиях.

Известна «Водяная система отопления» по патенту на изобретение RU 2313731 от 27.12.2007, МПК F24D10/00 - [7], состоящая из горячей и обратной труб, трубы сброса воздуха, трубы слива воды и комплекса отопительных приборов, гидравлически соединенных между собой, на горячей и на обратной трубах установлено по одному электроклапану и датчику расхода воды, а на трубах сброса воздуха и слива воды установлено по одному электроклапану. Под трубой слива воды расположена емкость, нижняя часть которой через электроклапан и

электронасос гидравлически соединена с системой отопления. Водяная система отопления также включает в себя оповещатель и электронный блок, вход которого соединен с датчиками расхода воды, а выход - с электроклапанами, электронасосом и оповещателем.

Недостатком [7] является то, что устройство должно иметь емкость для слива воды, причем эта емкость должна быть больших размеров, что оправдано только в некоторых случаях (например, при применении антифриза для местных систем отопления индивидуальных строений). Кроме того, слив воды в прототипе осуществляется самотеком, что увеличивает время и объемы пролива воды в помещения и как следствие увеличивает материальный ущерб. Дополнительно можно отметить, что при последующем (после срабатывания электронного блока управления на слив воды) отключении электричества водяная система отопления по [7] автоматически приходит в исходное состояние, при котором продолжается затопление помещений.

Наиболее близким техническим решением является «Водяная система отопления» по патенту на изобретение RU 2372560 C1 от 10.11.2009, F24D10/00 - [8], состоящая из прямой (горячей) и обратной (охлажденной) труб, трубы сброса воздуха, трубы слива воды и комплекса отопительных приборов, гидравлически соединенных между собой, установлены на прямой и на обратной трубах по одному отсечному электроклапану, а также содержит электронный блок управления с датчиками разгерметизации системы и двумя сливными электроклапанами и электронасосом. Два сливных электроклапана установлены соответственно на прямой и на обратной трубах после отсечных электроклапанов, выходы сливных электроклапанов соединены между собой и с входом электронасоса, выход которого подсоединен к канализационному трубопроводу. Электронный блок управления содержит датчики разгерметизации системы в виде датчиков обнаружения воды. В качестве отсечных и сливных электроклапанов могут быть применены вентили с приводами от электродвигателей.

К его недостаткам можно отнести сложность конструкции и как следствие недостаточная надёжность и высокая её стоимость.

Из недостатков известных систем следует задача упрощения конструкции водяной системы отопления с возможностью быстрого опорожнения стояков отопления и отопительных приборов для минимизации ущерба, наносимого протечками водяной системы отопления.

Сущность заявленного технического решения состоит в том, что «водяная система отопления», состоит из подающей (горячей) и обратной (холодной) труб и подключенных к ним через водяные электровентили соответственно подающий и обратный стояки с отопительными приборами, гидравлически связанными между собой, автоматического воздухоотводчика, расположенного в верхней части прямого стояка, электронасоса, трубы слива воды, электронного блока управления, с датчиками разгерметизации в виде датчиков обнаружения воды, оповещателя, линий управления электро вентилями (Э), электронасосом и оповещателем,. При этом водяные электровентили выполнены в виде трехходовых электровентилей, входы которых подключены к подающему и обратному стоякам, первые выходы трехходовых электровентилей подсоединены соответственно к подающей и обратной трубам, вторые выходы трехходовых электровентилей соединены трубами между собой и со входом электронасоса, выход которого через трубу слива подсоединен к канализационному трубопроводу. В качестве привода трехходовых электровентилей используются электродвигатели. Водяная система отопления содержит от 1 до i пар подающих и обратных стояков, при этом каждая пара подающих и обратных стояков присоединена к подающему и обратному трубопроводу через собственные трехходовые электровентили, все вторые выходы которых соединяются между собой и со входом электронасоса.

Из патентной литературы известно применение в «Системе отопления многоэтажного здания» по патенту на полезную модель RU 27189 U1 от 10.01.2003, F24D3/02 - [5], двух трехходовых клапанов с электроприводом, для слива воды из системы отопления.

Однако в [8] первый трехходовой клапан используется для закольцовывания прямого и обратного трубопроводов системы отопления, а второй (только один) трехходовой клапан используется для общего слива воды с обратного трубопровода и гидравлически с ним соединённых отопительных приборов, и через которые из прямого трубопровода. При таком сливе воды, осуществляемом самотеком в аналоге [8] существенно увеличивается время слива и объёмы пролива воды в помещения и как следствие увеличивает материальный ущерб. Кроме того, в заявленном техническом решении трехходовые клапаны с электроприводом выполнены в виде трехходовых электровентилей с приводом от электродвигателей, и они установлены в системе для непосредственного слива воды, как с обратного, так и с прямого стояков.

Также известны технические решения по сокращению и предотвращению больших объёмов пролива воды в помещения при авариях водяной системы отопления по патентам на полезные модели РФ:

- RU 32239 U1 от 10.09.2003, F24D3/02, «Система отопления здания с защитой от разрушения при прекращении циркуляции теплоносителя» [9];
- RU 33427 U1 от 20.10.2003, F24D3/02, «Система отопления многоэтажного здания» [10];
- RU 48031 U1 от 10.09.2005, F24D3/02, F24D19/10, «Этажный узел отопления с возможностью аварийного сброса давления и отключения» [11];
- RU 56563 U1 от 10.09.2006, F24D3/02, «Система отопления многоэтажного здания» [12].

Однако в источниках [9], [10], [11] и [12] для реализации защиты помещений от протечек не использованы трехходовые трехходовых электровентилей с приводом от электродвигателей, а также не применен быстрый слив воды при помощи электронасоса. Кроме того, схемы реализации этих технических решений отличаются от заявленной водяной системы отопления.

Технический результат состоит в упрощении конструкции и повышении её надежности.

В заявленной водяной системе отопления увеличенная скорость слива воды осталась, как в прототипе, а четыре электровентили установленных на одну пару стояков заменены на два трехходовых электровентили. При наличии в многоэтажном здании более одной пары стояков (от 1 до i – пар подающего и обратного стояков), водяная система отопления содержит всего один электронасос, для ускоренного слива воды, и по два трехходовых электровентили на каждую пару подающего и обратного стояков. В водяную систему отопления также добавлен оповещатель, работающий от электронного блока управления, для экстренного сообщения ремонтным службам об отключении конкретной пары стояков в многоэтажном здании. При этом, вода ускоренно сливается только из пары прямого и обратного стояков с отопительными приборами, в которых обнаружена протечка, а остальные стояки с отопительными приборами многоэтажного здания остаются в работоспособном состоянии, и самом здании система отопления не отключается.

Использование отличительного независимого признака «водяные электровентили выполнены в виде трехходовых электровентилей, входы которых подключены к прямому и обратному стоякам, первые выходы трехходовых электровентилей подсоединены соответственно к подающей и обратной трубам, вторые выходы трехходовых электровентилей соединены трубами между собой и со входом электронасоса, выход которого через трубу слива подсоединен к канализационному трубопроводу» позволяет существенно упростить конструкцию прототипа заменив четыре электровентили (с одним входом и одним выходом) на два трехходовых электровентили (с одним входом и двумя выходами), что также повысит надежность системы и уменьшит её стоимость. При этом также, как и в прототипе в случае

разгерметизации системы из нее будет слито максимально возможное количество воды (теплоносителя) и тем самым минимизирован её пролив в помещения.

Использование отличительного зависимого признака «в качестве привода трехходовых электровентилей использованы электродвигатели» позволяет исключить при последующем (после срабатывания электронного блока управления на слив воды) отключении электричества автоматический переход системы водяного отопления в исходное состояние (при котором может продолжиться затопление помещений), что повысит надежность всей системы отопления при авариях с отключением электричества. При этом применение электронасоса, например, самого дешевого насоса центробежного типа, позволит воде свободно сливаться в канализацию, только с меньшей скоростью. При штатном режиме - работе дренажного электронасоса в системе отопления создается вакуум, за счет чего выброс воды в помещения минимальный.

Использование отличительного зависимого признака «система имеет от 1 до i пар подающих и обратных стояков, при этом каждая пара подающих и обратных стояков присоединена к подающему и обратному трубопроводу через собственные трехходовые электровентили, все вторые выходы которых соединяются между собой и со входом электронасоса» позволяет применить заявленное техническое решение для водяной системы отопления многоэтажного здания имеющей от 1 до i – пар подающих и обратных стояков. При этом (в этом варианте) водяная система отопления для ускоренного слива воды содержит всего один электронасос и по два трехходовых электровентили на каждую пару стояков, что также упрощает конструкцию и повышает её надежность.

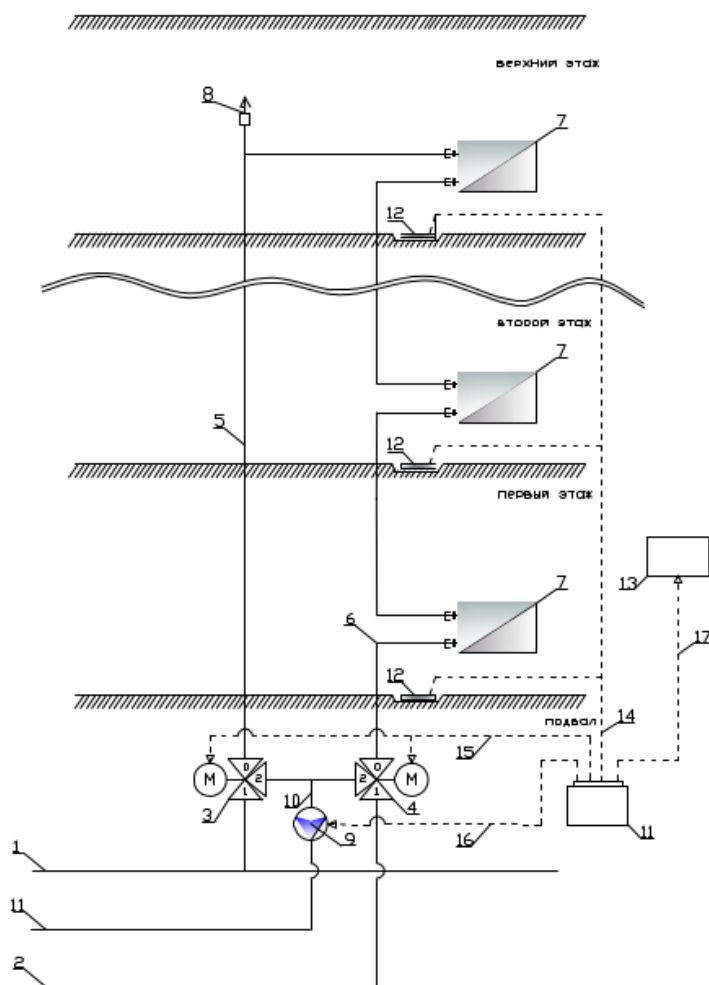


Рис. 1 Схемы водяной системы отопления для одной пары подающего и обратного стояков. 1 – подающий трубопровод; 2 – обратный трубопровод; 3,4 – электровентили; 5 – подающий стояк; 6 – обратный стояк; 7 – отопительные приборы; 8 – автоматический воздухоотводчик; 9 – электронасос; 10 – труба слива воды; 11 – электронного блока управления; 12 – датчики разгерметизации; 13 – оповещатель; 14,15,16 – линии управления электровентильями; 17 – линии управления оповещателем.

Графические материалы, поясняющие сущность системы представлены двумя рисунками:

На рис 1 - чертеж заявленной схемы водяной системы отопления для одной пары подающего и обратного стояков многоэтажного здания.

На рис. 2 - чертеж, адаптированный для водяной системы отопления многоэтажного здания имеющей от 1 до i пар подающих и обратных стояков.

Водяная система отопления, состоящая из подающей (горячей) и обратной (холодной) труб. Подключенных к ним через водяные электроклапаны и соответственно подающий и обратный стояки с отопительными приборами, гидравлически связанными между собой. Автоматического воздухоотводчика, расположенного в верхней части подающего стояка, электронасоса, трубы слива воды, электронного блока управления, с датчиками разгерметизации. Которые выполнены в виде датчиков обнаружения воды. А также оповещателя, линий управления электроклапанами, электронасосом и оповещателем. Водяные электроклапаны выполнены в виде трехходовых электроклапанов и, входы которых подключены к подающему и обратному стоякам, первые выходы трехходовых электроклапанов подсоединены соответственно к подающей и обратной трубам, вторые выходы трехходовых электроклапанов соединены трубами между собой и со входом электронасоса, выход которого через трубу слива подсоединен к канализационному трубопроводу. В качестве привода трехходовых электроклапанов водяной системы отопления использованы электродвигатели. Если водяная система отопления содержит от 1 до i – пар подающих и обратных стояков, то каждая пара подающих и обратных стояков присоединена к подающему и обратному трубопроводу через собственные трех ходовые электроклапаны, все вторые выходы которых соединяются между собой и со входом электронасоса.

Работа системы отопления объектов военной инфраструктуры состоит в следующем.

При нормальном режиме работы: вода поступает по подающему(горячему) трубопроводу к комплексу отопительных приборов, гидравлически соединенных между собой, и отводится по обратной трубе. На трубе сброса воздуха автоматический воздухоотводчик закрыт под воздействием давления воды. Через установленный на подающем трубопроводе трехходовой электроклапан (режим работы 1) происходит подача воды в систему. Через установленный на обратном трубопроводе трехходовой электроклапан (режим работы 1) происходит циркуляция воды в обратный трубопровод. В системе водяного отопления постоянно работает электронный блок управления с датчиками разгерметизации (расположенными под каждым отопительным прибором). Дренажный электронасос выключен.

При работе на слив, в случае разгерметизации: электронный блок управления получает сигнал от одного или нескольких датчиков разгерметизации (расположенные под каждым отопительным прибором), после чего электронный блок управления подает команду на электроклапаны и, расположенные на горячей и обратной трубах соответственно, на включение режима работы (2) электроклапанов и. При переходе на режим работы (2) электроклапанов и происходит перекрытие подающего и обратного трубопроводов и соответственно, а также включается электронасос 9, после чего, теплоноситель сливается в канализацию. При этом в системе водяного отопления создается разрежение (вакуум), открывается автоматический воздухоотводчик и вода из комплекса отопительных приборов, гидравлически соединенных между собой, быстро замещается воздухом. После определенного времени, предварительно заданного (когда вода из системы водяного отопления будет гарантированно слита), электронный блок управления выключает электронасос, при этом электроклапаны и продолжают работу в режиме (2), для слива самотеком остатков воды. В этом режиме существует опасность отключения электричества, при котором водяная система отопления перейдет в нормальный

режим работы и продолжит затоплять помещения. Чтобы этого не произошло, в качестве трехходовых электроклапанов применены вентили с приводами от электродвигателей, которые после отключения их от электроэнергии не меняют своего состояния.

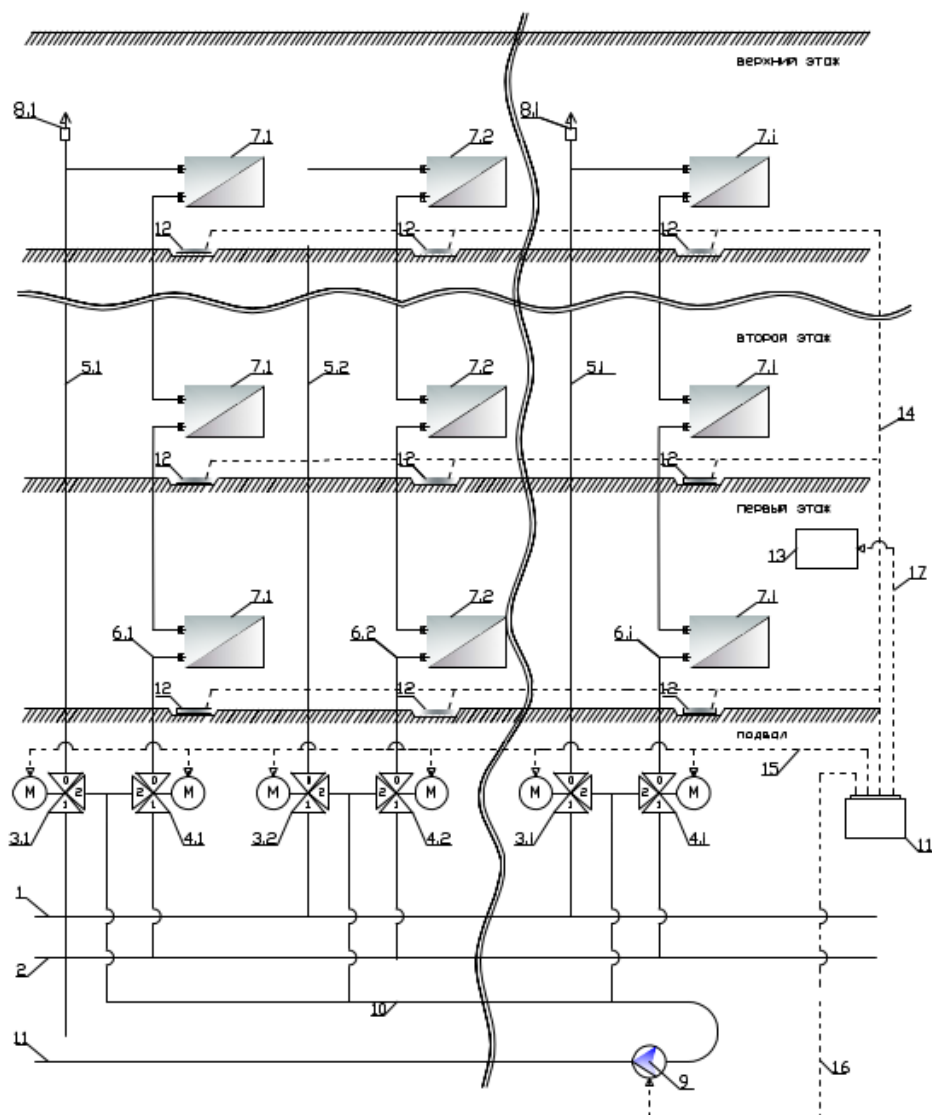


Рис. 2 Схема водяной системы отопления имеющей от 1 до i пар подающих и обратных стояков
 1 – подающий трубопровод; 2 – обратный трубопровод; 3,4 – электроклапаны; 5 – подающий стояк, 6 – обратный стояк, 7 – отопительные приборы; 8 – автоматический воздухоотводчик; 9 – электронасос; 10 – труба слива воды; 11 – электронного блока управления; 12 – датчики разгерметизации; 13 – оповещатель; 14,15,16 – линии управления электроклапанами; 17 – линии управления оповещателем.

Одновременно при проведенном переключении системы водяного отопления электронный блок управления подает сигнал аварийного срабатывания обслуживающему персоналу.

Заявленная водяная система отопления в совокупности с ограничительными и отличительными признаками не известна из уровня техники общеизвестных систем, и в литературных источниках не найдена [13,14].

Совокупность признаков заявленной на данном уровне развития техники ранее не применялась, и не следует из общеизвестных способов и систем для предохранения от протечек водяных систем отопления многоэтажных зданий. [15,16].

Реализация водяной системы отопления с приведенной совокупностью признаков не представляет никаких конструктивно-технических и технологических трудностей, может быть осуществлена применением известных и широко выпускаемых промышленностью устройств.

Таким образом, применение заявленной водяной системы отопления позволяет:

- заменить четыре блокировочных электроventилей двумя трехходовыми электроventилями, на каждой из пар стояков, что делает систему экономически целесообразной;
- применение в качестве привода трехходовых электроventилей электродвигатели повысит надежность системы при отключении электричества,
- за счет применения трехходовых электроventилей на каждой от 1 до i пар подающих и обратных стояков, сократить количество сливаемого теплоносителя, что позволяет минимизировать наносимый материальный ущерб;
- повысить надежность системы отопления, за счет сохранения работоспособности системы в целом при возникновении аварии, а именно отключением одного или нескольких участков.

Список литературы

1. Булат Р.Е., Саркисов С.В., Вакуненко В.А. Повышение эффективности функционирования жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации // Военный инженер. - 2018. № 4 (10). С. 32-39.
2. Саркисов С.В., Путилин П.А., Сорокин А.А. Комплексное решение по повышению энергоэффективности в системах жизнеобеспечения // Проблемы управления рисками в техносфере. - 2019. №2 (50). С. 26-32.
3. Коновалов В.Б., Саркисов С.В., Курбанов А.Х., Вакуненко В.А. Задачи и особенности развития системы материально-технического обеспечения военной организации государства в направлении совершенствования систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры МО РФ // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № 7 (8). С. 95-109.
4. Коновалов В.Б., Ивановский В.С., Саркисов С.В. Симпозиум и другие направления сотрудничества Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения с Российской академией ракетных и артиллерийских наук // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – СПб, НПО «Спецматериалы», 2019. – №3(108). – С. 146-152.
5. Книга «Эффективные системы отопления зданий», Стройиздат, 1988, стр. 94, рис. III. (4 в).
6. Патент на изобретение РФ: RU 2285206 C1 от 10.10.2006, F24D12/00, F24D3/02, «Система отопления многоэтажного здания».
7. Патент на изобретение РФ: RU 2313731 C1 от 27.12.2007, МПК F24D10/00, «Водяная система отопления».
8. Патент на изобретение РФ: RU 2372560 C1 от 10.11.2009, F24D10/00, «Водяная система отопления».
9. Патент на изобретение RU 32239 U1 от 10.09.2003, F24D3/02, «Система отопления здания с защитой от разрушения при прекращении циркуляции теплоносителя».
10. Патент на изобретение RU 33427 U1 от 20.10.2003, F24D3/02, «Система отопления многоэтажного здания».
11. Патент на изобретение RU 48031 U1 от 10.09.2005, F24D3/02, F24D19/10, «Этажный узел отопления с возможностью аварийного сброса давления и отключения».
12. Патент на изобретение RU 56563 U1 от 10.09.2006, F24D3/02, «Система отопления многоэтажного здания».
13. Макачук Г.В., Саркисов С.В., Мележик А.О. К вопросу о выборе современных теплоизоляционных материалов. // Актуальные проблемы военно-научных исследований:

сборник научных трудов / под ред. В.Б. Коновалова -СПб.: ПОЛИТЕХ -ПРЕСС, 2019. -С. 336-343.

14. Ивановский В.С., Саркисов С.В., Игнатчик С.Ю., Блинов А.В., Корпусов А.Н. Энергоэффективность систем жилищно-коммунального хозяйства: монография. - СПб: Изд-во Политехнического университета. 2020. 215 с.

15. Саркисов С.В., Путилин П.А., Бабенков А.В., Вакуненко В.А. Применение цифровых технологий в системе эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами воинских частей и организаций Министерства обороны Российской Федерации // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S8 (9). С. 20-26.

16. Аверьянов В.К., Саркисов С.В., Корпусов А.Н., Валуйский В.А. Проблемы теплоснабжения с позиции энергетической безопасности. // Научно-технический журнал «Вопросы оборонной техники» Серия 16: Технические средства противодействия терроризму 9-10 (147-148) – СПб – 2020 г. – С. 8-15.

Оптимальные режимы работы канализационных очистных сооружений Минобороны России при биологическом удалении соединений азота**Optimal operating modes of sewage treatment plants of the Ministry of Defense of the Russian Federation for the biological removal of nitrogen compounds**

Аннотация. Сброс недостаточно очищенных сточных вод по биогенной группе загрязнений является основной причиной загрязнения водных объектов в местах обитания человека. Современная нормативная литература не содержит методов расчёта сооружений очистки сточных вод по биогенным загрязнениям, расчет ведется по таким загрязнителям как БПК и взвешенные вещества, что не соответствует требованиям законодательства. В статье проведена оценка эффективности процессов нитри-денитрификации на канализационных очистных сооружениях с использованием математических моделей.

Abstract. The discharge of insufficiently treated wastewater by the biogenic group of pollutants is the main cause of pollution of water bodies in human habitats. Modern regulatory literature does not contain methods for calculating wastewater treatment facilities for biogenic pollutants, the calculation is carried out for such pollutants as BOD and suspended solids, which does not meet the requirements of legislation. The article evaluates the effectiveness of nitrification-denitrification processes at sewage treatment plants using mathematical models.

Ключевые слова: системы водоотведения, канализационные очистные сооружения, биологическая очистка сточных вод, нитрификация, денитрификация, математическое моделирование

Keywords: drainage systems, sewage treatment plants, biological wastewater treatment, nitrification, denitrification, mathematical modeling

Требования современного законодательства в области охраны окружающей среды [1-4] заключаются в обеспечении состава очищенных сточных вод по ряду параметров, в том числе и по биогенным веществам, к которым относятся соединения азота. Основным способом удаления азотной группы загрязнений является биологическая очистка сточных вод, реализуемая на сооружениях биологической очистки.

Основным способом биологической очистки сточных вод (от соединений азотной группы) является нитри-денитрификация (рис.1). При выборе такой схемы удаления соединений азота фосфаты удаляются химическим способом. Такая схема применяется на канализационных очистных сооружениях (КОС) Минобороны России. Эффективность работы КОС взаимосвязана со всеми этапами их строительства, наладки и эксплуатации. Так, например ошибочные решения принятые на этапе проектирования не позволят эффективно эксплуатировать оборудование, а даже на правильно спроектированных сооружениях невозможно достичь требуемого эффекта без понимания происходящих процессов и правильно организованной эксплуатацией.

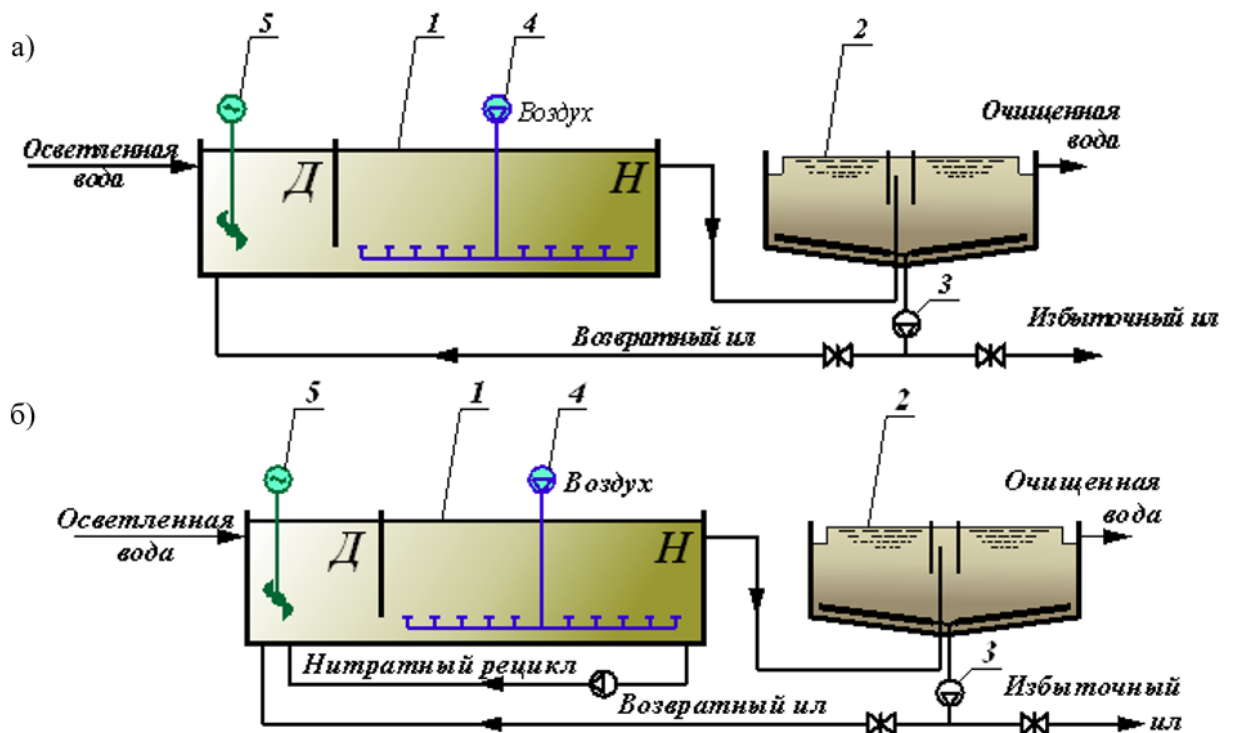
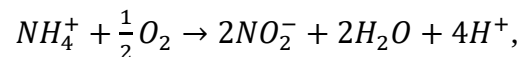


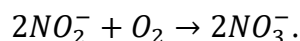
Рис.1. Технологические схемы. а) нитри-денитрификации; б) то же, с нитратным рециклом
Д–денитрификатор; Н – нитрификатор. 1 – аэротенк; 2 – вторичный отстойник; 3 – насосная станция активного ила; 4 – система подачи и распределения воздуха; 5 – мешалка

Очистка сточных вод в блоках биологической очистки с нитри-денитрификацией осуществляется в несколько этапов.

Содержащийся в сточных водах аммоний на первой стадии реакции нитрификации, протекающей в нитрификаторе, окисляется до нитрита



на второй стадии до нитрата



Реакция денитрификации также протекает в денитрификаторе в несколько стадий, которые условно можно представить в виде цепочки реакций от нитрата до молекулярного азота



Далее очищаемые сточные вода попадают на вторичный отстойник для разделения очищенной воды и ила.

Для обеспечения протекания приведенных реакций необходимо поддержание ряда условий. Например, наличие субстрата, бактериальный состав, возраст и нагрузка на ил, температура сточных вод и т.п.

В биологических ректорах протекают следующие процессы биологический рост, гидролиз, распад биомассы. Каждый процесс имеет скорость, зависящую от значительного количества факторов таких как температура сточных вод, доза активного ила, концентрация загрязнений, концентрация кислорода и т.п.

Основные подходы к моделированию работы для различных моделей активного ила аэротенке приведены в [7...9].

Концентрации веществ определяются с использованием уравнений баланса для аноксидной зоны по схеме рис.1б.

$$C_1^{\text{ано}} = \frac{Q_{\text{вх}}C_{\text{вх}} + Q_{\text{ви}}C_{\text{ви}} + Q_{\text{нр}}C_{\text{нр}}}{Q_{\text{вх}} + Q_{\text{ви}} + Q_{\text{нр}}},$$

где $Q_{\text{вх}}, Q_{\text{ви}}, Q_{\text{нр}}$ – расходы, соответственно поступающей сточной воды, возвратного ила, нитратного рецикла;

$C_{\text{вх}}, C_{\text{ви}}, C_{\text{нр}}$ – концентрации веществ, соответственно поступающей сточной воды, возвратного ила, нитратного рецикла.

Расходы сточной воды в аэротенке:

$$Q^{\text{ано}} = Q_{\text{вх}} + Q_{\text{ви}} + Q_{\text{нр}}.$$

Для описания процессов в аэротенке использована модель Моно, описывающая рост биомассы ила на ограниченном количестве субстрата. Принципиальным элементом которой является зависимость удельной скорости роста ила от концентрации лимитирующего субстрата, где константа полунасыщения равна концентрации субстрата, при которой скорость роста ила равна половине максимальной.

Для примера приведена система дифференциальных уравнений, описывающая процессы в аэробной зоне аэротенка.

$$\begin{aligned} \frac{dL_{Sf}}{dt} &= L_{Sf} + r_{Sf}(S_{O_2}, S_{NO}, X_S, X_b, L_{Sa}, L_{Sf}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, \bar{t}) \\ \frac{dL_{Sa}}{dt} &= L_{Sa} + r_a(S_{O_2}, S_{NO}, X_S, X_b, L_{Sa}, L_{Sf}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, L_{ALK}, X_{pha}, \bar{t}) \\ L_{Si} &= L_{Si} \\ \frac{dX_b}{dt} &= X_b - r_{Xb}(S_{O_2}, S_{NO}, S_{NH_4}, X_S, X_b, L_{Sa}, L_{Sf}, S_{P-PO_4}, \bar{t}) \\ \frac{dX_S}{dt} &= X_S + r_{X_S}(X_b, X_{abt}, L_{ALK}, X_{pao}, \bar{t}) \\ \frac{dX_i}{dt} &= X_i + r_{X_i}(X_b, X_{abt}, L_{ALK}, X_{pao}, \bar{t}) \\ \frac{dX_{abt}}{dt} &= X_{abt} + r_{X_{abt}}(X_{abt}, \bar{t}) \\ \frac{dS_{NH_4}}{dt} &= S_{NH_4} + r_{S_{NH_4}}(S_{O_2}, S_{NO}, X_S, X_b, X_{abt}, L_{Sa}, L_{Sf}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, L_{ALK}, X_{pha}, X_{pao}, \bar{t}) \\ \frac{dS_{NO}}{dt} &= S_{NO} + r_{S_{NO}}(S_{O_2}, S_{NO}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, L_{Sa}, L_{Sf}, \bar{t}) \\ \frac{dpH}{dt} &= pH + r_{pH}(S_{O_2}, S_{NO}, X_S, X_b, X_{abt}, L_{Sa}, L_{Sf}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, \bar{t}) \\ \frac{dS_{P-PO_4}}{dt} &= S_{P-PO_4} + r_{P-PO_4}(S_{O_2}, S_{NO}, S_{P-PO_4}, X_b, X_{abt}, L_{Sa}, L_{Sf}, S_{NH_4}, L_{ALK}, X_{pha}, X_{pao}, X_{pp}, \bar{t}) \\ \frac{dL_{ALK}}{dt} &= L_{ALK} + r_{ALK}(S_{O_2}, S_{NO}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, X_S, X_b, X_{abt}, L_{Sa}, L_{Sf}, L_{ALK}, X_{pha}, X_{pao}, X_{pp}, \bar{t}) \\ \frac{dX_{pao}}{dt} &= X_{pao} + r_{pao}(S_{O_2}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, L_{ALK}, X_{pha}, X_{pao}, X_{pp}, \bar{t}) \\ \frac{dX_{pp}}{dt} &= X_{pp} + r_{pp}(S_{O_2}, S_{P-PO_4}, L_{ALK}, X_{pha}, X_{pao}, X_{pp}, \bar{t}) \\ \frac{dX_{pha}}{dt} &= X_{pha} + r_{pha}(S_{O_2}, S_{NH_4}, S_{P-PO_4}, L_{ALK}, X_{pha}, X_{pao}, X_{pp}, \bar{t}) \end{aligned}$$

В соответствии со схемой (рис 1.б) и приведённой математической моделью разработана компьютерная технологическая модель приведенная на рис.2. На схеме Q – расход сточных вод, поступающих на очистку, м³/ч; $X_{\text{ВВ}}$ – концентрация загрязнений в исходной воде по взвешенным веществам (ВВ), мг/л; БПК – концентрация загрязнений в исходной воде по БПК, мг/л; t – температура сточных вод, °С; $N_{\text{ВО}}$ – количество вторичных отстойников (ВО); $D_{\text{ВО}}$ – диаметр ВО, м; $H_{\text{ВО}}$ – глубина проточной части в ДО, м; $W_{\text{АНО}}, W_{\text{ОКС}}$ – объем денитрификатора и нитрификатора соответственно, м³; $C_{\text{О}}$ – концентрация растворенного кислорода в аэротенке,

мг/л; X_S , X_B , X_I , X_{ABT} , X_{FAO} , $X_{ПФ}$, $X_{ПНО}$ – состав активного ила, мг/л; S_A , S_F , S_I – состав растворенной части ХПК.

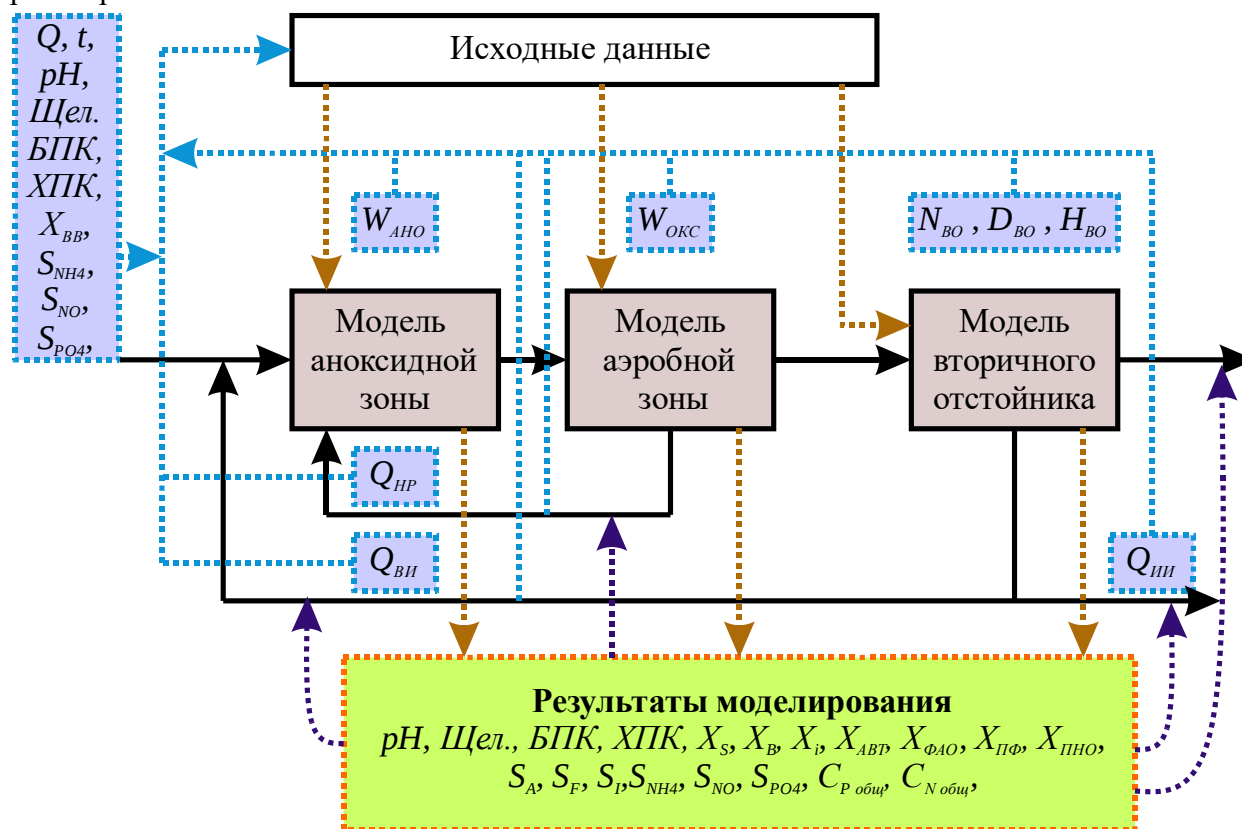


Рис.2. Компьютерная технологическая модель

Моделирование осуществлялось для блока биологической очистки с расчетным расходом $750 \text{ м}^3/\text{ч}$, состоящего из аэротенка и вторичного отстойника (рисунок 1.6). При этом аэротенк состоит из нитрификатора и денитрификатора, объемом 4560 и 2490 м^3 соответственно, вторичный отстойник из четырех радиальных отстойников диаметров 18 м и глубиной $3,7 \text{ м}$.

Расходы в блоке биологической очистки сточных вод: возвратного ила $Q_{ВИ} = 760 \text{ м}^3/\text{ч}$, нитратного рецикла $Q_{НР} = 1100 \text{ м}^3/\text{ч}$; $Q_{ИИ} = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Характеристики состава сточных вод: $t_{CB} = 18^\circ\text{C}$; $pH=7,5$; $Щел=5 \text{ мг-экв/л}$; $S_{NH_4} = 20 \text{ мг/л}$; $S_{NO_3} = 0,12 \text{ мг/л}$; $S_{PO_4} = 2,6 \text{ мг/л}$; $БПК_{полн}=75 \text{ мг/л}$; $X_{BB}=20 \text{ мг/л}$.

Для поиска оптимальных режимов эксплуатации процесс моделировался на разных притоках сточных вод и соотношений фракций легко разлагаемого субстрата (продуктов ферментации S_A и легко разлагаемых органических веществ S_F). Значения расходов в блоке биологической очистки и состав поступающих сточных вод при поиске оптимальных режимов не изменялись.

Результаты моделирования очистки сточных вод приведены для соотношений $S_A=35\%$ и $S_F=65\%$ в табл.1.

Таблица 1. Результаты моделирования очистки сточных вод
(при соотношении $S_A=35\%$ и $S_F=65\%$)

№ п/п	Расход, м.куб/час	Доза ила, г/л	Концентрации на выходе из ВО, мг/л				Возраст ила, сут	Нагрузка на ил, (г ХПК)/(г ила)
			NH4	NO3	взв. вещества	PO4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	500	1,66	0,5113	5,1112	5,68	3,52	16,60	0,26
2	600	1,89	0,5102	5,7135	6,87	3,48	15,09	0,28
3	700	2,08	0,5375	6,2839	7,95	3,42	13,82	0,30
4	800	2,26	0,5586	6,8233	8,96	3,38	12,75	0,31
5	900	2,42	0,6025	7,3165	9,94	3,33	11,82	0,33
6	1000	2,58	0,7050	7,7486	10,85	3,29	11,02	0,34
7	1300	2,95	1,1918	8,7367	14,02	3,17	9,05	0,39

Результаты моделирования процессов очистки сточных вод в блоке биологической очистки в зависимости от притока приведены на рисунках 3 и 4.

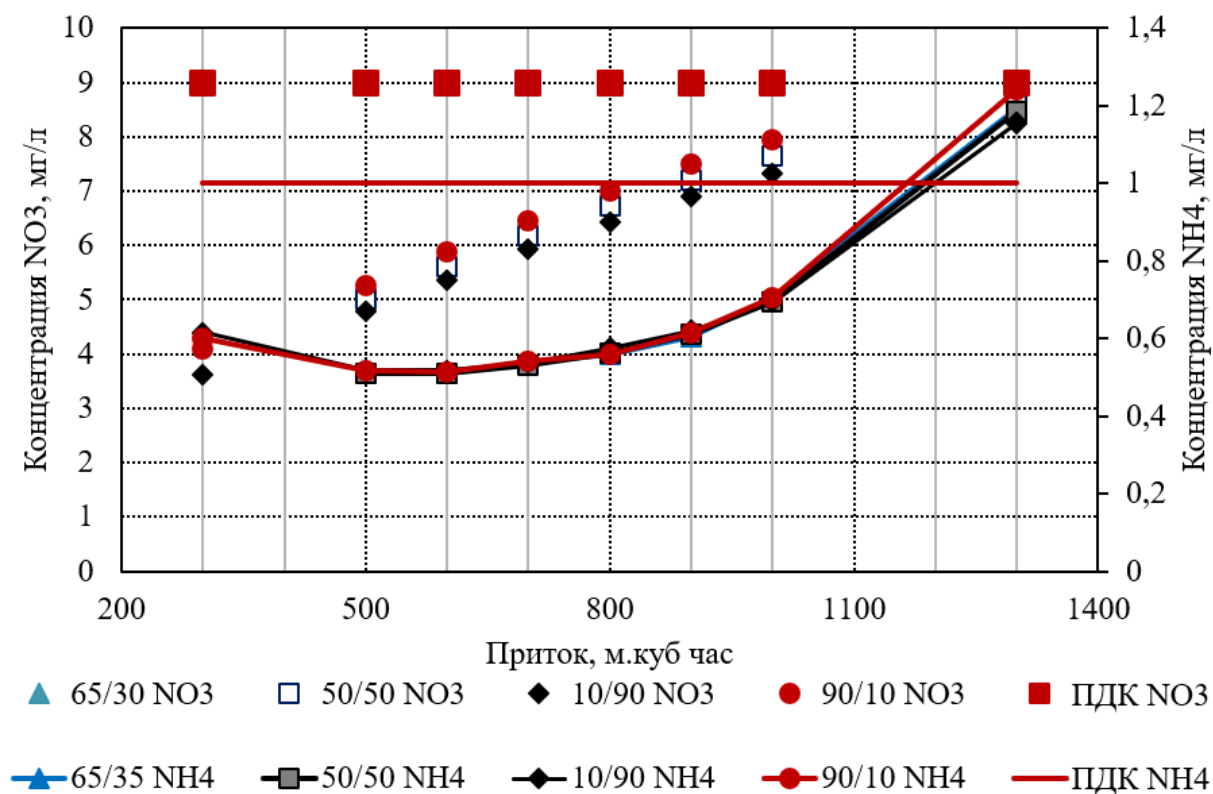


Рис.3. Результаты моделирования биологической очистки сточных вод по азотной группе загрязнений

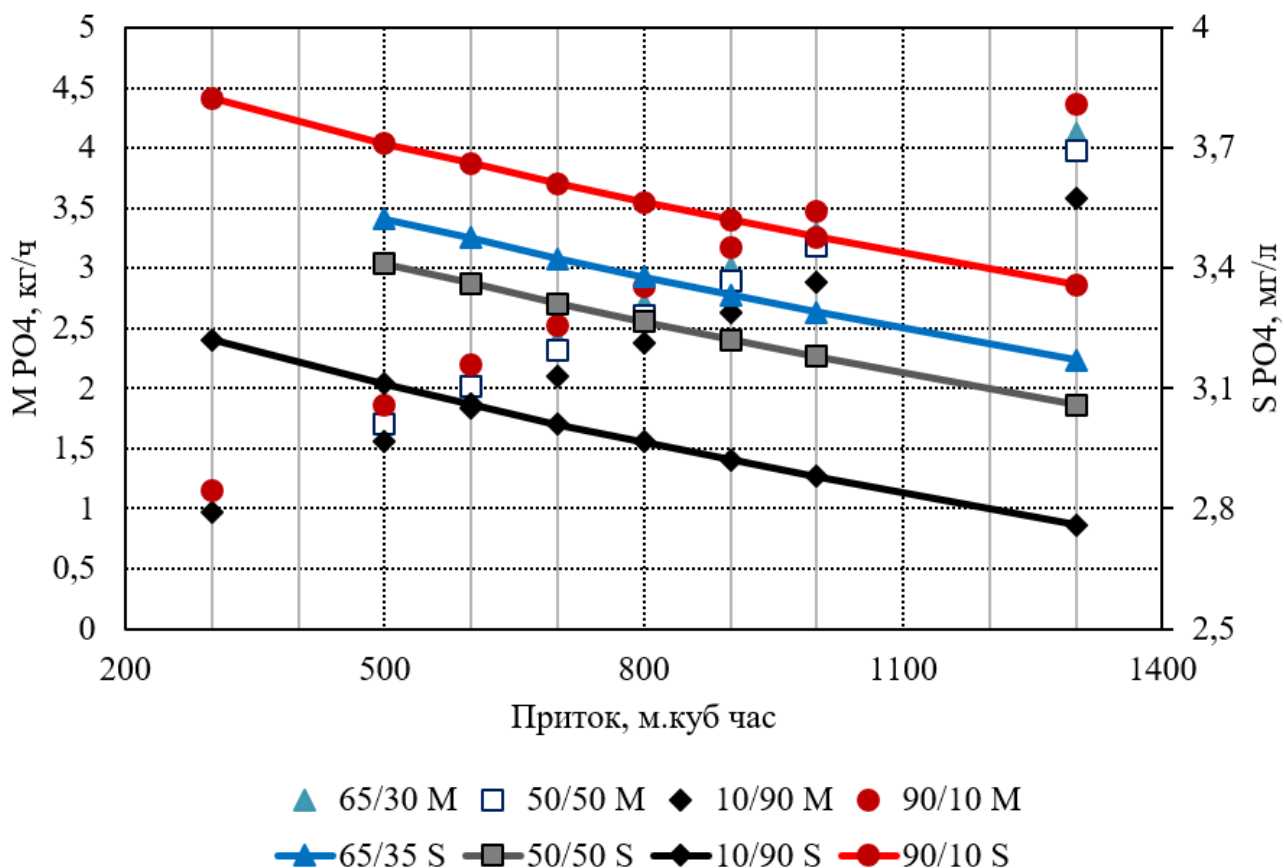


Рис.4. Результаты моделирования биологической очистки сточных вод по фосфатам

Из результатов моделирования следует, что концентрации загрязнений по азотной группе растут с увеличением притока сточных вод, что обусловлено снижением времени обработки сточных вод. В то же время, при значительном снижении притока (более чем в два раза), наблюдается снижение эффективности нитрификации.

Также увеличение расхода приводит снижению концентрации фосфатов в очищенной воде, но за счет увеличения массового расхода на притоке увеличивается массовый расход фосфатов, что приводит к увеличению затрат на их удаление химическим способом.

Выводы:

1. Разработана математическая модель нитри-денитрификации, отличающаяся возможностью определения оптимальных режимов эксплуатации блока биологической очистки сточных вод с учетом изменения притока и состава сточных вод.
2. Разработана компьютерная модель блока биологической очистки сточных вод, позволяющая выбирать оптимальные режимы эксплуатации в зависимости от состава и расхода поступающих сточных вод.
3. Разработана методика выбора оптимальных режимов работы сооружений нитри-денитрификации, отличающаяся тем, для в ней определения параметров процессов обработки сточных используется фракционный состав взвешенного и концентрации активного ила.

Список литературы

1. Федеральный Закон РФ от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».

2. Федеральный закон РФ от 10.01.2002 N 7-ФЗ (в ред. от 01.01.2018) "Об охране окружающей среды".
3. Федеральный Закон РФ от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Водный кодекс Российской Федерации».
4. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации (утв. Приказом Госстроя РФ от 30.12.1999 N 168).
5. Пат. 2440306 Российская Федерация, МПК C02F 3/30 (2006.01) C02F 101/16 (2006.01) C02F 103/04 (2006.01). Способ обеспечения надежности очистки сточных вод от соединений азота и фосфора / Ильин Ю.А., Игнатчик В.С., и др.; заявитель и патентообладатель Государственное Унитарное Предприятие "Водоканал Санкт-Петербурга" (RU). – № 2010124223; заявл. 10.06.12; опубл. 20.01.12, Бюл. № 2.
6. Анисимов Ю.П., Саркисов С.В. Основные положения программы модернизации водопроводно-канализационного хозяйства Министерства обороны Российской Федерации. Сборник докладов круглого стола международного военно-технического форума «Армия 2018». Современное состояние эксплуатационного содержания казарменно-жилищного фонда Министерства обороны России и инновационные пути перспектив его развития. Изд-во: ФГАОУВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2018. с: 55-63.
7. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О. В. Харькина. Волгоград: Панорама, 2015. – 433 с.
8. Данилович, Д.А. Расчет и технологическое проектирование сооружений биологической очистки городских сточных вод в аэротенках с удалением азота и фосфора / Д. А. Данилович, А. Н. Эпов. — Москва, 2020 — 225.
9. Henze M., Grady C. P. L., Gujer W. [et al.] Activated Sludge Model No. 1. Scientific and Technical Report No. 1. London: IAWPRC, 1987.

Система показателей для формирования требований к специализированным наземным робототехническим комплексам**The set of indicators for the formation of requirements to specialized ground-based robotic systems**

Аннотация: Введение. Перспективы развития ряда отраслей народного хозяйства в ближайшем десятилетии будут непосредственно связаны с масштабной роботизацией основных процессов. Практические потребности позволяют сделать вывод о том, что и в дальнейшем в подавляющем большинстве останутся наземные робототехнические комплексы, преимущественно узкоспециализированные и существенно разнородные, как по своему техническому облику, так и по функциональным возможностям.

Цель исследования. Растущую актуальность приобретает создание достаточно общих подходов к проектированию наземных робототехнических комплексов, прежде всего, с целью существенного расширения возможностей их унификации за счет модульного построения и комплексирования средств управления.

Методология и методы. В статье обоснован и представлен методический подход, основанный на применении предлагаемой авторами системы расчетных и обобщенных показателей робототехнических комплексов.

Результаты и научная новизна. Подход позволяет последовательно, на основе априорно заданных общих требований к назначению наземного робототехнического комплекса, определить тактико-технические требования к его функциональным блокам. Следовательно становится возможным выявление взаимосвязей конструктивных особенностей и технических параметров комплектующих базовых шасси, являющихся основой модулей движения наземных робототехнических комплексов, с параметрами основных функциональных блоков комплекса. Выбранные варианты комплектующих изделий позволяют, в частности, сформировать технический облик базовых шасси перспективных наземных робототехнических комплексов.

Практическая значимость. Предлагаемый методический подход имеет достаточно большие перспективы применения, как в рамках эскизного и технического проектирования, так и при планировании и реализации мероприятий по унификации наземных робототехнических комплексов, имеющих существенно различное целевое назначение и построенных по модульному принципу.

Abstract: Introduction. The article presents large-scale robotization as the main process in the development of national economy for the next decade. Based on practice the authors present the ground-based robotic systems as the main trend in the near future, mainly highly specialized and significantly heterogeneous, both in terms of their technical image and functional capabilities.

The purpose of the study. The creation of general approach to the design of ground-based robotic systems is becoming increasingly important, primarily with the aim of significantly expanding the possibilities of their unification through modular construction and integration of control facilities.

Methodology and methods. The article presents a methodological approach based on the application of the index private and generalized system for robotic complexes proposed by the authors.

Results and scientific novelty. The approach allows to determine the tactical and technical requirements for robotic system's functional blocks basing on a priori specified general requirements. It provides the possibility to identify the relationship between the design features and technical parameters

of the components of the base chassis, which are the basis of the motion modules of ground robotic complexes, with the parameters of the main functional blocks. The selected options for assembly parts make it possible, in particular, to form the technical appearance of the base chassis of prospective ground-based robotic systems.

Practical significance. The proposed methodological approach has quite large prospects of application, both in the preliminary and technical design, and in the planning and implementation of measures to unify ground-based robotic complexes, which have significantly different purpose and are built on the modular principle.

Ключевые слова: базовое шасси, комплектующие изделия, модуль движения, модуль целевой нагрузки, наземный робототехнический комплекс, система показателей, технический облик.

Keywords: base chassis, assembly parts, motion module, payload module, ground-based robotic system, scorecard, technical image.

Стремительное развитие технологий в начале XXI века, прежде всего – технологий оперативной обработки и передачи огромных объемов информации, – определило новые возможности разработки и применения робототехнических комплексов (РТК). Высокий уровень автономности, способность действовать в агрессивной среде, адаптивность и многорежимность функционирования, удобство освоения, низкие затраты на эксплуатацию и ремонт (восстановление) определяют широкие перспективы использования специализированных РТК в самых различных отраслях народного хозяйства. На сегодняшний день исследованиями и разработками в области создания и применения РТК занимаются порядка 900 научно-исследовательских организаций и предприятий промышленности из 50 технологически развитых стран, прежде всего – России, США, Великобритании, Германии, Франции, Израиле, Китае, Японии и Южной Кореи. При этом в ближайшей перспективе доля наземных РТК (НРТК) будет по-прежнему составлять около 70% всех комплексов [1].

В течение долгого времени практиковалось создание НРТК на основе базовых шасси серийно выпускаемых образцов автомобильной техники. Однако в настоящее время подобный подход стремительно утрачивает актуальность в связи с высокой трудоемкостью работ по демонтажу систем обеспечения жизнедеятельности экипажа, техническими и юридическими проблемами отработки и внесения изменений в рабочую конструкторскую документацию [1]. Преобладающим становится проектирование НРТК «с нуля». Вместе с тем, создание и применение НРТК неразрывно связано с необходимостью решения ряда наукоемких и технологически сложных задач. Возникающие трудности во многом обусловлены спецификой самого НРТК как сложного технического объекта, представляющего собой совокупность взаимосвязанных модулей.

В общем виде НРТК включает в качестве основы робототехническое средство (РТС), составными частями которого, независимо от типа, назначения, особенностей исполнения являются всегда модуль движения (МД) и модуль целевой нагрузки (МЦН). Предполагаем, что для управления РТС необходимо одновременно решать две существенно различные, но взаимосвязанные задачи: управление движением (модуль управления движением, МУД) и управление целевой нагрузкой (модуль управления целевой нагрузкой, МУЦН). РТС и средства управления, включающие МУД и МУЦН, составляют НРТК. При этом, в зависимости от реализованных алгоритмов управления, РТК может включать одно или несколько РТС (рис. 1) [2,3].

Традиционно объектом многочисленных исследований являлись МД и соответственно МУД НРТК. По всей видимости, это связано с ограниченными техническими возможностями

реализации МЦН вплоть до конца XX века. В настоящее время ситуация начинает кардинально меняться, и реализация функций МЦН НРТК нередко выходит на первое место. При этом значительные трудности в ближайшей и среднесрочной перспективе ожидаются в области создания достаточно универсальных алгоритмов управления группами разнородных (как по МД, так и по МЦН) НРТК, применение которых предусматривается одновременно в ходе решения достаточно масштабных целевых задач [4-8].

Многообразие и существенная разноплановость решаемых НРТК задач очевидным образом приводят к большому разнообразию самих комплексов. Вследствие этого в технологическом плане растущую актуальность приобретает проблема унификации базовых модулей, и прежде всего – модулей движения НРТК [9]. Решение подобной задачи с необходимой полнотой ранее не исследовалось. В известных работах рассматриваются, как правило, общие принципы формирования технического облика НРТК, или тактико-технические требования к узкоспециализированным комплексам (см., например, [10-13]).



Рис. 1. Робототехнический комплекс с несколькими робототехническими средствами

Логично предположить, что для формирования технического облика НРТК, и прежде всего – облика МД (базового шасси), результативным будет являться постановка и решение задачи синтеза, то есть агрегирование базового шасси (БШ) для НРТК, на основе предварительно выбранного состава его комплектующих изделий. При этом, в соответствии с целевым назначением НРТК, возможно последовательное формирование общих требований к (функциональному) назначению образца. Затем эти требования будут декомпозироваться и соотноситься с вариантами выбора комплектующих БШ, обеспечивающих частные требования. Таким образом, от формирования требований к комплектующим БШ НРТК можно перейти к техническому облику БШ комплекса в целом.

Рассмотрим схематично суть предлагаемого подхода. Концептуально реализация идеи основана на том, что БШ при создании НРТК используются не как платформа (как в случае экипажной техники, для размещения кабины, кузова и т. п.), а как самостоятельный элемент

новой конструкции. Следовательно, БШ в составе НРТК является не самостоятельным конструктивным элементом, а элементом целостной системы. В связи с этим конструктивные элементы (комплектующие) БШ НРТК оказывают влияние на другие элементы комплекса и должны рассматриваться во взаимосвязи с ними.

Следовательно, система показателей НРТК в целом должна состоять из четырех взаимосвязанных блоков (рис. 2). Первый блок определяет общие свойства комплекса как образца автомобильной техники (собственно свойства МД – БШ). Эти свойства будут общими как для «обычных» (экипажных) автомобилей, так и для НРТК, и приоритетными для выбора известных системотехнических решений, пригодных к применению для НРТК. Второй блок объединяет свойства управления НРТК. В отечественной и зарубежной литературе хорошо освещены различные подходы к практической реализации МУД для НРТК различного целевого назначения, а также некоторые технические решения, претендующие на уникальность и универсальность. Все эти теоретические результаты и практические решения должны быть учтены при формировании системы показателей НРТК. Третий блок составляют свойства, характеризующие транспортировку, хранение, техническое обслуживание и ремонт НРТК. Разнообразные практические ситуации, которые вообще возможны в области организации эксплуатации НРТК, подробно рассмотрены во множестве известных работ. Четвертый блок предусматривает возможности развития НРТК, прежде всего, в области их совместного (в том числе, так называемого «роевого») применения.

Следовательно, система показателей НРТК S является кортежем

$$S = \langle H, U, E, O \rangle, \quad (1)$$

где: H – множество показателей МД (БШ);

U – характеристики средств управления НРТК;

E – показатели системы эксплуатации НРТК;

O – множество характеристик, определяющих возможности применения НРТК в составе группы.



Рис. 2. Общая структура системы показателей НРТК

Многообразие и разноплановость задач, решаемых НРТК, исключает любые возможности формирования достаточно универсальных (единых для любых ситуаций) системотехнических решений, определяющих облик комплексов. Вследствие этого система показателей (1) на практике неизбежно существенно усложняется. Тем не менее, привязка к конкретному целевому назначению НРТК позволяет сформировать полные количественные (граничные, минимально/максимально необходимые, далее – директивные) требования к частным показателям (свойствам) комплексов. Совокупность таких директивных значений показателей, по существу, будет представлять собой тактико-технические требования к образцу и позволит сформировать рациональные системотехнические решения как в отношении БШ НРТК, так и всего комплекса в целом.

Попытки формирования системы показателей НРТК в последние годы предпринимались многократно. Однако полученные результаты по-прежнему далеки от практического применения. В большинстве случаев причинами сложившейся ситуации являются следующие:

– чрезмерное тяготение к требованиям действующих концепций, программ, стандартов, регламентирующих общие подходы к разработке и применению НРТК, но являющихся фрагментарными, не согласованными между собой и не составляющими целостную систему требований;

– формирование системы показателей для узкоспециализированных НРТК, выполняющих конкретные задачи;

– подмена показателей свойств самого НРТК показателями среды его функционирования.

Проблема формирования системы показателей НРТК связана с необходимостью комплексного учета и согласования свойств как самого комплекса, так и системы (технических средств, персонала, документации) его подготовки к применению и непосредственно технической эксплуатации (см. блоки 3, 4 рис. 2). Подробное рассмотрение этой проблемы выходит за рамки настоящей статьи. С другой стороны, полное игнорирование проблемы не позволяет окончательно сформировать достаточно универсальный подход к определению технического облика НРТК на основе агрегирования частных требований к комплектующим изделиям. В связи с этим без потери общности предлагаемого подхода целесообразно при формировании системы показателей свойства самого НРТК («внутренние» свойства) рассматривать максимально подробно, а свойства обеспечивающей системы (см. блоки 3,4 рис. 2) – в ограниченном объеме, в части свойств, оказывающих наибольшее влияние на эффективность применения комплекса по целевому назначению.

Система показателей НРТК (1) далее должна быть объединена с перечнем основных агрегатов (узлов, изделий) автомобильной техники (в виде матрицы), при этом потребуется определить взаимосвязь частных свойств с конкретными агрегатами (узлами, изделиями). Целевое назначение оказывает непосредственное (первостепенное) влияние на формирование директивных значений основных показателей (задание тактико-технических требований) НРТК и, следовательно, определяет перспективный технический облик образца. При этом важно также понимать специфику, уникальные особенности практического применения НРТК. Учитывать это влияние необходимо, чтобы не допустить ошибок при определении взаимосвязи частных свойств образца с конкретными агрегатами (узлами, деталями), а также взаимного влияния частных свойств.

Следует отметить, что определение взаимного влияния как свойств НРТК между собой, так и их взаимосвязи с агрегатами является сложной и трудоемкой задачей, имеющей самостоятельное значение. Предполагаемые трудности ее решения обусловлены тем, что улучшение одних свойств на практике может привести к ухудшению других. Выявление достоверных количественных закономерностей такого влияния, разработка многочисленных алгоритмов для расчета значений взаимосвязанных показателей при реализации тех или иных (конкретных) системотехнических решений до настоящего времени не проводились и относятся к перспективным исследованиям, актуальность которых на сегодняшний день стремительно возрастает.

Наконец, наличие матрицы взаимосвязи свойств НРТК с основными агрегатами (узлами, изделиями) позволит, при уточнении целевого назначения изделия, сформировать перечень директивных значений основных показателей (по сути – задать тактико-технические требования к изделию) и обосновать технический облик образца и требования к системе его эксплуатации (применения). Более того, современный уровень развития компьютерных и информационных технологий, технических (инструментальных) средств моделирования и визуализации позволяет в перспективе автоматизировать многие процессы технического проектирования НРТК, по аналогии с подобным опытом ряда ведущих зарубежных компаний – лидеров в области машиностроения.

В целом формирование системы показателей НРТК должно осуществляться последовательно, в три этапа. На первом этапе для каждого из четырех блоков показателей (рис. 2) формируются базовые (комплексные) свойства, определяющие качества образца независимо от его конкретного целевого назначения. На втором этапе эти свойства декомпозируются на частные (детализируются), при этом могут выделяться свойства, характеризующие, в том числе, возможности решения специфических целевых задач. На третьем этапе вся система показателей НРТК должна уточняться и дополняться, прежде всего, за счет согласования и выявления закономерностей взаимного влияния показателей (выражаемых ими свойств изделия) друг на друга.

Гипотетический вариант формирования перечней комплексных свойств НРТК на первом этапе приведен в табл. 1. Соответствующие этому примеру результаты формирования расширенного перечня комплексных свойств НРТК на втором этапе сведены в табл. 2.

Таблица 1. Перечень комплексных показателей НРТК (вариант)

№ п/п	Группа показателей	Комплексные показатели
1	Свойства комплекса как образца автомобильной техники (H)	1.1 Габаритные характеристики (h_1)
		1.2 Весовые характеристики (h_2)
		1.3 Характеристики двигателя (h_3)
		1.4 Характеристики БШ (h_4)
2	Показатели организации управления НРТК (U)	2.1 Характеристики датчиков (u_1)
		2.2 Характеристики регистраторов (u_2)
		2.3 Характеристики исполнительных устройств (u_3)
		2.4 Характеристики каналов связи (u_4)
		2.5 Характеристики автономности (u_5)
3	Показатели системы эксплуатации НРТК (E)	3.1 Транспортировка (e_1)
		3.2 Хранение (e_2)
		3.3 Техническое обслуживание (e_3)
		3.4 Ремонт (e_4)
4	Возможности интеграции образцов (O)	4.1 Совместимость алгоритмов управления (o_1)
		4.2 Возможность применения в составе группы (o_2)
		4.3 Сложность применения (o_3)

При этом базовые элементы кортежа (форм. 1) последовательно декомпозируются сначала на вектора:

$$H = \{h_1, \dots, h_i, \dots, h_I\},$$

$$U = \{u_1, \dots, u_k, \dots, u_K\},$$

$$E = \{e_1, \dots, e_m, \dots, e_M\},$$

$$O = \{o_1, \dots, o_p, \dots, o_P\},$$

а затем и на матрицы:

$$h_i = \{h_{i1}, \dots, h_{ij}, \dots, h_{iJ}\}, H = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1J} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & \dots & h_{iJ} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{I1} & \dots & h_{IJ} \end{bmatrix},$$

$$u_k = \{u_{k1}, \dots, u_{kl}, \dots, u_{kL}\}, U = \begin{bmatrix} u_{11} & \dots & u_{K1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{i1} & \dots & u_{iL} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{K1} & \dots & u_{KL} \end{bmatrix},$$

$$e_m = \{e_{m1}, \dots, e_{mn}, \dots, e_{mN}\}, E = \begin{bmatrix} e_{11} & \dots & e_{M1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{i1} & \dots & e_{iN} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{M1} & \dots & e_{MN} \end{bmatrix},$$

$$o_m = \{o_{p1}, \dots, o_{pq}, \dots, o_{pQ}\}, O = \begin{bmatrix} o_{11} & \dots & o_{P1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ o_{i1} & \dots & o_{iQ} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ o_{P1} & \dots & o_{PQ} \end{bmatrix},$$

$$i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J}; k = \overline{1, K}; l = \overline{1, L};$$

$$m = \overline{1, M}; n = \overline{1, N}; p = \overline{1, P}; q = \overline{1, Q}.$$

Выполняемые в рамках третьего этапа формирования системы показателей НРТК исследования по согласованию и выявлению закономерностей взаимного влияния показателей (выражаемых ими свойств изделия) отличаются высокой сложностью и трудоемкостью, выходят за рамки данной статьи.

Обоснование директивных требований к частным показателям (свойствам) НРТК осуществляется на основе предварительного исследования влияния на эти показатели (свойства) соответствующих характеристик деталей, узлов, агрегатов изделий. Следовательно, необходимо сформировать перечень основных деталей, узлов, агрегатов и сопоставить их с табл. 2.

Таблица 2. Расширенный перечень показателей НРТК (фрагмент)

№ п/п	Группа показателей	Комплексные показатели	Частные показатели
1	Общие свойства комплекса как образца автомобильной техники (H)	габаритные характеристики (h_1)	длина от переднего бампера до заднего края кузова
			высота от почвы до верхнего края козырька
			габариты по зеркалам
			...
		весовые характеристики (h_2)	снаряженная масса, в т. ч.
			нагрузка на переднюю ось;
			нагрузка на задний мост
			грузоподъемность
			полная масса прицепа
			...
		характеристики двигателя (h_3)	номинальная мощность
			при частоте вращения коленчатого вала
			максимальный крутящий момент
			...
		характеристики БШ (h_4)	колесная формула
			тип колес
			тип шин
			...
2	Показатели организации управления НРТК (U)	характеристики датчиков (u_1)	тактильные сенсоры
			оптические датчики
			звуковые датчики
			...
		характеристики регистраторов (u_2)	регистраторы видеоинформации
			регистраторы аудиоинформации
			регистраторы излучений
		характеристики исполнительных устройств (u_3)	пневматические
			гидравлические
			...
		характеристики каналов связи (u_4)	проводная связь
			беспроводная связь
		характеристики автономности (u_5)	автономный РТК
			полуавтономный РТК
...	...	...	...

Известно, что технический состав НРТК в общем случае составляют (имеются ввиду МД и МУД, рис. 1):

- базовое шасси;
- навесное или встраиваемое оборудование;

- информационно-измерительные средства;
- система управления движением;
- система связи;
- энергетические установки.

Результаты декомпозиции этих основных агрегатов приведены в табл. 3. Очевидно, что введение в рассмотрение дополнительно модуля целевой нагрузки и модуля управления целевой нагрузкой НРТК (рис. 1) существенно усложнит рассматриваемый пример, однако может быть целесообразным в ряде практических ситуаций. В частности, в случаях, когда применение НРТК по назначению определяется, преимущественно, реализацией функций модуля целевой нагрузки, а не модуля управления.

Следует отметить, что на практике, наряду с техническими средствами самого НРТК, необходимо рассматривать также и весь комплекс технических средств обеспечения и обслуживания НРТК, и далее исследовать взаимное влияние этих средств (на уровне их характеристик), а также их совместное влияние на показатели комплекса, приведенные в качестве примера в табл. 3.

Таблица 3. Перечень основных деталей, узлов, агрегатов НРТК (вариант)

№ п/п	Основные комплектующие	Модули (компоненты)
1	базовое шасси	трансмиссия
		подвеска
		колёса и ступичные узлы
		рулевое управление
		тормозная система
		кузов
2	навесное или встраиваемое оборудование (в виде набора съемных МЦН)	МЦН1
		МЦН2
		МЦН3
		МЦН4
3	информационно-измерительные средства	средства получения первичной информации о состоянии окружающей среды
		средства получения информации о своем внутреннем состоянии
		навигационная система
		датчики, сенсоры
		комплекс программных средств и др.
4	система управления движением	вычислители
		программно-алгоритмическое обеспечение
		программно-инструментальные средства и др.
5	система связи	средства связи
		каналы приема и передачи данных
		человеко-машинные интерфейсы
6	энергетические установки	двигатель внутреннего сгорания
		комбинированная энергетическая установка
		комбинированная энергетическая установка с подзарядкой от сети
		топливный элемент

Далее следует сформировать сводную таблицу (матрицу), в которой определить факт непосредственного влияния деталей, узлов, агрегатов и, соответственно, технических средств обеспечения и обслуживания на свойства (характеристики) НРТК (табл. 4).

Таблица 4. Пример формирования сводной таблицы свойств НРТК (фрагмент)

№ п/п	Основные <u>комплектующие</u> (<i>R</i>)	Модули (компоненты)	Комплексные показатели																
			Свойства комплекса (<i>H</i>)				Организация управления (<i>U</i>)					Показатели системы эксплуатации (<i>E</i>)				Возможности интеграции (<i>O</i>)			
			<i>h</i> ₁	<i>h</i> ₂	<i>h</i> ₃	<i>h</i> ₄	<i>u</i> ₁	<i>u</i> ₂	<i>u</i> ₃	<i>u</i> ₄	<i>u</i> ⁵	<i>e</i> ₁	<i>e</i> ₂	<i>e</i> ₃	<i>e</i> ₄	<i>o</i> ₁	<i>o</i> ₂	<i>o</i> ₃	
1	базовое шасси	трансмиссия	+	+	+	+							+	+	+	+			
		подвеска	+	+	+	+							+	+	+	+			
		колёса и ступичные узлы	+	+	+	+							+	+	+	+			
		рулевое управление	+	+	+	+							+	+	+	+			
		тормозная система	+	+	+	+							+	+	+	+			
		кузов	+	+	+	+							+	+	+	+			
2	навесное или встраиваемое оборудование	МЦН1											+	+	+	+	+	+	+
		МЦН2											+	+	+	+	+	+	+
		МЦН3											+	+	+	+	+	+	+
		МЦН4											+	+	+	+	+	+	+
3	информационно- измерительные средства	средства получения первичной информации о состоянии окружающей среды					+	+	+	+	+					+	+	+	

При этом для множества основных комплектующих изделий $R = \{r_1, \dots, r_d, \dots, r_D\}$, $d = \overline{1, D}$, и множества соответствующих модулей (компонентов)

$$r_d = \{r_{d1}, \dots, r_{de}, \dots, r_{dE}\}, R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{D1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{1E} & \dots & r_{DE} \end{bmatrix}, e = \overline{1, E}$$

влияние самих модулей (компонентов) на свойства НРТК будет учитываться посредством индикаторных переменных x_{de}^{1ij} , x_{de}^{2kl} , x_{de}^{3mn} , x_{de}^{4pq} , принимающих значение «1», если модули (компоненты) оказывают влияние на свойства комплекса, и значение «0» – в противном случае.

Впоследствии для отличных от нуля элементов матрицы по тем или иным методикам (алгоритмам) можно рассчитать значение показателей НРТК при выборе тех иных (конкретных) системотехнических решений, то есть – решить задачу анализа (прямую задачу). Одновременно необходимо решать задачу синтеза (обратную задачу), то определить директивные значения тех иных показателей НРТК. Очевидно, что некоторые из этих директивных значений будут общими для отдельных классов НРТК и могут устанавливаться в соответствующих нормативных документах. В то же время директивные значения других показателей могут существенно варьироваться в зависимости от конкретного целевого назначения НРТК.

Таким образом, во многих случаях формирование директивных значений показателей является трудоемкой задачей, требующей анализа и обобщения большого количества (десятков и сотен таблиц) разнородных сведений. Окончательно сформированная система директивных значений показателей НРТК вида (табл. 4) позволяет в дальнейшем результативно сравнивать между собой альтернативные системотехнические решения по формированию облика перспективных НРТК, естественно, применительно к решению ими определенного спектра подобных функциональных задач.

Выводы

Рассмотренный подход позволяет на основе агрегирования тактико-технических требований к комплектующим изделиям последовательно формировать технический облик сначала отдельных (основных) модулей НРТК, и далее – комплекса в целом. Несмотря на определенную сложность, подход имеет большие перспективы применения в рамках унификации

многочисленных НРТК, имеющих существенно различное целевое назначение и построенных по модульному принципу.

Список литературы:

1. Чиров Д.С. Перспективные направления развития робототехнических комплексов специального назначения / Д.С. Чиров, К.В. Новак // Вопросы безопасности. – 2018. – № 2. – С. 50–59.
2. Воробьев А.А. Проблемы формирования облика специализированных робототехнических комплексов / А.А. Воробьев, В.В. Сергеев // Робототехника и техническая кибернетика. – Т. 9. - № 4. – СПб: ЦНИИ РТК. - 2021. – С. 65-86.
3. Ермолов И.Л., Хрипунов С.П. Проблемы группового применения робототехнических комплексов и пути их решения / Экстремальная робототехника. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 279-285.
4. Иванов Д.Я. Модель применения коалиций интеллектуальных мобильных роботов при ограниченных коммуникациях / Д.Я. Иванов, В.Б. Шабанов // Шестнадцатая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2018 (24–27 сентября 2018 года, г. Москва, Россия). Труды конференции. В 2-х томах. Т 1. – М.: РКП, 2018. – С. 97-105.
5. Каляев А.В. Однородные управляющие структуры адаптивных роботов / А.В. Каляев и [др.] – М.: Наука, Гл.ред. физ.-мат. лит., 1990. – 152 с.
6. Каляев И.А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 280 с.
7. Анчеков М.И. Применение принципов роевого интеллекта для децентрализованного управления поведением интеллектуальных агентов / М.И. Анчеков, Д.Ю. Кравченко // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2018. – № 4 (84). – С. 5-14.
8. Иванов Д.Я. Распределенные вычисления с использованием элементов концепции туманных вычислений в коалициях роботов в условиях ограниченных коммуникаций / Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – Вып. 2. – С. 284-295.
9. Васильев А.В. Принципы построения и классификация шасси мобильных роботов наземного применения и планетоходов / Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2013. – № 1. – С. 124 – 131.
10. Рудианов Н.А. Функциональный подход к проектированию специализированных робототехнических комплексов / Н.А. Рудианов, В.С. Хрущев // Известия ЮФУ. Технические науки. – № 1 (203). – 2019. – С. 18-27.
11. Гривачев А.В. Модифицированный метод анализа иерархий для оценки наземных робототехнических комплексов / А.В. Гривачев и [др.] // Экстремальная робототехника. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 409-416.
12. Павлов Е.В. Разработка методики обоснования тактико-технических требований к робототехническому комплексу многорежимного пожаротушения / Технологии гражданской безопасности. – 2020. – Т. 17. – № 2 (64). – С. 61-67.
13. Minakov E.P., Tarasov A.G. Problems and models of measurement the characteristics of robotics system use for emergency recovery at a missile deployment area of a space-vehicle launching unit. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 3. Pp. 88-95.

*С.В. Саркисов, М. Д. Рузманов, В.В. Потапенко, Булат В.А.
S.V.Sarkisov, M.D. Ruzmanov, V.V. Potapenko, Bulat V.A.*

**Методика и результаты испытаний автоматической системы противопожарной защиты,
разработанной для подземных объектов**

**Methodology and test results of an automatic fire protection system developed for underground
facilities**

Аннотация. Защита от пожаров специальных фортификационных сооружений и объектов оборонно-промышленного комплекса продолжает оставаться крайне важной и в настоящее время. В статье рассмотрена ликвидация пожара на ранней стадии развития, с помощью, разработанной и апробированной при проведении натурных испытаний автоматической системы пожарной защиты.

Abstract. The need to protect special fortifications and objects of the military-industrial complex from fires continues to be extremely important at the present time. The article considers the elimination of fire at an early stage of development, with the help of an automatic fire protection system developed and tested during field tests.

Ключевые слова: пожарная безопасность, автоматическая установка пожаротушения, модуль пожаротушения, подземные объекты, критическое время, начальная стадия пожара, ликвидация пожара.

Keywords: fire safety, automatic fire extinguishing installation, fire extinguishing module, underground facilities, critical time, initial stage of fire, fire elimination.

В настоящее время в России продолжается развитие и эксплуатация специальных фортификационных сооружений, а параллельно с этим и расширение оборонно-промышленного комплекса (далее – ОПК). Расширение ОПК сопровождается строительством опасных производственных объектов и сооружений, которые находятся в ведении Минобороны России, государственных корпораций: «Ростех», «Роскосмос».

Статистика, представленная в Государственном докладе «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году» [15], показывает, что проблемы, связанные с пожарной безопасностью, остаются актуальными.

Пожары, возникающие на подземных объектах Министерства обороны, осложнены особенностями специфики локализации и ликвидации, а также значительно усложняют проведение эвакуации людей, специальной техники и другого оборудования, они наносят значительный экономический ущерб, в том числе связанный с временной приостановкой работы объекта или полным его уничтожением.

На рисунке 1 представлена статистика по количеству пожаров с крупным материальным ущербом которая показывает картину, сложившуюся в России за последние двенадцать лет наблюдений.

Особенно сложно тушение эндогенных пожаров, возникающих в результате процесса самовозгорания веществ и материалов. Основная часть таких пожаров возникает в замкнутом пространстве, что затрудняет их обнаружение и ликвидацию на ранней стадии развития. Кроме того, при горении в атмосферу, почву и воду может попадать большое количество опасных

соединений, в частности, метан, оксид углерода, диоксиды серы и азота и другие загрязняющие вещества, что наносит невосполнимый вред экологии. С функционированием подземных объектов, с нарушениями технологических процессов, пожарами и авариями на них связаны негативные воздействия на окружающую среду [13].

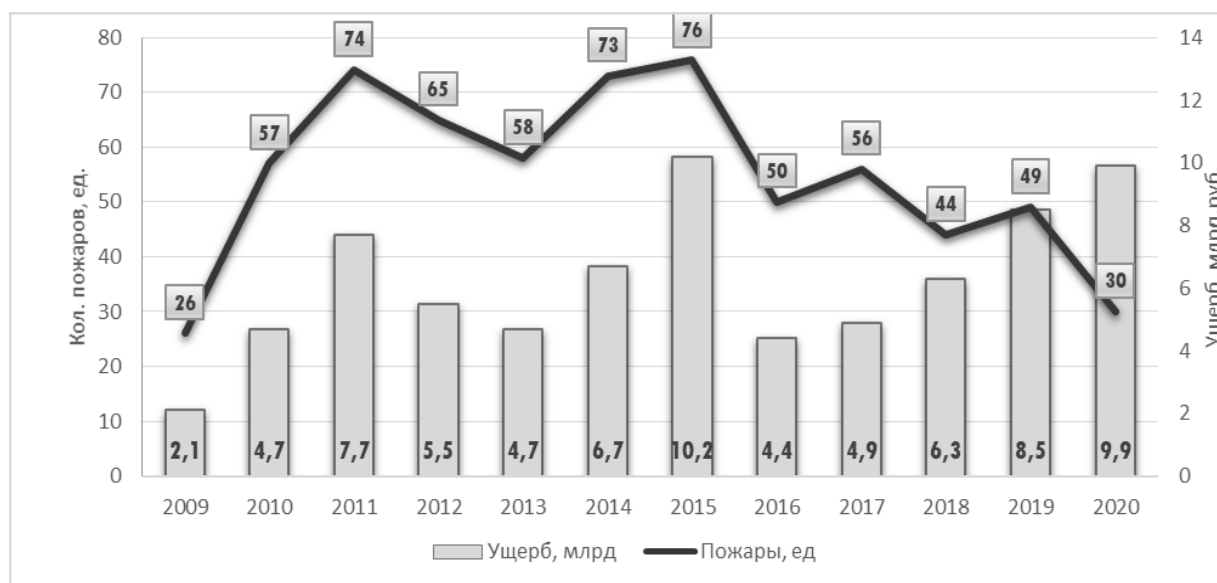


Рис. 1. Динамика количества пожаров с крупным материальным ущербом в период с 2009 по 2020 гг.

Известно, что подземные объекты МО РФ в особенности складского назначения являются потенциально взрывопожароопасными объектами, возникновение пожара на которых может привести к экологической катастрофе, большому социальному и материальному ущербу в результате гибели людей, уничтожения и повреждения материальных ценностей, сооружений, оборудования. Следовательно, крайне важным является исследование вопросов по обеспечению мер пожарной безопасности на подобного рода объектах.

Один из эффективных способов повышения уровня пожарной безопасности это создание условий, позволяющих ликвидировать пожар на первоначальном этапе без привлечения подразделений пожарной охраны [16].

Применение автоматизированной системы противопожарной защиты (далее - АСПЗ) для подземных сооружений позволит не только обеспечить эффективную противопожарную защиту, но и получить экономию средств за счет уменьшения численности персонала и рационального использования ресурсов [12].

Эффективность обнаружения, тушения пожаров подземных объектов военной инфраструктуры и горных выработок может быть обеспечена при проектировании и технической реализации, как единого комплекса – АСПЗ подземных объектов.

Результаты проведенных исследований показывают, что для успешного тушения пожара до его полного развития необходимы системы раннего обнаружения возгорания и надежной идентификации пожара, малоинерционные системы тушения, не имеющие в своем составе тепловые замки в качестве побудителей [17].

Для решения указанных задач по предотвращению возгораний в СФС разработан специальный насадок-распылитель для комплектации АСПЗ предназначенных для функционирования в стеснённых условиях подземных сооружений [18, 19]. Основным предъявляемым требованием для устройств подобного типа, является время обнаружения пожара

на ранней стадии развития. Для проверки времени обнаружения пожара, а также эффективности применения автоматической установки противопожарной защиты на подземных объектах военной инфраструктуры возникла необходимость в проведении натурных испытаний.

С целью определения критического времени пожара на начальной стадии и обоснования необходимости раннего обнаружения был произведен расчет в соответствии с ГОСТ 12.3.046-91 [4] согласно которому установка должна срабатывать до окончания начальной стадии пожара. Минимальную продолжительность начальной стадии пожара $\tau_{нсп}$ в помещении определяем в соответствии с п.4 ГОСТ 12.1.004-91* [3] следующим методом:

Рассчитываем приведенную пожарную нагрузку (g) по формуле:

$$g = \sum g_i \quad (1)$$

где: g_i - приведенная пожарная нагрузка, состоящая из i -го горючего и трудногорючего материала, $кг/м^2$.

Значение вычисляем по формуле:

$$g_i = g_{mi} Q_{ni}^p / 13,8 \quad (2)$$

где: g_{mi} - количество горючего и трудногорючего i -го материала на единицу площади, $кг \cdot м^2$;

Q_{ni}^p – теплота сгорания i -го материала, $МДж \times кг^{-1}$.

13,8 – теплота сгорания древесины (бруски с влажностью 13,7%), $МДж \times кг^{-1}$

Вычисляем продолжительность начальной стадии пожара по формулам:

а) для помещения объемом $V \leq 3 \times 10^3 м^3$

$$\tau_{нсп} = 0,94 \times 10^{-2} \tau_{нсп}^{np} [1 \div (\Psi_{cp} \times Q_{н.ср}^p \times V_L^2)]^{1/3} \quad (3)$$

б) для помещения объемом: $V > 3 \times 10^3 м^3$:

$$\tau_{нсп} = 0,89 \times 10^{-2} \tau_{нсп}^{np} [(0,73 + 0,01g) \div (\Psi_{cp} \times Q_{н.ср}^p \times V_L^2)]^{1/3} \quad (4)$$

где: $\tau_{нсп}^{np}$ - минимальная (приведенная) продолжительность начальной стадии пожара, с, в зависимости от объема помещения определяется графически по данным рис. 2;

Ψ_{cp} - средняя скорость потери массы пожарной нагрузки в начальной стадии пожара, $кг \times м^2 \times с^{-1}$ вычисляют по формуле:

$$\Psi_{cp} = \sum (g_{mi} \cdot \Psi_i) \div \sum g_{mi} \quad (5)$$

где: Ψ_i - скорость потери массы в начальной стадии пожара i -го материала пожарной нагрузки, $кг \times м^2 \times с^{-1}$;

$Q_{н.ср}^p$ – средняя теплота сгорания пожарной нагрузки, $МДж.кг^{-1}$, вычисляют по формуле:

$$Q_{н.ср}^p = \sum (g_{mi} \times Q_{ni}^p) \div \sum g_{mi} \quad (6)$$

V_L – линейная скорость распространения пламени, $м \times с^{-1}$.

Допускается в качестве величины V_L брать максимальное значение для составляющих пожарную нагрузку материалов.

V_L – линейная скорость распространения пламени, $м \times с^{-1}$.

В качестве величины V_L берем максимальное значение для составляющих пожарную нагрузку материалов.

В результате проведенных исследований приведены результаты натурных испытаний по решению данной задачи, с помощью применения специально разработанной автоматической системы в комплектации с модулем порошкового пожаротушения МПП(Н)-16-И-ГЭ-У2, разработанной специально для использования на подземных сооружениях и подземных объектах различного назначения, в том числе опасных по газу и (или) пыли.

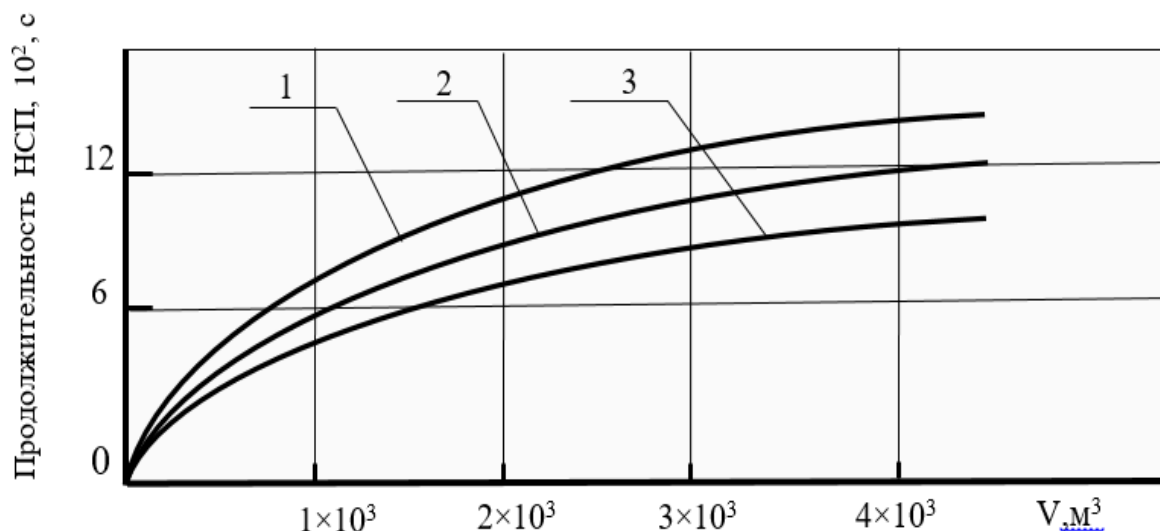


Рис. 2. Минимальная продолжительность начальной стадии пожара в помещении в зависимости от объема помещения, высоты помещения и количества приведённой пожарной нагрузки.

1 - $H=3 \text{ м}$; 2 - $H=6 \text{ м}$; 3 - $H=12 \text{ м}$

Модуль предназначен для тушения и локализации пожаров класса А, В, Е. Тушение пожаров класса Е возникающих в электрооборудовании, находящемся под напряжением осуществляется без ограничения величины напряжения, согласно требованиям, СП 485.1311500.2020 [11].

Целью испытаний являлась проверка фактических характеристик специально разработанного, для подземных объектов и сооружений, оборудования применимо к модельным очагам пожара, в условиях, имитирующих подземные сооружения оборонно-промышленного назначения (специальные фортификационные сооружения).

Программой эксперимента предусмотрено проведение огневых испытаний модулей на сертификационных модельных очагах пожара классов А и В по ГОСТ Р 53286-2009 [8] и на специально разработанных модельных очагах испытательного полигона, имитирующих условия подземных объектов и сооружений различного назначения.

В качестве огнетушащего вещества (ОТВ) для модулей использовался специальный огнетушащий порошок ИСТО-1. Схема и внешний вид модуля представлен на рис.3

Данный модуль относится к классу стационарных средств и предназначен для использования, как в составе автоматических установок пожаротушения, так и в автономном режиме, не предназначен для тушения возгораний щелочных и щелочноземельных металлов, а также веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха некоторые технические характеристики МПП (Н) приведены в Таблице 1

Проведение огневых испытаний проводилось на испытательном полигоне. Полигон представляет собой кирпичное здание, специально оборудованное для проведения огневых испытаний и разделенное на несколько секторов с различными геометрическими размерами, с возможностью моделирования условий аэродинамической обстановки на модели защищаемого объекта.

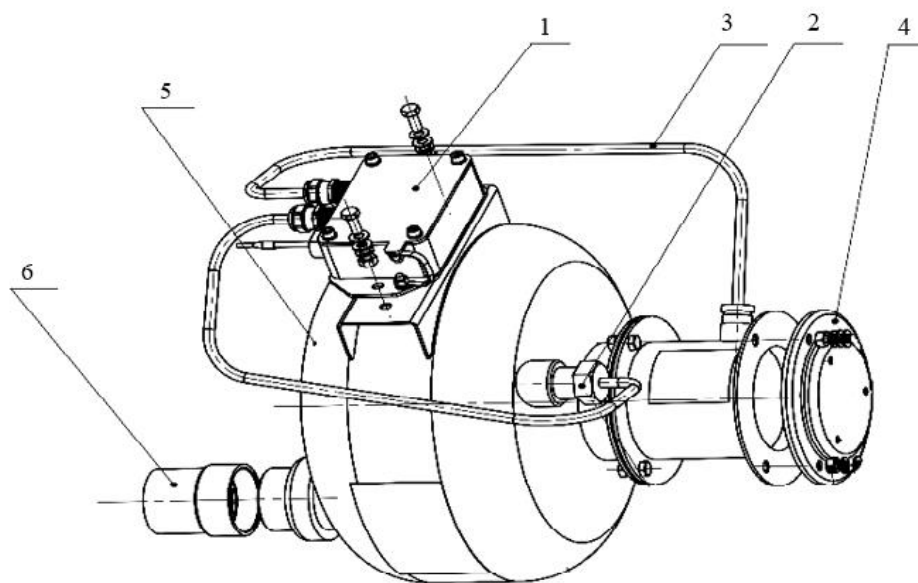


Рис. 3. Модуль порошкового пожаротушения МПП-(Н)

1 - блок управления БУ-1 с извещателем; 2 - датчик уровня емкостной CLS; 3 - кабель соединительный; 4 - кронштейн; 5 - корпус модуля; 6 - насадок-распылитель.

Таблица 1. Технические характеристики модуля пожаротушения

№ п/п	Характеристика	Ед. измере ния	значение
1	Масса огнетушащего порошка: ИСТО-1 ТУ 2149-001-54572789-00	кг	16±0,3
2	Масса остатка заряда огнетушащего порошка после срабатывания МПП должна составлять, не более	%	1
3	Вместимость корпуса	л	16,1
4	Динамическая нагрузка при срабатывании модуля, направленная вдоль оси модуля к точке подвеса	Н	800
5	Максимальное рабочее давление внутри корпуса	МПа	2,24±0,15
6	Давление срабатывания выпускной мембраны, Р макс. рабочее	МПа	2,8

Для испытания системы в подготовленном помещении, которое моделирует высокостеллажное складское помещение подземного сооружения площадью 16 м² и объемом 72 м³ рис.6., где были установлены два модельных очага пожара класса А (рисунок 5), два модельных очага пожара класса В и один модельный очаг пожара с условным названием «Вулкан» (рисунок6) который имитирует комплекс очагов возгорания и представляет собой ванну объемом 100 литров, заполненной смесью дизельного топлива и бензина АИ-92 общим объемом 6,2 литра и установленные на ней две автомобильные радиальные покрышки R 20 для моделирования дополнительной пожарной нагрузки

На рис.4 представлена схема расстановки модельных очагов пожара и элементов системы пожаротушения на испытательном стенде.

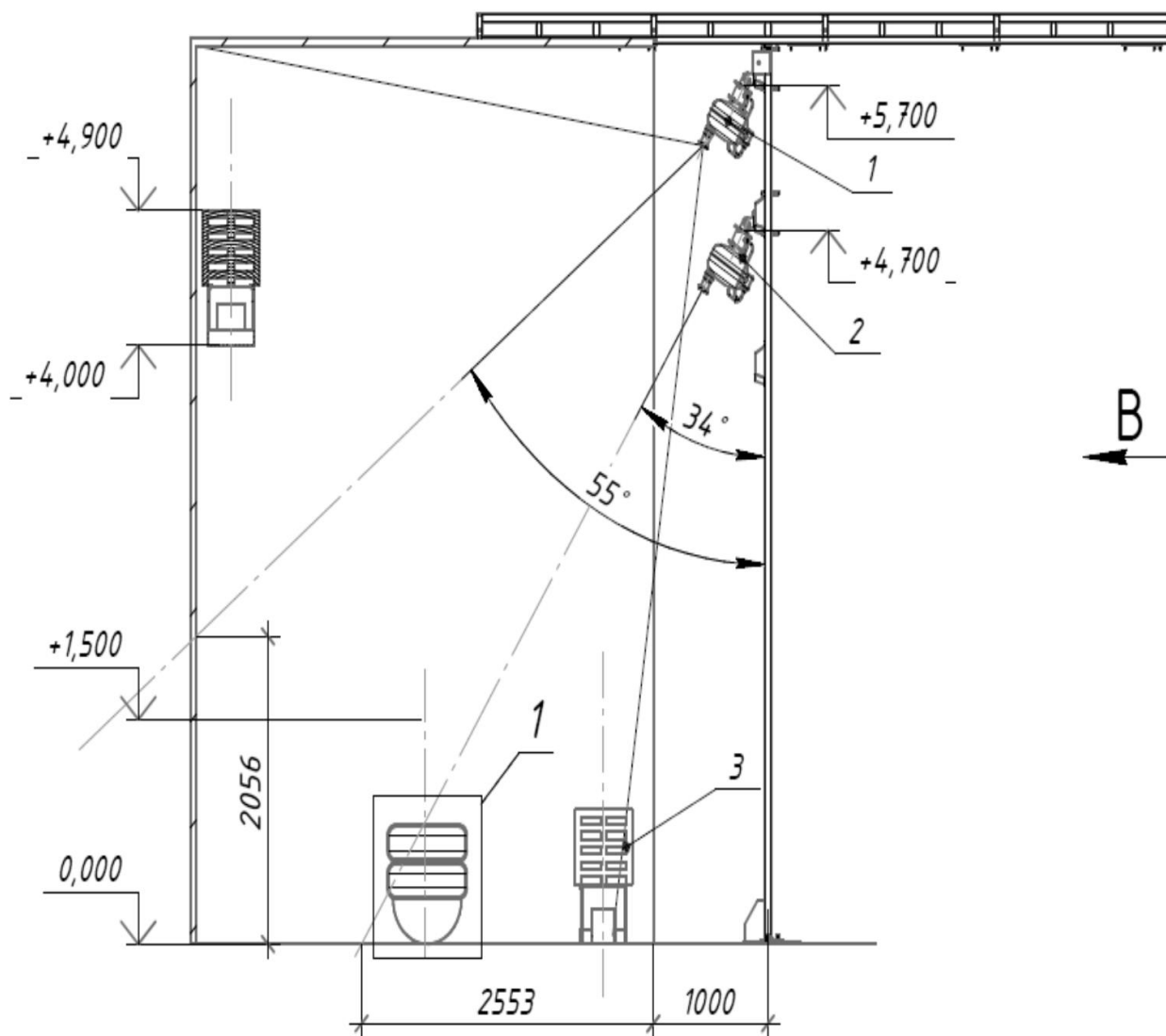


Рис. 4. Схема стенда для испытания модуля порошкового пожаротушения.

- 1 – МПП (Н) с распылителем типа «Тюльпан»; 2 – МПП (Н) с распылителем типа «Труба»;
 3 – Модельный очаг пожара класса А; 4 – Модельный очаг пожара класса А; 5 – Модельный очаг пожара класса В; 6 – Модельный очаг «Вулкан».

Согласно плану испытаний автоматическая система противопожарной защиты (АСПЗ) в составе автоматической установки пожаротушения (АУП) и системы пожарной сигнализации (СПС) обслуживает локацию, имитирующую склад подземного объекта. В конкретном случае АСПЗ содержит в своем составе модули порошкового пожаротушения МПП-(Н) (с двумя видами распылителей), прибор приемно-контрольный и управления пожарный (ППКУП), источники искробезопасного питания (ИИП), пожарные извещатели (тепловые-ИПТ, пламени-ИПП, ручные-ИПР), светозвуковые оповещатели и др. Всё перечисленное оборудование имеет сертификаты соответствия согласно ТР ТС 043.

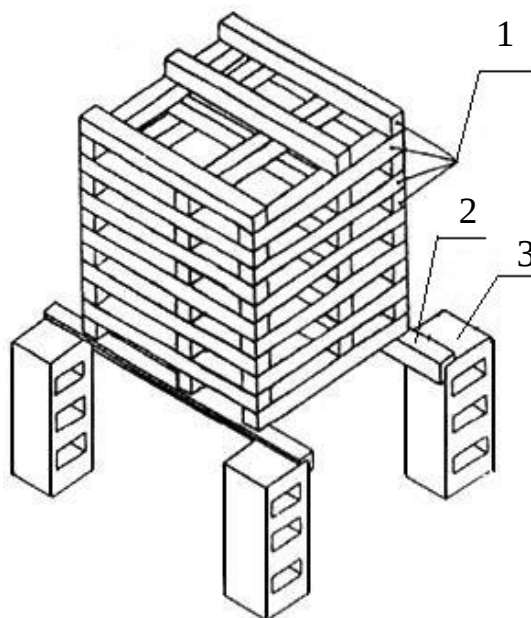
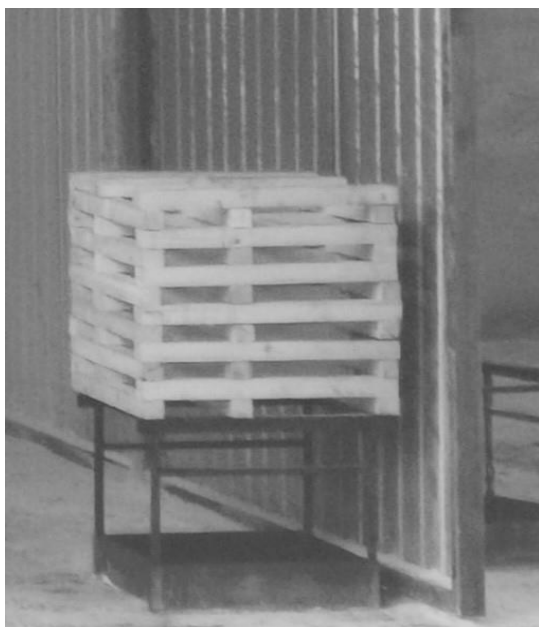


Рис. 5. Устройство модельного очага пожара класса А.

1— деревянные бруски; 2 — стальной уголок; 3 — бетонный (металлический) блок.

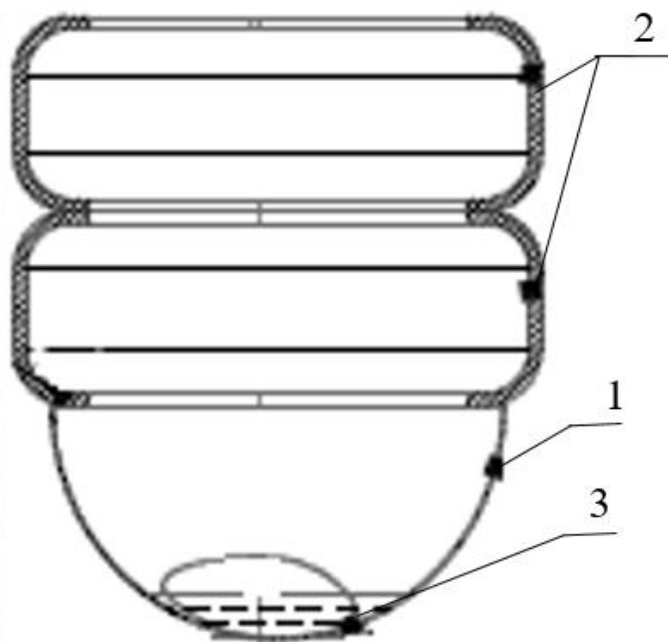
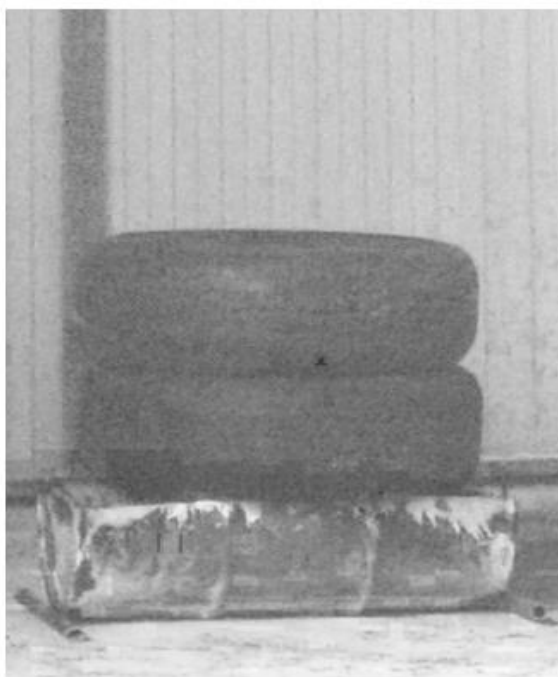


Рис. 6. Устройство модельного очага пожара «Вулкан».

1 – ванна; 2 – крышка автомобильная; 3 – дизельное топливо.

Тушение производилось одновременно двумя модулями порошкового пожаротушения по сигналу от ППКУП. МПП-(Н) (1) с высотой подвеса 5,7м от уровня пола и под углом 55° относительно вертикальной оси и МПП-(Н) (2) высотой подвеса 4,7м от уровня пола и под углом 34° относительно вертикальной оси. Модули установлены распылителями в сторону защищаемой камеры из условий обеспечения требуемой интенсивности подачи огнетушащего вещества в защищаемый объем. Обнаружение возгорания предусмотрено при помощи тепловых пожарных извещателей и пожарных извещателей пламени. Время задержки управляющего сигнала на запуск МПП-(Н) – 15 секунд.

Эксперимент проводился в определенной последовательности: на первом этапе производился розжиг модельных очагов пожара (МОП) класса А, на втором этапе через интервал 120 сек. производился розжиг модельных очагов пожара класса В, на третьем этапе через интервал 45 сек. производится розжиг очага «Вулкан» временные интервалы определены методикой проведения эксперимента, для выполнения условий воспламенения и устойчивого горения всей, размещаемой в камере стенда пожарной нагрузки. Сигнал о пожаре, наряду с автоматическими пожарными извещателями производился от ручного пожарного извещателя.

Запуск модуля пожаротушения происходит от импульса тока в цепи узла электрозапуска на генератор газа по радиointерфейсу RS-485, либо от блока управления БУ-1 (возможен только при получении сигнала заполнения модуля пожаротушения от датчика уровня). После срабатывания газогенератора начинается интенсивное газовыделение, что приводит к нарастанию давления внутри корпуса модуля и аэрации находящегося в нем огнетушащего порошка. При достижении рабочего давления в корпусе модуля, мембрана вскрывается и огнетушащий порошок через насадок-распылитель подается в защищаемое пространство.

Измерительное оборудование и приборы, используемые во время проведения испытаний представлены в таблице 2. Во время испытаний были обеспечены следующие значения предельной относительной погрешности измерения: время срабатывания - не более 1 %; температура - не более 3% (по паспортным показателям измерительных приборов). Все временные показатели представлены по Гринвичу GMT +03:00, испытания проводились при температуре окружающей среды +12 °С и относительной влажности воздуха 80%.

Таблица 2. Измерительные приборы

№ п/п	Наименование прибора	Количество, шт	Марка прибора	Характеристика прибора
1	Тепловизор	1	testo -875.1	Матрица не менее 160x120 pix Измерительный диапазон -10...+800 °С
2	Электронный секундомер	2	casio HS-6	Дискретность измерений 0,01 с Условия эксплуатации -10...+50 °С
3	Компьютер	2	HP Pavilion	с операционной системой типа windows и предустановленным программным обеспечением
4	Видео камера высокого разрешения	2	GoPro 6	Full HD, 60 к/с
5	Рулетка	1	Ergonomisch	8,0 м GROSS
6	Термоанемометр	1	ТКА-ПКМ	-

В ходе испытаний установлено, что работа испытуемых модулей пожаротушения соответствует требованиям нормативных документов. Предложенный при испытаниях АСПЗ вариант установки МПП подтвердил их огнетушащую эффективность при тушении очагов пожара классов А и В на специальных объектах защиты. Возгорание было обнаружено на ранней стадии через 48 секунд после воспламенения первого модельного очага. После срабатывания МПП возгорание было мгновенно локализовано и ликвидировано (повторного воспламенения МОП не произошло). Основные этапы и результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3. Основные этапы и результаты испытаний

№ п/п	Время, чч:мм:сс	Темпер. (сред. по стенду), °C	Темпер. (макс. по стенду), °C	Событие	Устройство	Сообщение
1	12:14:05	10	23	нет	Работает штатно	нет
2	12:16:48	30	150	Розжиг очагов А	Извещатель пламени	Извещение о пожаре (дифференциальный признак)
3	12:16:50	45	157	Розжиг очагов В	ППКУП	внимание
4	12:17:42	50	157	Розжиг очага Н	ППКУП	пожар
5	12:17:42	40	160	Открытое горение	ППКУП	Извещение о пожаре (дифференциальный признак)
6	12:19:12	70	160	Открытое горение	ППКУП	Нажата кнопка (задержка 15 сек.)
7	12:19:27	75	160	Открытое горение	ППКУП	пуск
8	12:19:37	45	157	Срабатывание модуля 1	МПП (Н)	Низкий уровень ОТВ
9	12:19:40	30	155	Срабатывание модуля 2	МПП (Н)	Низкий уровень ОТВ
10	12:20:19	25	67	Пожар ликвидирован		

График изменения температуры на испытательном стенде, построенный с помощью программного комплекса АРМ ПОО, представлен на рисунке 7.

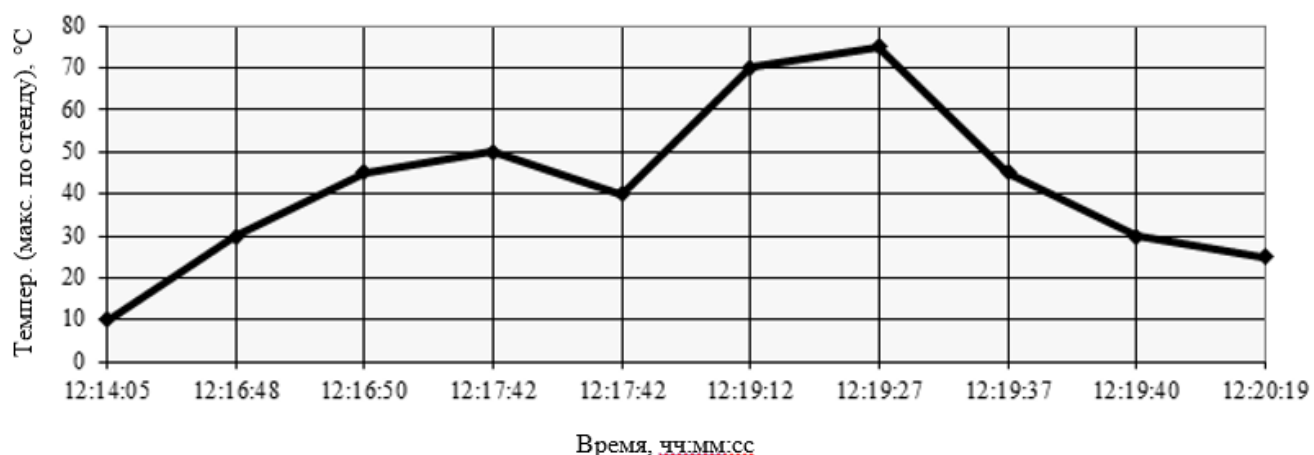


Рис. 7. График изменения температуры в границах испытательного стенда во время проведения натурного эксперимента

В результате испытаний подтверждена эффективность применения автоматической установки противопожарной защиты с модулем порошкового пожаротушения на подземных объектах военной инфраструктуры (специальные фортификационные сооружения). АСПЗ обеспечивает раннее обнаружение и ликвидацию возгораний. Интенсивность и способ подачи огнетушащего порошка в защищаемую зону подтверждают огнетушащая эффективность МПП-(Н), при заданных в испытаниях условиях.

Успешность результатов тушения достигается применением распылителей для МПП, выполненных в особом исполнении в виде двойного конуса, переходящего в полое тело геометрической формы с сопловыми отверстиями, отличающихся от других распылителей порошка.

Список литературы:

1. Федеральный Закон РФ от 22 июля 2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный Закон РФ от 4 марта 2013 № 22-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. ГОСТ 12.1.004–91* Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ Р 12.3.046–91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования.
5. ТР ЕАЭС 043/2017 «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения».
6. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 3 декабря 2020 года № 494 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения».
7. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с изменениями №№1, 2, 3).
8. ГОСТ Р 53286-2009 Техника пожарная. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули. Общие технические требования. Методы испытаний.
9. ГОСТ Р 51091-97 Установки порошкового пожаротушения автоматические. Типы и основные параметры.
10. СП 484.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.
11. СП 485.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
12. СП 486.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности.
13. А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средств их тушения. Справочник. М.: «Пожнаука», 2004, 2-х частях, с.713/с.774.
14. Саркисов С.В. Экология: учебник. - СПб.: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2015, - 360 с.
15. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году» М: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021, 264 с.
16. Саркисов С.В., Рузманов М.Д., Кондратьев С.А. Повышение эффективности средств пожаротушения // Военный инженер. - 2021. № 1 (19). С. 11-16.
17. Кириленко В.И., Руднев И.М., Саркисов С.В. Устройство технических средств, техники и материальных средств: учебник. - СПб.: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2019, - 254 с.
18. Коновалов В.Б., Саркисов С.В., Курбанов А.Х., Вакуненко В.А. Задачи и особенности развития системы материально-технического обеспечения военной организации государства в направлении совершенствования систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры МО РФ // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № 7 (8). С. 95-109.
19. Коновалов В.Б., Ивановский В.С., Саркисов С.В. Симпозиум и другие направления сотрудничества Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения с Российской академией ракетных и артиллерийских наук // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – СПб, НПО «Спецматериалы», 2019. – №3(108). – С. 146-152.

Средства защиты систем автономного электроснабжения от воздействия мощных электромагнитных импульсов естественного и искусственного происхождения

Autonomous system protection power supply from powerful impact electromagnetic impulses of natural and artificial origin

Аннотация: В статье рассмотрены новые типы устройств защиты систем автономного электроснабжения напряжением 0,4 кВ от мощных электромагнитных импульсов естественного и искусственного происхождения на основе вакуумных управляемых разрядников и нелинейных ограничителей напряжения. Приведены основные параметры и результаты экспериментальных исследований эффективности работы данных устройств.

Abstract: The article discusses new types of devices for the protection of autonomous power supply systems with a voltage of 0.4 kV from powerful electromagnetic pulses of natural and artificial origin based on vacuum controlled arresters and nonlinear stress limits. The main parameters and the results of experimental studies of the efficiency of these devices are presented.

Ключевые слова: устройство защиты от импульсных перенапряжений, электромагнитный импульс, импульсные токи и напряжения, системы автономного электроснабжения, ограничитель напряжения нелинейный, разрядник вакуумный управляемый.

Keywords: impulse overvoltage protection device, electromagnetic pulse, pulse currents and voltages, autonomous power supply systems, non-linear voltage limiter, Vacuum-controlled discharger.

Одними из основных систем, обеспечивающих надежное функционирование и жизнедеятельность специальных сооружений, являются системы автономного электроснабжения (САЭ), автоматики и управления. Опыт разработки и эксплуатации этих систем показывает, что одной из наиболее сложных задач является обеспечение их устойчивой работы в условиях воздействия мощных электромагнитных помех искусственного происхождения. Это обстоятельство привело к необходимости уточнения требований к устройствам защиты и разработки специальных устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).

До настоящего времени защита электрооборудования систем автономного электроснабжения специальных сооружений на номинальное напряжение до 1000 вольт от воздействий мощных ЭМИ осуществлялась с помощью специальных УЗИП – нелинейных ограничителей перенапряжений «Джоуль-28», БОН-1(4) и БОН-20(40), нелинейных ограничителей перенапряжений с управляемыми тиристорами 15Р 169, а также с помощью молниевых вентильных разрядников РВН-0,5. Указанные типы УЗИП были разработаны в 80-90-е годы и к настоящему времени, физически и морально устарели, а по своим тактико-техническим характеристикам не позволяют в полной мере обеспечить надежную и эффективную защиту от воздействий мощных ЭМИ вследствие их ограниченной пропускной способностью по току и поглощаемой энергии.

Перед научно-исследовательскими организациями Министерства обороны и оборонно-промышленного комплекса России встала задача по разработке и созданию на основе современных технологий принципиально новых типов УЗИП, которые должны удовлетворять установленным современным требованиям по защите автономных систем электроснабжения от воздействий мощных электромагнитных импульсов.

Учеными и специалистами Военного института (инженерно-технического) ВА МТО имени генерала армии А.В.Хрулева были разработаны и научно-обоснованы тактико-технические требования к новым типам УЗИП. В соответствии с данными требованиями по заказу Министерства обороны в промышленности была поставлена ОКР «Депозит» - «Разработка средств защиты специальных фортификационных сооружений в специальном исполнении». По результатам открытого конкурса головным исполнителем ОКР «Депозит» было определено ОАО «Авангард», Военно-научное сопровождение ОКР осуществлял Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО. Разработку и изготовление опытных образцов УЗИП и их Государственные испытания осуществлял ВНИЦ – 900 ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина» (бывший ВЭИ имени В.И. Ленина).

При разработке технических требований к разрабатываемым УЗИП принята и реализована «зоновая» концепция защиты, приведенная в стандарте МЭК 62305-1 и ГОСТ Р 51992-2002 «Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 11. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний» [1,2].

Суть данной концепции состоит в том, что для гарантированной защиты объекта от воздействия мощных импульсов тока и напряжения «Зоновой концепцией защиты» предусмотрена *трехступенчатая схема* включения УЗИП. Согласно требований данных стандартов УЗИП, в зависимости от способности отводить импульсные токи и места их установки, делятся на классы: I, II, III. Основные требования к ограничителям перенапряжения разных классов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Класс устройства	Назначение устройства
I	Предназначены для защиты от прямых ударов молнии в систему молниезащиты здания (объекта) или воздушную линию электропередач (ЛЭП). Устанавливаются на вводе в здание во вводно-распределительном устройстве (ВРУ) или главном распределительном щите (ГРЩ). Нормируются импульсным током I_{imp} с формой волны 10/350 мкс.
II	Предназначены для защиты токораспределительной сети объекта от коммутационных помех или как вторая ступень защиты при ударе молнии. Устанавливаются в распределительные щиты. Нормируются импульсным током с формой волны 8/20 мкс.
III	Предназначены для защиты потребителей от остаточных бросков напряжений, защиты от дифференциальных (несимметричных) перенапряжений (например, между фазой и нулевым рабочим проводником в системе TN-S), фильтрации высокочастотных помех. Устанавливаются непосредственно возле потребителя. Нормируются комбинированной волной напряжения (1,2/50) мкс и тока (8/20) мкс.

В соответствии с данной концепцией на вводах питающих линий в сооружения, в которых размещается электрооборудование, устанавливаются УЗИП класса защиты 1, на сборных шинах главных распределительных щитов устанавливаются УЗИП класса 2, а на распределительных щитах (щитах питания) или на входах в электрооборудование устанавливаются УЗИП класса 3.

На основании требований технического задания на ОКР разработаны УЗИП 3-х классов защиты:

- УЗИП класса защиты 1, тип 1 и тип 2;
- УЗИП класса защиты 2;
- УЗИП класса защиты 3.

УЗИП первого класса защиты является устройством комбинированного типа, а УЗИП 2 и 3 классов защиты устройством ограничивающего типа. УЗИП класса защиты 1 являются самыми мощными из существующих в настоящее время средств защиты на напряжении 0,4 кВ и обеспечивают защиту электрооборудования при максимально возможных уровнях токов и напряжений, наводимых различными источниками естественного и искусственного происхождения. Технические характеристики УЗИП-0,4 кВ класса защиты 1, приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Наименование параметра	Количественные значения
УЗИП КЛАССА ЗАЩИТЫ 1	
Номинальное рабочее напряжение (постоянное и переменное частотой до 400 Гц), кВ, не более	0,22 / 0,38
Максимальное длительное рабочее напряжение, кВ, не более	0,24 / 0,42
Остаточное напряжение, (пиковое значение напряжения, появляющееся на выводах УЗИП, вследствие прохождения разрядного тока) кВ, не более	
Тип УЗИП 1	4
Тип УЗИП 2	2,5
Ожидаемый ток короткого замыкания источника питания, кА	30
Параметры токов и напряжений при воздействиях мощных ЭМИ	
Номинальный (многократный) разрядный ток ЭМИ, выдерживаемый каждым полюсом, кА	50
Максимальный (однократный) разрядный ток ЭМИ, выдерживаемый каждым полюсом, кА	75
Длительность фронта импульсов тока ЭМИ на входе УЗИП на уровне 0,1-0,9 амплитуды, с, не более	$0,5 \cdot 10^{-6}$
Длительность импульсов тока ЭМИ на входе УЗИП на уровне 0,5 амплитуды, с, не менее.	$5 \cdot 10^{-3}$
Скорость нарастания воздействующего импульса напряжения, кВ/мкс, не менее	100
Параметры токов и напряжений при воздействиях молнии и коммутационных перенапряжений	
Импульсный ток, (10/350 мкс), кА	150
Номинальный разрядный ток, (8/20 мкс), кА	75
Коммутационные перенапряжения, кВ	4,5

УЗИП-0,4 класса 1 является самым энергоемким устройством защиты из трех, представленных к разработке устройств. Наибольший ток через УЗИП на волне 0,5/5000 мкс составляет 75 кА, а на волне 10/350 мкс 150 кА.

На основе результатов выполненных исследований по применению вакуумных разрядников РВУ-27 и нелинейных ограничителей напряжения МНР-57 разработана принципиальная электрическая схема фазного модуля защитного устройства от импульсных перенапряжений класса 1, приведенная на рис. 1. Устройство включается в сеть переменного тока напряжением 380/220 В и состоит из трех аналогичных однофазных модулей. Принцип их работы одинаков и не зависит друг от друга.

В состав фазного модуля входят:

- блок фильтра низких частот А₁;
- блок ограничения напряжения А₂;
- блок коммутации А₃;
- блок запуска РВУ А₄.

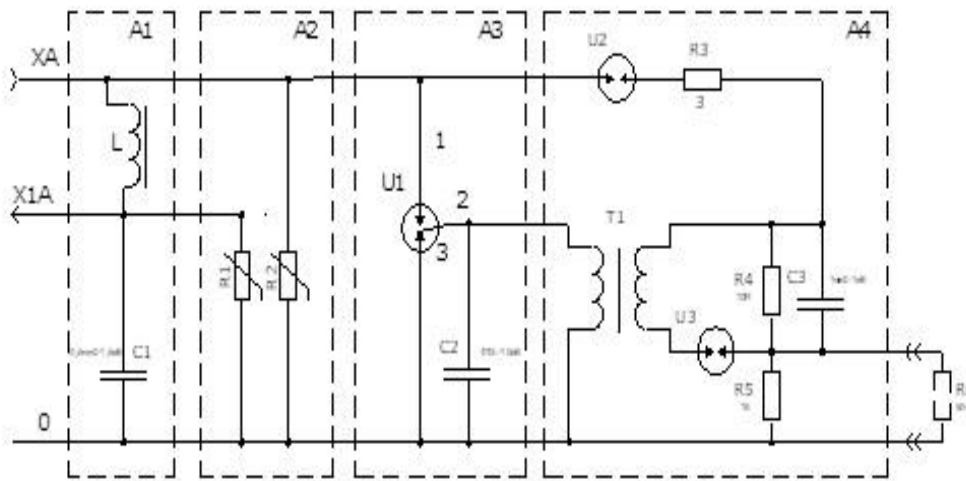


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема фазного модуля УЗИП-0,4 класса защиты 1

Защитные функции устройства выполняются в четыре этапа. На **первом этапе** работает блок фильтра низких частот. При поступлении импульса перенапряжения на вход XA индуктивность L и емкость C , сглаживают фронт импульса и обеспечивают включение блока ограничения напряжения.

На **втором этапе** блоком варисторов $R1, R2$ осуществляется ограничение перенапряжения до заданного уровня, не превышающего 1500В. Длительность работы блока варисторов определяется временем включения вакуумного разрядника (блока коммутации).

На **третьем этапе** включается вакуумный разрядник U_1 (блок коммутации), закорачивает линию электропередачи на землю и шунтирует блок ограничения напряжения, снимая с него нагрузку. Момент включения вакуумного разрядника определяется временем подачи запускающего импульса, формируемого блоком запуска, на управляющий электрод 2 вакуумного разрядника. Время подачи запускающего импульса задается выбором параметров интегрирующей цепочки $R_3C_3R_5$.

Блок запуска запускает схему задержки срабатывания вакуумного разрядника. Время задержки срабатывания РВУ регулируется блоком запуска. Для отстройки срабатывания РВУ при рабочих коммутационных перенапряжениях и небольших токах молнии время задержки в опытных образцах рекомендовано устанавливать порядка 50 мкс.

На **четвертом этапе** по окончании воздействия помех, обеспечивается восстановление всех защитных функций УЗИП и подготовка к ограничению последующих воздействий.

Конструктивное исполнение разрабатываемого трехфазного УЗИП-0,4 класса защиты 1 показано на рис. 2.

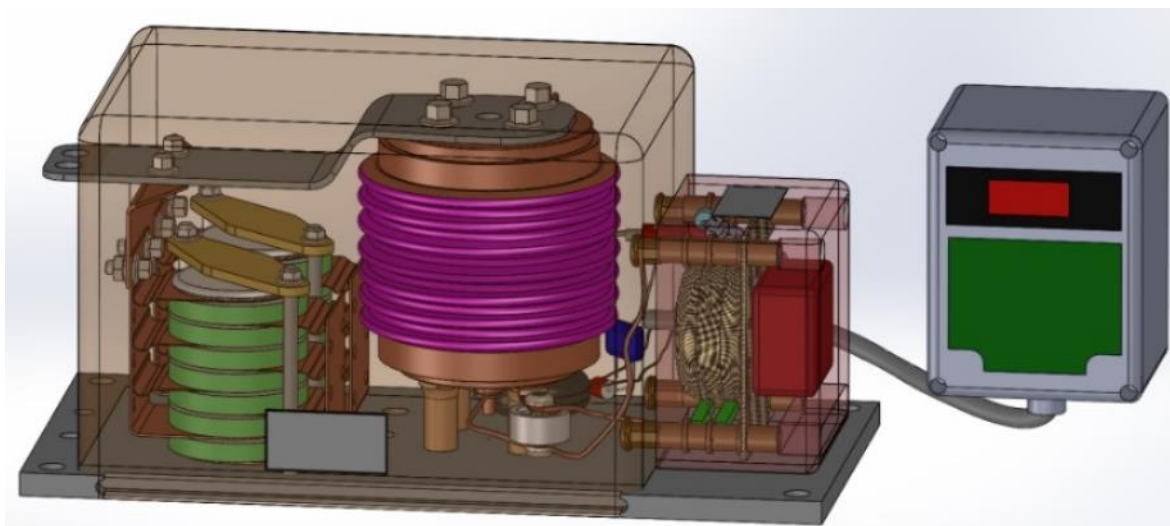


Рис. 2. Конструктивное исполнение фазы УЗИП-0,4 1 класса без внешнего корпуса

В схеме УЗИП-0,4 1 класса в качестве элементов защиты ограничивающего типа используются защитные устройства на основе варисторов МНР-57, а в качестве устройств коммутирующего типа – разрядники РВУ-27. Такое решение принято из следующих соображений:

- варистор прекрасно работает при возникновении перенапряжений защищаемой цепи, время и величина напряжения срабатывания для данного устройства практически постоянные, однако варистор имеет один существенный недостаток – наличие токов утечки;
- в разрядниках токи утечки полностью отсутствуют, поэтому его устанавливают между рабочим «нулем» и защитным заземлением.

Устройство диагностики УЗИП обеспечивает выдачу информации о его состоянии и количестве срабатываний, для этого в состав УЗИП вводится дополнительный модуль, с выходных контактов разъемов которого можно снять информацию о количестве срабатываний. Диагностическая информация о состоянии УЗИП передается путем передачи сигналов тока или напряжения, а также свечением контрольного светодиода.

УЗИП 2 и 3 классов ограничивающего типа изготавливаются на основе нелинейных резисторов. Технические характеристики УЗИП-0,4 класса защиты 2, приводятся в таблице 3, а внешний вид - на рисунке 3.

Таблица 3

№ п/п	Наименование параметра	Количественные значения параметров
УЗИП класса защиты 2*		
1	Номинальное рабочее напряжение* (постоянное и переменное частотой до 400 Гц), кВ, не более	0,22 / 0,38
2	Максимальное длительно рабочее напряжение, U_c ,* кВ, не более	0,25 / 0,44
3	Ожидаемый ток короткого замыкания источника питания*, I_p , кА	20
4	Токи утечки в каждом полюсе относительно корпуса при напряжении переменного тока 220 В, частотой 50 Гц, А, не более	$6 \cdot 10^{-3}$
5	Уровень напряжения защиты* U_p , кВ	2,5 кВ
6	Принцип действия	ограничивающего типа
Параметры токов и напряжений ЭМИ		
8	Номинальный (многократный) разрядный ток ЭМИ, выдерживаемый каждым полюсом, кА	5
9	Максимальный (однократный) разрядный ток ЭМИ, * выдерживаемый каждым полюсом, кА	10

№ п/п	Наименование параметра	Количественные значения параметров
10	Длительность фронта импульсов тока ЭМИ на входе УЗИП на уровне 0,1-0,9 амплитуды, с, не более	$0,5 \times 10^{-6}$
11	Длительность импульсов тока ЭМИ на входе УЗИП на уровне 0,5 амплитуды, с, не менее.	5×10^{-3}
12	Скорость нарастания воздействующего импульса напряжения, кВ/мкс, не менее	50
13	Количество импульсов напряжения и тока, выдерживаемых устройством без нарушения функциональных способностей, не менее	10
Параметры токов и напряжений молнии и коммутационных перенапряжений		
14	Максимальный разрядный ток*, I_m (8/20 мкс), кА	75
15	Номинальный разрядный ток*, I_n (8/20 мкс), кА	50
16	Коммутационные перенапряжения, кВ	4,5

Принципиальная электрическая схема фазного модуля УЗИП 2 класса защиты приведена на рис. 3а, а внешний вид - рис. 3б.

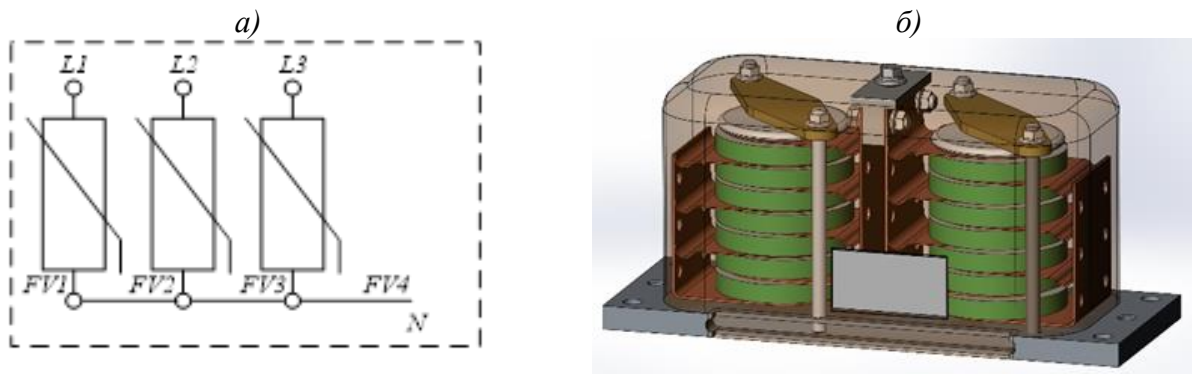


Рис. 3. УЗИП 2 класса: а - принципиальная электрическая схема фазного модуля защиты; б - внешний вид.

Технические характеристики УЗИП-0,4 класса защиты 3 аналогичны характеристикам УЗИП 2 класса, разница в уровне остаточного напряжения, равного 1,5 кВ и номинального (многократного) разрядного тока, равного 1 кА. Принципиальная электрическая схема фазного модуля УЗИП 3 аналогична УЗИП- 2.

Предварительные и Государственные испытания разработанных устройств защиты проводились по программе испытаний, утвержденной Заказчиком ОКР, на трех комплектах каждого типа УЗИП-0,4 1, 2 и 3 классов, на стендах имитаторов ГИЛ-Л и ГИТ-50/5 на экспериментальной базе ВИ (ИТ) ВА МТО и на испытательных установках ВНИЦ – 900 ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина.

Генератор импульсных токов ГИТ-Л позволяет воспроизводить импульсные токи с различными амплитудами при широком регулировании временных форм. Технические характеристики ГИТ-Л, приводятся в таблице 4.

Таблица 4. Технические характеристики генератора импульсных токов ГИТ-Л

№ п/п	Наименование характеристик	Количественное значение	
		Секция 1	Секция 2
1	Запасаемая энергия, МДж	до 2	до 4
2	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	50	10 (5)
3	Номинальное напряжение, кВ	40 ± 4	$8 \pm 0,8$
4	Диапазон регулирования напряжения, кВ	25...50	0,5... 10
5	Максимальный ток в нагрузке, кА	400	100
6	Ток короткого замыкания, кА	1000	1000
7	Время заряда, мин	3	6
8	Пределы изменения тока в нагрузке:		
	- по амплитуде, кА	15...400	3...100
	- по длительности фронта, мкс	1...40	30...770
	- по длительности полуспада, мс	0,05...3	0,1...100
9	Тип конденсаторов	ИК-50-3	ИС 5-200
10	Габаритные размеры, м	14,5x4,5x7,5	14,8x6x7,5

Блок схема установки ГИТ -Л для испытаний УЗИП приведена на рис. 4, а внешний вид приведен на рисунке 5.

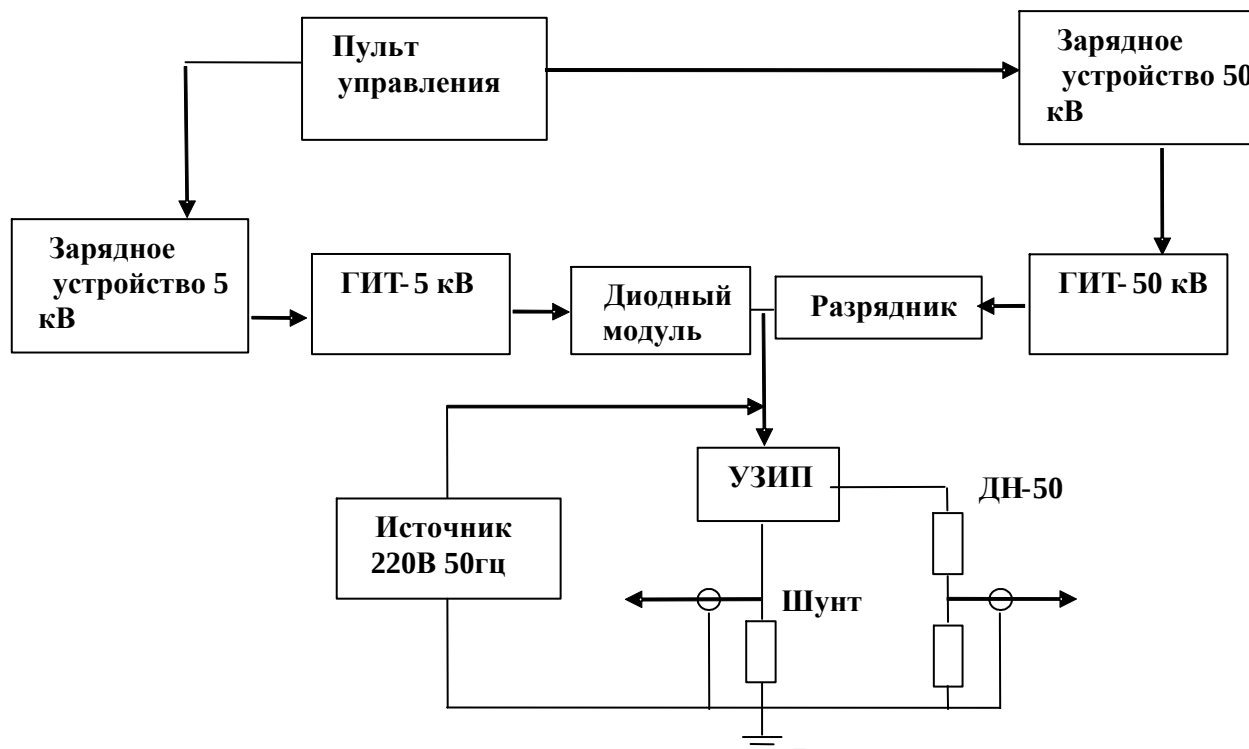


Рис. 4. Блок схема установки ГИТ -Л для испытаний УЗИП.

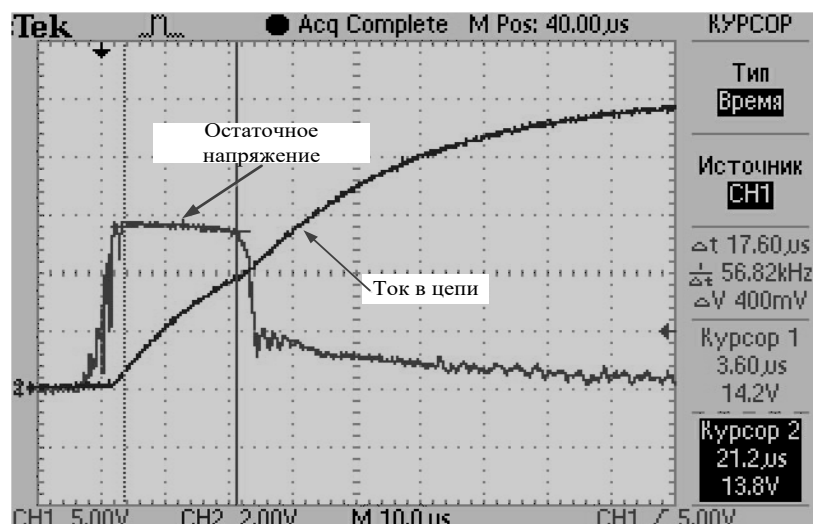


Рис. 5. Внешний вид испытательной установки ГИТ-Л.

Функционально каждая секция ГИТ-Л содержит зарядное устройство, емкостный накопитель энергии (ЕНЭ), блок коммутаторов, формирующий блок, систему управления и контроля, систему поджига (запуска) и систему заземления. Принцип работы обеих секций аналогичен: конденсаторы ЕНЭ заряжаются от зарядного устройства до заданного напряжения. В процессе заряда ЕНЭ отделяются от нагрузки блоком коммутаторов. При поступлении на коммутаторы запускающих импульсов от системы поджига происходит разряд ЕНЭ на нагрузку через формирующий блок, задающий требуемую амплитуду и форму импульса в нагрузке.

Испытание УЗИП производилось при воздействии токов ЭМИ ЯВ с амплитудой 75 кА, фронтом нарастания 0,5 мкс и длительностью до полуспада 5 мс, а также токов молнии с параметрами амплитудой 150 кА, фронтом нарастания 10 мкс и длительностью до полуспада 350 мкс. Проводилось по три воздействия каждым импульсом.

На рисунке 6 приведена в качестве примера осциллограмма импульсов тока и остающегося напряжения на УЗИП класса защиты 1 при воздействиях токов ЭМИ $U_{ост} = 1420$ В, ток 50 кА.



Напряжение 0,5 кВ/дел; ток 10,0 кА/дел

Рис. 6. Осциллограммы импульсов тока и остающегося напряжения на УЗИП класса защиты 1 при воздействиях токов ЭМИ. $U_{ост} = 1420$ В, ток 50 кА.

Результаты экспериментальных исследований макетных образцов фазных модулей устройства защиты с применением в силовых цепях вакуумных разрядников РВУ-27 и

нелинейных ограничителей напряжения МНР-57 показали, что управляемые вакуумные разрядники и блоки нелинейных резисторов сохранили свою работоспособность и обеспечили необходимые защитные функции при воздействии импульсных перенапряжений.

Проведенные приемосдаточные испытания комплекса устройств защиты от импульсных перенапряжений показали их полное соответствие требованиям технического задания и рекомендуются к применению при защите систем автономного электроснабжения специальных объектов от мощных импульсных воздействий молнии и электромагнитных излучений современного оружия. Наличие арсенала данных УЗИП позволяет реализовать регламентируемые современными нормативными документами требования по защите электрооборудования на основе «Зоновой» концепции.

Список литературы

1. IEC-61024-1 (1990): «Молниезащита строительных конструкций. Часть 1. Общие принципы».
2. ГОСТ Р 51992-2002 (IEC-61643-1,1998-02): «Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 1. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний».
3. ГОСТ Р 50571.19-2000 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений».
4. ГОСТ Р 50571.20-2000 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными помехами».
5. Фоминич Э.Н., Хромов В.В. Устройства защиты систем автономного электроснабжения от мощных электромагнитных воздействий. Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники. Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 474-476.
6. Фоминич Э.Н., Филиппов В.Г., Исаков А.В. Универсальное комбинированное устройство для защиты систем электроснабжения 6(10) кВ от мощных электромагнитных воздействий. Технологии электромагнитной совместимости. 2013. № 1 (44). С.18-22.
7. Алфёров Д.Ф., Иванов В.П., Сидоров В.А. Управляемые вакуумные разрядники: основные свойства и применение.// -М., ЭЛЕКТРО. 2002. №2. - С. 31-37.
8. Устройства защиты УЗИП 3-6-50, УЗИП 3-10-50. Технические условия ПИАФ.674371.001 ТУ. Истра. 2010.

Математическая модель воздухоохлаждаемых конденсационных установок при эксплуатации теплосилового оборудования специальных сооружений**Mathematical model of air-cooled condensing installations during operation of heat-power equipment of special structures**

Аннотация. Предлагается математическая модель расчета воздухоохлаждаемых конденсационных установок. Рассматриваются вопросы конструктивного расчета площади поверхности воздухоохлаждаемых конденсационных установок.

Abstract. A mathematical model for calculating air-cooled condensing plants is proposed. The questions of constructive calculation of the surface area of air-cooled condensing installations are considered.

Ключевые слова: воздухоохлаждаемая конденсационная установка, теплогидравлический расчет.

Keywords: air-cooled condensing unit, thermal-hydraulic calculation.

Введение

Сооружение тепловой электростанции или теплоэлектроцентрали (ТЭС или ТЭЦ), как источника тепловой и электрической энергии требует выполнения ряда условий, одним из которых является наличие на месте ее строительства достаточных водных ресурсов, большая часть которых расходуется для нужд низкопотенциального комплекса станции для отвода тепла. Иногда это может быть затруднено из-за характерных особенностей места расположения станции и общего ухудшения экологической обстановки.

В статье рассмотрена модель воздухоохлаждаемых конденсационных установок теплосилового оборудования.

Алгоритм конструктивного расчета воздушного конденсатора

Конструктивно такие установки представляют собой многорядные пучки поперечно оребренных труб, принудительно обдуваемых воздушным потоком, создаваемым осевыми вентиляторами. Количество рядов труб в пучке не превышает 4-х, так как показали исследования последующие ряды увеличивают аэродинамическое сопротивление и, из-за разницы в теплоотдаче к воздуху каждого последующего ряда, могут даже ухудшить процесс теплопередачи [1,2]. Из-за наличия в отработавшем паре примесей неконденсирующихся газов (воздуха) воздушный конденсатор выполняется двухступенчатым. Во второй ступени конденсация пара происходит при встречном движении пара и конденсата, что тоже накладывает определенные ограничения на расчет и конструкцию конденсатора. Конструктивная схема установки приведена на рис.1.

Целью конструктивного расчета воздушного конденсатора является определение площади теплообменной поверхности, обеспечивающей конденсацию расчетного количества отработавшего в турбине пара при расчетном давлении, и определение количества вентиляторов и суммарной мощности, затрачиваемой на прокачку охлаждающего воздуха. В общем виде суть расчета сводится к решению системы уравнений теплового баланса и теплопередачи. Особенностью данной системы является то, что она нелинейна и может быть решена методом

последовательных приближений. Сложность еще в том, что входящие в нее расчетные параметры меняются как по длине рассчитываемых труб, так и от трубы к трубе по глубине трубного пучка.

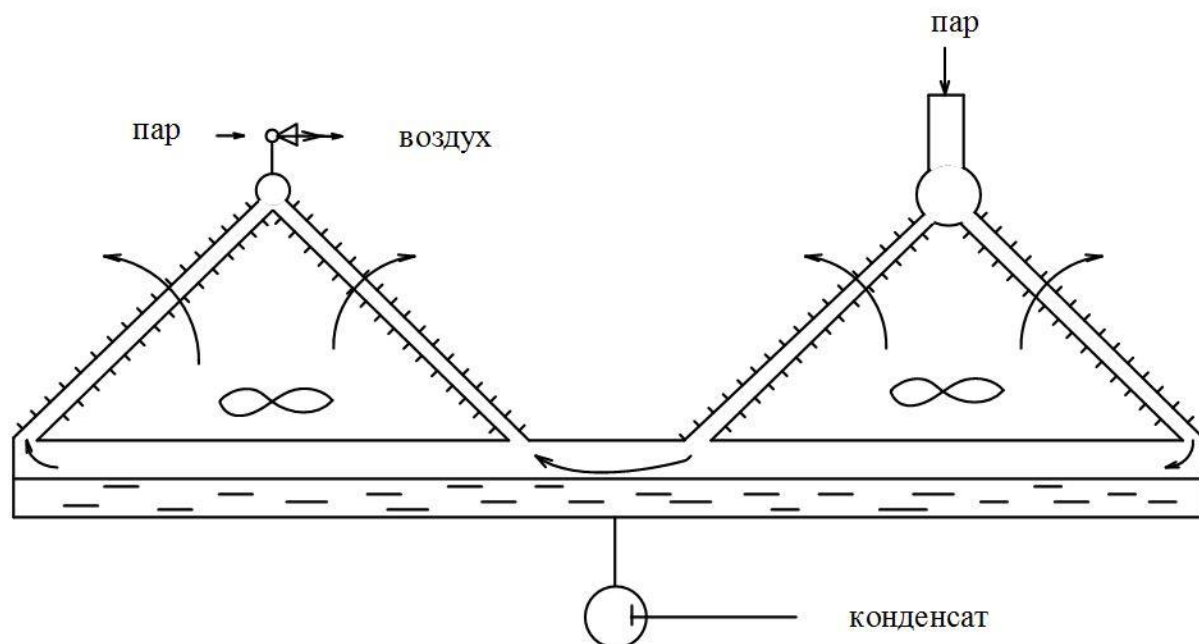


Рис.1 – Конструктивная схема воздушного конденсатора.

В связи с этим также возникает вопрос: какие коэффициенты теплопередачи использовать в расчетах - средние для пучка или локальные для каждой трубы; какие температуры использовать для определения физических параметров воздуха, пара и конденсата входящих в расчетные формулы. В связи с тем, что современное быстроедействие вычислительной техники уже не накладывает существенных ограничений на трудоемкость проводимых расчетов, предлагается методика поэлементного позонного расчета. Коротко, суть ее в определении количества водяного пара способного сконденсироваться при заданных исходных условиях в каждой из последовательных труб пучка. Общая площадь конденсатора при этом сводится к определению количества рядов труб при заданном количестве пара выходящем из турбины. Для повышения точности расчетов каждая из труб в пучке считается не целиком, а последовательно отдельными малыми участкам, считая выходящие параметры пара из предыдущего входящими для следующего и так до конца трубы. Это позволяет более точно рассчитывать физические параметры пара, конденсата и воздуха по их средней температуре.

Исходными данными для расчета являются:

- расход пара в конденсатор на конденсационном режиме турбины $G_{ПК}$;
- расчетное давление в конденсаторе на конденсационном режиме $P_{ПК}$;
- расчетная температура охлаждающего воздуха $t_{в1}$;
- число Рейнольдса охлаждающего воздуха в узком сечении пучка $Re_{в}$;
- расходное массовое паросодержание на выходе из первой ступени конденсации $X_{вых}$;
- геометрические характеристики предлагаемого к использованию типа пучка.
- расчетные расход пара и давление в конденсаторе принимаются исходя из технической характеристики турбины.

В качестве расчетной температуры охлаждающего воздуха рекомендуется принимать среднюю температуру воздуха по сухому термометру в 13 часов наиболее жаркого месяца в году [1,3,5]. Число Рейнольдса охлаждающего воздуха, длина труб, угол наклона и величина расходного массового паросодержания хоть и являются исходными для расчета, окончательный

выбор их величины может быть произведен при проведении оптимизационных расчетов, при варьировании ими с целью получения максимального технико-экономического эффекта.

Система уравнений для расчета выглядит следующим образом:

При стационарном режиме работы конденсатора уравнение теплового баланса в общем виде записывается следующим образом:

$$Q = C_p^B (t_{B2} - t_{B1}) \cdot G_B = G_{\Pi} (h'' - h'),$$

где h'' и h' – энтальпия пара на входе в аппарат и конденсата на выходе из него.

Уравнение теплопередачи записывается в виде:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t = q \cdot F,$$

где q – плотность теплового потока $Вт/м^2$;

K – коэффициент теплопередачи $Вт/м^2К$;

Δt – температурный напор град.

Определение коэффициента теплопередачи K рассмотрено в [1].

В [1] указаны результаты экспериментальные исследований пучков овальных поперечнооребрённых труб.

Рассмотрим последовательность решения задачи конструктивного расчета при заданных исходных величинах.

Расчет первой и второй ступени конденсации ведется по локальным коэффициентам теплоотдачи для каждого ряда. Расчет начинается с наименее теплонапряженного ряда. Для расчета первой ступени конденсации задаемся в первом приближении расходом пара на трубу и производим расчет теплогидравлических параметров вдоль нее по методике, изложенной выше. При совпадении величины расходного массового паросодержания на выходе из трубы с заданным с необходимой точностью расчет прекращается, иначе производится корректировка величины расхода пара на входе в трубу. Давление на выходе из трубы наименее теплонапряженного ряда будет расчетным давлением в нижнем коллекторе. Расчет остальных рядов производится аналогично, отличие лишь в том, что после расчета теплогидравлических параметров производится сравнение давления пара на выходе из трубы с давлением пара в нижнем коллекторе, при несовпадении с заданной точностью производится корректировка величины расхода пара на входе в трубу.

Расчет теплопередающей поверхности второй ступени (дефлегматора) производится также по локальным коэффициентам теплоотдачи к воздуху, начиная с наименее теплонапряженного ряда, по предлагаемой методике расчета теплогидравлических параметров. Задача по определению суммарных расходных характеристик труб каждого ряда конденсатора сводится к суммированию расходных параметров полученных для трубы i -го ряда:

$$G_{K4} = \sum_{i=1}^4 G_{Ki}$$
$$G_{Д4} = \sum_{i=1}^4 G_{Ди}$$

Количество рядов труб первой ступени конденсации:

$$N_K = G_{\Pi} / (2G_{K4})$$

Количество рядов труб второй ступени конденсации:

$$N_D = G_{\Pi} / (2G_{Д4})$$

площадь теплопередающей поверхности основных секций ВК:

$$F_K = 3.141 \cdot d_{ВН} \cdot 8 \cdot L \cdot N_K$$

площадь теплопередающей поверхности дефлегматора:

$$F_D = 3.141 \cdot d_{ВН} \cdot 8 \cdot L \cdot N_D$$

Суммарная площадь конденсатора:

$$F = F_K + F_D$$

удельная (на единицу ГП) площадь:

$$F_{K.уд} = F/G_{\Pi}$$

Полученные в результате теплогидравлического расчета данные позволяют провести расчет вентиляторов, а также затрат электрической мощности на их привод. Расчет вентиляторов проводится в соответствии с рекомендациями [2, 3]. Исходными данными для расчета являются значения аэродинамического сопротивления трубного пучка ВКУ определенные критерием Eu , а также расходные параметры где:

ΣQ_4 - количество тепла, переданного паром охлаждающему воздуху с одного ряда труб;

ΣG_B - необходимый для этого расход воздуха;

t_{B1} - температура воздуха на входе в секции ВКУ.

При расчете последовательно определяются:

Температура воздушного потока на выходе из секции ВКУ:

$$t_{B2} = t_{B1} + \sum Q_4 / c_p^B \cdot \sum G_{B4}$$

Общая подача:

$$G_{B\Sigma} = \frac{2N_{\Sigma} \cdot \sum Q_4}{c_p^B (t_{B2} - t_{B1})}$$

Скорость воздушного потока в узком сечении секций ВКУ:

$$W_{y3} = \frac{G_{B\Sigma}}{2 \cdot L \cdot N_{\Sigma} \cdot F_{y3}}$$

перепад давления при прохождении воздушного потока через трубный пучок:

$$\Delta P_B = Eu \cdot \rho_B \cdot W_{y3}^2$$

В соответствии со значениями $G_{B\Sigma}$ и ΔP_B по рекомендациям выбирается тип вентиляторов, их КПД и необходимое количество вентиляторов $n_B = G_{B\Sigma}/G_{1B}$, на основании чего рассчитываются затраты мощности на их привод:

$$N = \frac{n_B \cdot G_{B1} \cdot \Delta P_B}{\eta_B \cdot \rho_B}$$

На основе предлагаемой методики проведен конструктивный расчет ВКУ при исходных данных работы [4], а именно $G_{\Pi}=85,5$ кг/с, $P_K=0,035$ МПа, $t_{B1}=30^\circ\text{C}$, $Re_B=15000$, $\beta=65^\circ$, $X_{вых}=0,15$; а также представленных выше геометрических характеристиках трубного пучка сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты расчета ВКУ с поверхностью нагрева из овальных оребренных труб

Наименование параметра	Единица изм.	Расчетное значение по предлагаемой методике	Расчетное значение по методике работы [4]
Площадь теплообменной поверхности: суммарная	м ²	12205	11210
основных рабочих панелей	м ²	8134	9630
панелей - дефлегматоров	м ²	4070	1583
Длина одной трубы	м	4.8	4.8
Коэффициент теплопередачи	Вт/м ² К	363	398
Мощность на прокачку охлаждающего воздуха через трубный пучок	кВт	920	850

Математическая модель воздухоохлаждаемых конденсационных теплосилового оборудования

Сравнение результатов показывает, что расчет по методике работы [4] дает заниженное значение площади теплообменной поверхности. Причиной этого является неучет ограничений на скорость пара на входе во вторую ступень конденсации, накладываемых возможностью появления кризисных процессов теплообмена. При расчете соотношение площадей первой и второй ступени конденсации равно 0,16, что близко к величине расходного массового паросодержания на выходе из первой ступени. Для достижения такого соотношения требуется, чтобы КПД во второй ступени был не хуже, чем в первой, что недостижимо из-за наличия в паре неконденсирующихся газов и малых скоростей пара. Завышенное значение площади первой ступени получается из-за неучета автором изменения плотности теплового потока вдоль рассчитываемой трубы, вызванного потерями давления пара, а также расчетом КТО от пара на каждом элементарном участке по среднему коэффициенту теплоотдачи для всей трубы.

Заключение

1. Анализ существующих методик расчета АВО показывает, что из-за сложности теплогидравлических процессов в пароводяном тракте ВКУ из-за изменения КТО к воздуху по рядам пучка расчет по средним КТО с использованием среднелогарифмического температурного напора может привести к неверным результатам. Теплогидравлический расчет ВКУ целесообразно производить по локальным КТО к воздуху по рядам пучка с использованием метода последовательного разбиения рассчитываемой трубы на элементарные участки небольшого размера и расчете их в предположении, что теплогидравлические параметры вдоль них изменяются линейно.

2. Выбор в качестве расчетной шатровой конструкции ВКУ накладывает ограничения на длину используемых теплообменных труб, окончательный выбор которой может быть произведен на основании оптимизационных расчетов. Поэтому с точки зрения построения оптимизационной математической модели ВКУ его расчет может быть сведен к определению требуемых теплогидравлических параметров в трубах каждого ряда и определению общего количества труб в конденсаторе при их заданной длине.

3. С целью проектирования и построения оптимизационной математической модели ВКУ с учетом особенностей конструкции и налагаемых ограничений доработана методика конструктивного расчета, предложенная в работе [4]. Предложен алгоритм поверочного расчёта ВКУ.

4. Распределение теплогидравлических параметров вдоль труб каждого ряда при расчетном и различных эксплуатационных режимах работы. На основе модифицированного варианта

методики проведен конструктивный расчет ВКУ предлагаемого типа и его результаты сравнены результатами работы [4], при тех же значениях исходных данных. Сравнение показало, что неучет в работе [4, 6] особенностей конструкции и теплогидравлических процессов введенных в модифицированную методику ведет к занижению площади теплообменной поверхности в среднем на 9% и к значительному (на 30%) перераспределению площадей между первой и второй ступенью конденсации.

Список литературы:

1. Куракин К.Э., Литвинова Н.Б., Тупицин Ю.Е. Разработка математической модели воздухоохлаждаемой конденсационной установки для оптимизации параметров на этапах создания и эксплуатации теплогенерирующего комплекса // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. - СПб., 2019. – Вып. 669 - С. 283-288. Иванов О.П., Мамченко В.О. Аэродинамика и вентиляторы.: М.: Машиностроение, 1986. – 280 с.
2. Кунтыш Б.В., Кузнецов Н.М. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. –С-П.; Энергоатомиздат, 1992. -278 с.
3. Мельников С.В. Методика конструктивного расчета теплофикационного моноблока с воздушным охлаждением конденсаторов // Сб. трудов ВИККИ им. А.Ф.Можайского / С.Пб.: ВИККИ им. А.Ф.Можайского. – 1993. – Вып. 557. – С. 89-94.
4. Оптимизация затрат на эксплуатацию объектов наземной космической инфраструктуры / А.Н.Миргородский, Ф.Е.Ковалев, Д.А.Эльцофон // – Труды ВКА имени А.Ф.Можайского. – 2020. – № 675 – С. 288-293.
5. Алгоритм решения задачи оптимизации энергопотребления при функционировании систем жизнеобеспечения радиотехнического центра / Д.А.Авсюкевич, А.Н.Миргородский, С.Е.Ниезова // – Труды ВКА имени А.Ф.Можайского. – 2018. – № 663 – С. 7- 13.
6. Система утилизации теплоты выхлопных газов дизель-генераторных установок специальных сооружений объектов наземной космической инфраструктуры / Заложных С.Д., Моторин В.М., Сальников В.М. // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. 2018 – Выпуск №663, стр. 95-99.
7. Тупицин Ю.Е., Литвинова Н.Б., Шишкин Е.В. Математическая модель годового планирования технической эксплуатации технических систем специальных объектов при использовании гибких стратегий технического обслуживания. Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. - СПб., 2020. – Вып. 675. С. 317-323.

Блинов А.В., Корпусов А.Н., Макаров А.Д., Валуйский В.А.
Blinov A.V., Korpusev A.N., Makarov A.D., Valuiskiy V.A.

Разработка и верификация математической модели процесса остывания з специального сооружения

Development and verification of a mathematical model of the cooling process of a special build

Аннотация. В данной статье для построения математической модели теплообмена заглубленного помещения в нестационарном режиме предлагается физическая модель, в которую входят различные среды и материалы. Каждая среда или материал, имеет отличные от других теплофизические свойства. Проведенный анализ сложного нестационарного режима с произвольным характером возмущающих воздействий и с учетом начальных условий, позволил исследовать динамику переходных процессов более точно.

Abstract. In this article, for the construction of a mathematical model of heat transfer in a buried room in a non-stationary mode, a physical model is proposed, which includes various media and materials. Each medium or material with different thermophysical properties. The analysis of a complex non-stationary regime with an arbitrary nature of the disturbing influences, as well as taking into account the initial conditions, made it possible to study the dynamics of transient processes more accurately.

Ключевые слова. Нестационарный режим остывания, температура, тепловой баланс, коэффициент аккумуляции.

Keywords. Non-stationary cooling mode, temperature, heat balance, accumulation coefficient.

Системы теплоснабжения объектов военной инфраструктуры эксплуатируются в условиях переменных режимов. Однако их характеристики зависят не только от изменяющихся параметров теплоносителя, таких как расхода и давления, но и от множества различных факторов, к которым относится возникновение аварийных ситуаций, приводящее к перерывам или прекращению теплоснабжения. Известные математические модели рассматривают процесс теплопередачи в стационарном установившемся режиме, однако они не подходят для описания процессов возникающих при возникновении перерывов в теплоснабжении.

При разработке математической модели был проведен анализ работ [1, 2, 3, 9, 11, 12, 13], посвященных исследованию переходных процессов, который показал, что расчет нестационарных режимов остывания и нагрева помещений здания с помощью самой совершенной математической модели может дать значительные отклонения расчетных изменений температуры воздуха помещений от фактических значений по целому ряду причин [4, 5, 6, 10]:

сложность расчета, обусловленная взаимозависимостью отдельных элементов помещений здания, в процессе теплового расчета упрощения реальных физических процессов остывания и нагрева, введенных в математической модели;

невозможность учесть при расчете количество мебели, фактические бытовые тепловыделения и инфильтрацию и др.;

отклонения от проектной документации здания принятых технических решений при его строительстве;

отклонения теплотехнических характеристик строительных конструкций здания от расчетных, принятых при проектировании, возникших при изготовлении строительных конструкций.

В работах В.Д. Мачинского, Г.М. Кондратьева, Е.Я. Соколова и других авторов [7, 8] исследуются нестационарные температурные режимы охлаждения и нагревания тел, ограждающих конструкций и отапливаемых помещений зданий с помощью метода сосредоточенных параметров, позволяющего просто и с достаточной для практики точностью оценивать переходные процессы охлаждения и нагрева. Целесообразность применения метода сосредоточенных параметров обосновывается самим характером нестационарного процесса.

Как известно, процесс охлаждения (или нагревания) тела можно разделить на три стадии: неупорядоченный процесс – регулярный режим – тепловое равновесие. В данной статье рассматриваются первая и вторая стадия. Третья стадия будет рассмотрена в дальнейших публикациях. Первая стадия характеризуется тем, что температурное поле сильно зависит от начального теплового состояния и имеет случайный характер, не связанный с условиями охлаждения (нагрева). Кроме того, эта стадия непродолжительна по отношению ко всему процессу охлаждения (нагрева). Вторая стадия охлаждения (нагрева) наступает по истечении достаточного времени после возникновения процесса, когда начальное тепловое состояние тела или помещения перестает сказываться и закон изменения температурного поля во времени приобретает более простую форму. С момента наступления регулярного режима разность между температурой поверхностей ограждающих конструкций помещений и температурой воздуха помещений изменяется по экспоненциальному закону.

На экспоненциальной зависимости основано и уравнение Е.Я. Соколова, широко применяемое в практике теплоснабжения, с помощью которого можно определить температуру воздуха отапливаемых помещений здания в течение всего нестационарного процесса при изменении подачи тепла в здание:

$$t_{\theta} = t_n + \frac{Q}{q \cdot V} + \frac{t_{\theta}'' - t_n - \frac{Q}{q \cdot V}}{e^{z/\beta}}, \quad ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где t_{θ} – температура воздуха, которая установится в помещении здания через z ч после нарушения теплового режима, $^\circ\text{C}$;

t_{θ}'' – температура воздуха, которая была в помещениях здания в момент нарушения теплового режима, $^\circ\text{C}$;

t_n – средняя температура наружного воздуха за период нарушения теплового режима (т.е. за z ч), $^\circ\text{C}$;

Q – подача тепла в здание, кДж/ч;

V – объем здания по наружному обмеру, м^3 ;

q – удельные теплотери здания, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$;

e – основание натуральных логарифмов;

β – коэффициент аккумуляции здания, ч.

В частном случае, при отключении системы отопления и отсутствии внутренних тепловыделений ($Q = 0$) выражение (1) принимает вид:

$$t_{\theta} = t_n + \frac{t_{\theta}'' - t_n}{e^{z/\beta}}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Коэффициент аккумуляции характеризует аккумулирующую способность здания и может быть определен на основе результатов испытаний здания по формуле :

$$\beta = \frac{z}{\ln \frac{t_e'' - t_n - Q/qV}{t_e - t_n - Q/qV}}, \quad \text{ч.} \quad (3)$$

В частном случае, при отключении системы отопления ($Q = 0$) выражение (3) имеет вид:

$$\beta = \frac{z}{\ln \frac{t_e'' - t_n}{t_e - t_n}}, \quad \text{ч.} \quad (4)$$

При выводе (1) была использована предпосылка, что температура в наружной стене не зависит от координаты и в любой момент времени равна среднеарифметическому значению между температурами внутреннего воздуха помещения и наружной окружающей среды.

Уравнение теплового баланса здания в дифференциальной форме, описывающее регулярный режим охлаждения здания после скачкообразного возмущения:

$$qV(t_e - t_n)dz - Qdz = F_{nn}C_{nn}dt_{nn} - F_{ne}C_{ne}dt_{ne}, \quad (5)$$

где F_{nn} и F_{ne} – суммарные поверхности наружных и внутренних ограждений, аккумулирующих тепло, м²;

C_{nn} и C_{ne} – теплоемкости наружных и внутренних ограждений, кДж/(м²·°C);

$$C_{nn} = C_{он} \rho_{он} \delta_{он};$$

$$C_{ne} = C_{ов} \rho_{ов} \delta_{ов};$$

$C_{он}$ и $C_{ов}$ – удельные теплоемкости наружных и внутренних ограждений, кДж/(кг·°C);

$\rho_{он}$ и $\rho_{ов}$ – плотности материала наружных и внутренних ограждений, кг/м³;

$\delta_{он}$ и $\delta_{ов}$ – толщины наружных и внутренних ограждений, м.

В уравнении (4) приняты следующие упрощения:

температура наружного воздуха постоянна – $t_n = \text{const}$;

температура наружной стены равна среднеарифметическому значению между температурой внутреннего и наружного воздуха –

$$t_{nn} = \frac{t_e + t_n}{2}, \quad [t_e = f(z)];$$

температура поверхности внутреннего ограждения равна температуре воздуха помещений – $t_{ne} = t_e$;

бытовые тепловыделения и инфильтрация в здании отсутствуют;

инерционность системы отопления и ее отопительных приборов не учитывается.

С учетом упрощения уравнение (4) можно переписать в следующем виде:

$$[qV(t_e - t_n) - Q]dz = \left(-\frac{F_{nn}C_{nn}}{2} - F_{ne}C_{ne} \right) dt_e. \quad (6)$$

Обозначим разность $t_e - t_n = \Theta$. Тогда $d\Theta = dt_e$, а дифференциальное уравнение (5) примет вид:

$$dz = -\frac{F_{nn}C_{nn} + 2F_{ne}C_{ne}}{2qV\left(\Theta - \frac{Q}{qV}\right)} d\Theta. \quad (7)$$

Пусть коэффициент аккумуляции здания:

$$\beta = -\frac{F_{nn}C_{nn} + 2F_{ne}C_{ne}}{2qV} . \quad (8)$$

С учетом (6), перепишем выражение (7):

$$dz = -\frac{\beta}{\Theta - \frac{Q}{qV}} d\Theta . \quad (9)$$

Введем обозначение:

$$x = \Theta - \frac{Q}{qV} ; \quad (10)$$

тогда $dx = d\Theta$, а выражение (8) примет следующий вид:

$$dz = -\beta \frac{dx}{x} . \quad (11)$$

После интегрирования, подставив пределы x_0 и x , получим:

$$-\frac{z}{\beta} = \ln \frac{x}{x_0} , \quad (12)$$

или

$$x = x_0 e^{-z/\beta} . \quad (13)$$

С учетом принятых обозначений:

$$\Theta - \frac{Q}{qV} = \left(\Theta'' - \frac{Q}{qV} \right) e^{-z/\beta} . \quad (14)$$

В (12) подставим значение Θ и получим выражение:

$$t_e = t_n + \frac{Q}{qV} + \frac{t_e'' - t_n - \frac{Q}{qV}}{e^{-z/\beta}} .$$

Уравнение теплового баланса здания в дифференциальной форме, описывающее регулярный режим нагрева после скачкообразного возмущения:

$$qV(t_e - t_n)dz - Qdz = F_{nn}C_{nn}dt_{nn} + F_{ne}C_{ne}dt_{ne} . \quad (15)$$

Математическая теория процессов охлаждения и нагревания по существу одинакова, единственное различие заключается в знаке разности температур тела (ограждающих конструкций) и окружающей среды (температура воздуха помещений): при охлаждении – знак (+), при нагревании – знак (-). В этой связи в правой части (4 – процесс охлаждения здания) и (5 – процесс нагрева здания) меняется знак, поскольку при охлаждении здания наружные и внутренние ограждения отдают тепло внутреннему воздуху помещений, а при нагреве – аккумулируют его.

Применив для уравнения (13) упрощения и обозначения, принятые для (4), запишем:

$$dz = \frac{F_{nn}C_{nn} + 2F_{ne}C_{ne}}{2qV \left(\Theta - \frac{Q}{qV} \right)} d\Theta \quad (16)$$

Пусть коэффициент аккумуляции здания:

$$\beta = \frac{F_{nn}C_{nn} + 2F_{ne}C_{ne}}{2qV} . \quad (17)$$

С учетом (11), уравнение (10) примет вид:

$$dz = \frac{\beta}{\Theta - \frac{Q}{qV}} d\Theta . \quad (18)$$

Введем обозначения:

$$x = \Theta - \frac{Q}{qV} ;$$

тогда $dx = d\Theta$, а уравнение (16) запишется следующим образом:

$$x = \beta \frac{dx}{x} \Theta . \quad (19)$$

После интегрирования, подставив пределы x_0 и x , получим:

$$\frac{z}{\beta} = \ln \frac{x}{x_0} , \quad (20)$$

или

$$x = x_0 e^{z/\beta} . \quad (21)$$

С учетом принятых обозначений:

$$\Theta - \frac{Q}{qV} = \left(\Theta^n - \frac{Q}{qV} \right) e^{z/\beta} . \quad (22)$$

В (20) подставим значение Θ и получим:

$$t_g = t_n + \frac{Q}{qV} + \frac{t_g^n - t_n - Q/qV}{e^{z/\beta}} . \quad (23)$$

Уравнение (21) отличается от (1) знаком перед z/β . Величина z/β – это критерий, определяющий темп изменения внутренней температуры в отапливаемых помещениях здания при нарушении его стационарного режима.

Коэффициент аккумуляции здания β теоретически одинаков для режимов охлаждения и нагрева (7, 15 и является постоянной времени в дифференциальных уравнениях, описывающих регулярные режимы охлаждения и нагрева (4 и 13). Вместе с тем коэффициент аккумуляции необходимо определять на основе испытаний по зависимостям (2) и (3) для режимов охлаждения.

Для режимов нагрева здания формулу для определения коэффициента аккумуляции путем испытаний получим из (21):

$$\beta = \frac{z}{\ln \frac{t_{\%o} - t - Q/qV}{t_{\%o} - t - Q/qV}} . \quad (24)$$

Таким образом, получены уравнения, с помощью которых можно определить температуру воздуха в отапливаемых помещениях здания в течение нестационарных процессов охлаждения (1) и нагрева (20), а также формулы для определения коэффициентов аккумуляции здания опытным путем при охлаждении (2) и (3) и нагреве (21). Использование формул (1)-(3), (21) и (22) для нового метода определения темпов охлаждения и нагревания зданий позволяет повысить точность расчета, по сравнению с иными методами, фактических изменений температуры

воздуха в отапливаемых помещений для конкретного здания путем учета всех факторов, влияющих на теплообмен в здании.

Список литературы:

1. Аверьянов В.К., Смирнов А.В., Дружинин В.П. Проблемы теплоснабжения с позиций энергетической безопасности // Теплоэнергоэффективные технологии: Информ. бюлл., 1999, № 3, с. 5-9.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / МЭИ. – М., 1999. – 471 с.
3. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление. – М.: Стройиздат, 1991. – 736 с.
4. Блинов А.В., Валуйский В.А., Корпусов А.Н. «Особенности проведения мероприятий по обследованию систем отопления при проведении капитальных ремонтов воинских зданий» Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019. № S2 (3). С. 140-145.
5. Блинов А.В., Корпусов А.Н., Ревенко А.А.. «Усовершенствование схемных решений систем отопления с целью минимизации ущерба при авариях» Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № 6 (7). С. 197- 207. 3 .
6. Саркисов С.В., Путилин П.А., Сорокин А.А. Комплексное решение по повышению энергоэффективности в системах жизнеобеспечения // Проблемы управления рисками в техносфере. - 2019. №2 (50). С. 26-32.
7. Аверьянов В.К., Саркисов С.В., Корпусов А.Н., Валуйский В.А. Проблемы теплоснабжения с позиции энергетической безопасности. // Научнотехнический журнал «Вопросы оборонной техники» Серия 16: Технические средства противодействия терроризму 9-10 (147-148) – СПб – 2020 г. – С. 8-15.
8. Ивановский В.С., Саркисов С.В., Игнатчик С.Ю., Блинов А.В., Корпусов А.Н. Энергоэффективность систем жилищно-коммунального хозяйства: монография. - СПб: Изд-во Политехнического университета. 2020. 215 с.
9. Булат Р.Е., Саркисов С.В., Вакуненко В.А. Повышение эффективности функционирования жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации // Военный инженер. - 2018. № 4 (10). С. 32-39.
10. Макаручук Г.В., Саркисов С.В., Мележик А.О. К вопросу о выборе современных теплоизоляционных материалов. // Актуальные проблемы военно-научных исследований: сборник научных трудов / под ред. В.Б. Коновалова -СПб.: ПОЛИТЕХ -ПРЕСС, 2019. -С. 336-343.
11. Саркисов С.В., Блинов А.В., Корпусов А.Н. Общие положения управления режимами систем теплоснабжения при аварийных ситуациях // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2021. № S4 (16).- С. 82-87.
12. Bondarev A.V., Sarkisov S.V., Pivovarova I.I., Bolbyshev E.V., Korpusev A.N. Modeling an automated management system of technological processes in public energetics // I International Conference "ASEDU-I 2020: Advances in Science, Engineering and Digital Education" - 2020. - Vol. 1691. P. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012002
13. Коновалов В.Б., Саркисов С.В., Вакуненко В.А., Смелик А.А. Совместная работа Военного института (инженерно-технического) ВА МТО и Военного инновационного технополиса ЭРА // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № 9 (10).- С. 9-22

Анализ современных и перспективных видов электромагнитного оружия и средств защиты технических систем**Analysis of modern and promising types of electromagnetic weapons and means of protection of technical systems**

Аннотация. В статье представлен анализ современных видов электромагнитного оружия и основные направления защиты от его воздействия на технические системы.

Abstract. The article presents an analysis of modern types of electromagnetic weapons and the main directions of protection against its impact on technical systems.

Ключевые слова: электромагнитный терроризм; средства электромагнитного поражения; сверхширокополосный электромагнитный импульс.

Keywords: electromagnetic terrorism; means of electromagnetic destruction; ultra-wideband electromagnetic pulse.

Актуальность. В XX веке именно качественное развитие электротехники и электроники внесло значительный вклад в научно-техническую революцию и изменило теоретическую концепцию общества, спровоцировав переход от индустриального (постиндустриального) общества к информационному. Создание качественно новых технических средств (ТС) и оборудования, использование высокоскоростных электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и радиопередачи информации насытили окружающее пространство различными электромагнитными полями. Однако, стремительное развитие электротехники и электроники, их широкое применение во всех областях жизни человека, кроме положительного эффекта, имело и отрицательную сторону. Развитие сильноточной (высоковольтной) электротехники в сторону достижения гигантских токов (мегаамперы), напряжений (мегавольты) и мощностей (мегаватты) позволило создать мощные излучатели электромагнитных полей, являющиеся высокоэффективным средством воздействия на электронные приборы с целью их поражения [1].

В этот период начинается эпоха создания технических средств электромагнитного поражения, что открыло новое направление в мировом терроризме, который в современной литературе носит название «электромагнитный терроризм».

Он заключается в том, что создаётся мощный электромагнитный импульс, который воздействует на уязвимые электронные элементы цивилизационной среды, так называемые критические инфраструктуры, представляющие собой электронную аппаратуру самого разнообразного назначения, от компьютеров до охранной сигнализации и средств связи [2].

Таким образом, возникшая ситуация позволила по-новому смотреть на электронные системы как потенциальную и крайне привлекательную цель для террористических акций. Действительно, в отличие от ядерного, химического, биологического терроризма электромагнитное воздействие не оставляет следов и не требует для террористов индивидуальной защиты и маскировки. Акции могут осуществляться одновременно по большому числу целей, дистанционно и с использованием мобильных средств [1].

Электромагнитный терроризм (ЭМТ) создает значительную угрозу военной безопасности Российской Федерации. Как известно военную безопасность определяют, как составную часть и

важнейший компонент национальной безопасности, которая определяет состояние обороноспособности страны и её возможности по обеспечению защиты национальных интересов средствами вооруженного насилия.

Анализ характера ведения боевых действий в последних локальных конфликтах, определяет необходимость и важность обеспечения защиты технических средств объектов военной инфраструктуры от электромагнитных воздействий различного рода и происхождения. С целью выработки рекомендаций по противодействию электромагнитному терроризму необходимо проанализировать развитие средств поражения технических систем и перспективы их развития.

В Российской Федерации для соответствия требованиям по электромагнитной совместимости (ЭМС) применяются около 40 национальных стандартов ЭМС, эквивалентных европейским гармонизированным стандартам и соответствующим публикациям МЭК серии 61000 и СИСПР. Средства электромагнитного поражения постоянно совершенствуются. В последнее десятилетие в радиотехнике произошёл технологический прорыв, связанный с практическим использованием нового типа радиоволн – повторяющихся коротких сверхширокополосных электромагнитных импульсов. Они имеют длительность до 10^{-10} с, что соответствует частотному диапазону до 10 ГГц, легко фокусируются антеннами с размером порядка 1 м и достаточно просто генерируются современными полупроводниковыми приборами. Спектральная плотность сверхширокополосного электромагнитного импульса (СШП ЭМИ) распределена в интервале от сотен МГц до десятков ГГц.

Специалистами разных стран было обращено внимание на важную особенность СШП ЭМИ – необычайно высокую эффективность их воздействия на радиоэлектронную аппаратуру, в том числе оборудование с микропроцессорными средствами. Это обстоятельство позволяет использовать излучатели СШП ЭМИ в различных целях, в том числе и террористических. Широкополосность и высокая частота повторения СШП ЭМИ делают этот вид электромагнитного воздействия особенно опасным. Качественное переоснащение отечественных систем автоматики, связи и управления современной компьютерной техникой и микропроцессорными средствами приводит к тому, что в современных условиях проблема электромагнитного терроризма становится актуальной. Особенностью ЭМТ является то, что он может создаваться тайно, анонимно и на большом удалении от поражаемого объекта, может поразить большое число целей и не оставлять никаких следов.

В настоящее время электромагнитные воздействия осуществляются с использованием специальных генераторов электромагнитных импульсов, представляющих собой высокотехнологичные технические средства поражения, основной целью которых являются различные электронные системы. На рисунке 1 представлены спектры сигналов связи и спектр электромагнитного воздействия с применением современных средств поражения [1].

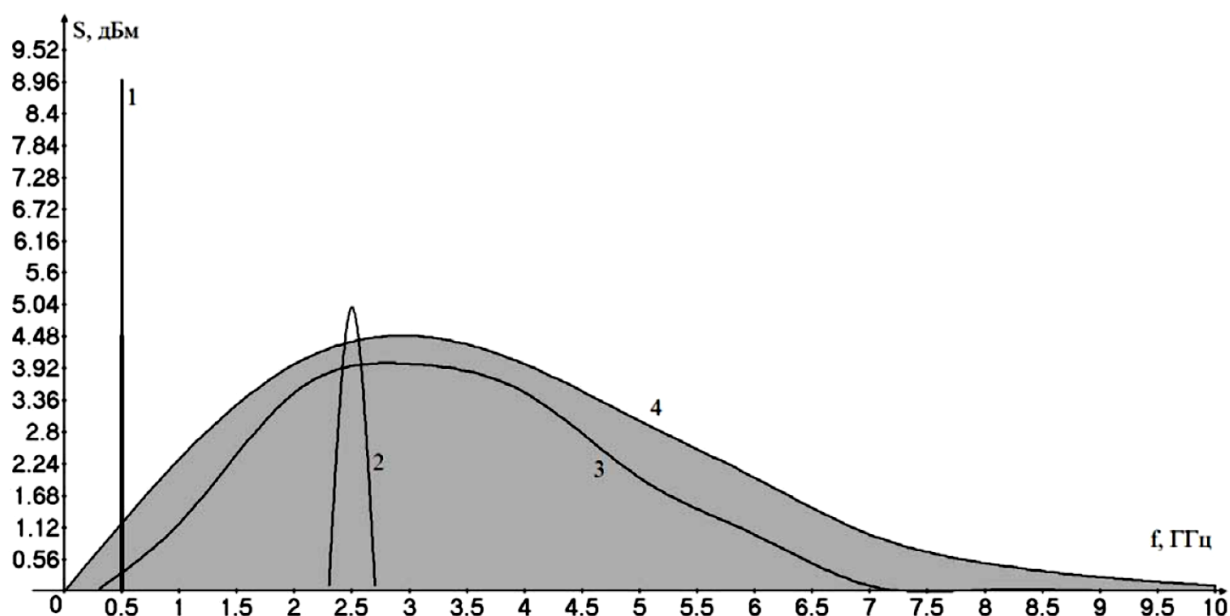


Рис. 1. Условные спектры сигналов: 1 - узкополосная связь; 2 – широкополосная связь; 3 – сверхширокополосная связь; 4 – сверхкороткий электромагнитный импульс

Как видно, сверхкороткий электромагнитный импульс способен оказывать воздействие на все системы без исключения.

Описываемые возможности технических средств электромагнитного воздействия относятся к перспективным направлениям работы научных коллективов и объектов промышленности. 16 октября 2012 года ВВС США были проведены испытания нового типа ракеты с генераторами ЭМИ вместо боеголовки. В пользование СМИ попали результаты испытаний: «В результате электромагнитного удара все оборудование было полностью выведено из строя во всех семи двухэтажных строениях, разбросанных по полигону, и символизирующих строения противника» [1,5].

Технические средства электромагнитного воздействия в целях «электромагнитного терроризма» имеются не только у зарубежных научных коллективов. В нашей стране вопросам разработки средств поражений и защиты занимаются различные ученые, научно-исследовательские институты и организации.

Массо-габаритные показатели таких технических средств определяются типом используемых накопителей энергии, размерами антенно-фидерных устройств и желаемыми масштабами воздействия. Генератор СШП ЭМИ, представляет собой «кейс», который по своему поражающему действию способен нарушить работу оборудования в объемах малоэтажного здания при воздействии в непосредственной близости от цели или внутри здания. Более мощный генератор способен поразить технические средства в аналогичном здании, но с расстояния 1,5...2 км от цели [2, 3].

Анализ технических средств электромагнитного воздействия:

Средства силового электромагнитного воздействия предназначены для уничтожения элементной базы цифровых устройств путем воздействия на них электромагнитного поля или кондуктивного напряжения и тока. Уровни электромагнитных помех, создаваемых такими генераторами, превышают значения 100 В/м. Основной эффект от их применения заключается в появлении значительных наводок в электронных цепях, что приводит к физическому выходу из строя компонентов. В случае, если напряженность электрического поля недостаточна для вывода из строя, то следствием воздействия является появление в цепях атакуемого устройства ложных

сигналов, которые значительно снижают рабочие характеристики или приводят к блокировке технического средства.

Данные генераторы по своим рабочим характеристикам подразделяются на узкополосные и широкополосные. Отличительной особенностью генераторов узкополосного воздействия является создание электромагнитных колебаний определенной частоты с высокой напряженностью электромагнитного поля. Применение узкой полосы воздействия обеспечивает высокую энергетическую эффективность воздействия. Выбор воздействующих частот осуществляется исходя из анализа рабочих характеристик объекта воздействия, оценки защитных (экранирующих) свойств и характеристики проводящих линий.

Средства широкополосного (сверхширокополосного) воздействия генерируют одиночные, либо последовательные сверхкороткие электромагнитные импульсы с длительностью фронта импульса в несколько сотен пикосекунд. Указанные импульсы создают в окружающем пространстве сверхширокополосные электромагнитные помехи, спектр которых лежит в диапазоне от МГц до ГГц. Применение широкой (сверхширокой) полосы воздействия приводит к снижению энергоэффективности ее на определенных частотах, но в то же время обеспечивает повышенную эффективность влияния на различные технические средства за счет прохождения защитных фильтров и экранов.

На рисунке 2 представлена форма сверхкороткого электромагнитного импульса [4].

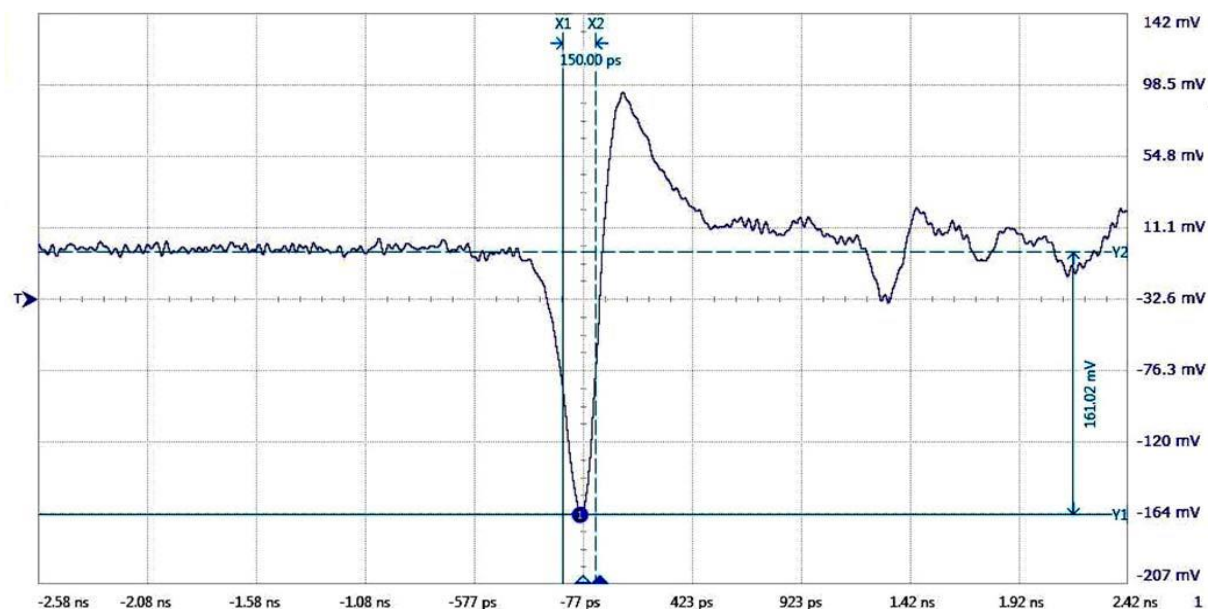


Рис. 2. Типовая форма сверхкороткого электромагнитного импульса

В настоящее время усилия разных стран направлены на совершенствование технологий электромагнитного воздействия и создание новых генераторов электромагнитных воздействий с улучшенными амплитудно-временными характеристиками.

Средства интеллектуального электромагнитного воздействия. Кроме средств силового воздействия в арсенале технических средств поражения имеются также, так называемые, средства интеллектуального электромагнитного воздействия. Такие системы имеют целью влияние на антенно-фидерную систему без упора на силовое воздействие. Принцип основан на создании сигналов аналогичных полезному сигналу по несущей частоте, модуляции и кодировании. За счет внедрения указанного сигнала появляются возможности внесения недостоверных сведений в работу устройства или постановки помехи за счет снижения пропускной способности канала вплоть до полной блокировки. Применение указанного способа возможно лишь при известных анализатору кодировках и алгоритмах модуляции.

В таблице 1 и 2 представлены технические характеристики отечественных и зарубежных генераторов электромагнитного воздействия.

Таблица 1. Отечественные генераторы электромагнитного воздействия

Название	ЭРУ-2М	ЭРУ-2МС	ОРИОН-В	Супер-С	Актив
Возбуждающее напряжение (МВ)	2,0	нет сведений	нет сведений	0,35	0,35
Длительность фронта (нс)	5	0,5	2,5 – 5	0,4	0,4
Длительность (нс)	25	3	25 – 200	3 – 130	3 – 120
Максимум Е (кВ/м)	60	200	нет сведений	220	500

Таблица 2. Зарубежные генераторы электромагнитного воздействия

Антенна: тип и размеры, (м)	Генератор: тип, Напряжение (кВ) / фронт (нс)	Длительность имп. поля (нс)	Показатель качества Е (кВ/м)х R(м)
Параболоид Ø 0,9	10/0,1	0,1	4 x 10
Решетка 0,36x0,22	40/0,14	0,17	5,9 x 10
4 диполя 0,47x0,37	35/0,18	0,36	2,5 x 10
Решетка 0,84x1,2	20/0,14	0,2	54 x 10
Решетка S = 0,68x0,43	35/0,1	0,2	14,5 x 10
решетка 0,58x0,15	2,3/0,14	0,4	3,5 x 10
Решетка 0,5x0,5	40/0,14	0,16	8,3 x 10
Решетка 0,17x0,17	40/0,14	0,17	3,6 x 10
Параболоид Ø 4 м	120/0,085	0,13	4,6 x 305
ТЕМ рупор	300/0,24	0,3	43 x 10

Как видно, из сведений, представленных в таблицах 1 и 2, в настоящее время зарубежные страны вплотную приблизились к преодолению порога в 0,1 нс, в то время как отечественные разработки немного отстают.

Однако, необходимо отметить, в настоящее время ряд отечественных научно-производственных объединений в своих НИОКР добились получения фронта импульса 0,2 нс за счет применения полупроводникового обострителя. Кроме того, отечественные перспективные генераторы при мощности в 100 МВт, рабочем напряжении 60-70 кВ в интервале частот 0...10 кГц имеют массу всего лишь 1 кг при габаритных размерах 40x200x100 мм.

Приведенные параметры перспективных генераторов значительно превосходят зарубежные аналоги и открывают перспективу использования указанных средств поражения в рамках применения радиоэлектронного подавления мероприятий радиоэлектронной борьбы.

Таким образом, современная активизация терроризма, и в особенности ЭМТ, является не локальной, а мировой проблемой. Об этом говорят крупнейшие террористические акты в США, исполненные с применением нетрадиционного оружия. Основными целями ЭМТ, с применением преднамеренного электромагнитного воздействия (ПД ЭМВ), являются информационные системы, в которых реализуется принцип обработки, хранения, записи или передачи информации. Примерами таких систем могут быть системы цифровой связи, банковские системы, промышленные объекты, системы и оборудование медицинских учреждений,

управляемые микропроцессорными средствами или с применением ЭВМ, системы безопасности, системы управления транспортными средствами.

В целях противодействия и минимизации последствий ЭМТ для нормативного обеспечения требований по устойчивости систем к ПД ЭМВ был разработан и введен в действие 01 июля 2008 года ГОСТ Р 52863-2007 «Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям». Параметры испытательных воздействий, приведенные в указанном стандарте, получены с помощью компьютерного моделирования различных сценариев атаки с применением методов электромагнитного терроризма [8].

Рассматриваемый стандарт определяет требования устойчивости технических средств к ПД ЭМВ, степени жесткости испытаний в зависимости от условий и классов эксплуатации ТС, порядок, условия, схемы и методы испытаний. Он определяет требования к характеристикам имитаторов ПД ЭМВ, параметрам испытательных воздействий и к устройствам связи/развязки между испытуемым оборудованием и имитатором ПД ЭМВ. После проведения испытаний проводится анализ соответствия критериям оценки качества функционирования ТС, на основании которых делается вывод о соответствии или несоответствии технического средства требованиям ГОСТ Р 52863-2007 по устойчивости к ПД ЭМВ.

Анализ параметров испытательных воздействий и сравнение их с современной нормативной базой по устойчивости технических средств к электромагнитным воздействиям различного рода и происхождения позволяет отметить, что преднамеренные электромагнитные воздействия («электромагнитный терроризм») в ряде случаев несут особую угрозу, так как значения величин напряжения, тока и энергии превосходят значения соответствующих параметров из области ЭМС, на соответствие требованиям которых технические средства испытывались до настоящего времени. Так, к примеру, имитаторы наиболее мощных электромагнитных воздействий в области ЭМС – микросекундных импульсных помех по сети электропитания, имеют длительность импульса до 50 мкс и энергию накопительного конденсатора, не превышающую 0,2 кДж, а имитаторы преднамеренных силовых электромагнитных воздействий могут иметь длительность импульса 0,1...20 мс с энергией 1...150 кДж. Параметры высоковольтных однократных наносекундных импульсов напряжения по энергии превышают похожие на них наносекундные импульсные помехи и электростатический разряд из области ЭМС на 4...5 порядков.

Анализ существующих средств поражения технических систем позволяет формулировать научно-обоснованные требования к средствам защиты от электромагнитных воздействий. В настоящее время для защиты технических систем от электромагнитных воздействий различного рода и происхождения, как правило, используются устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) и методы экранирования. Места установки УЗИП выбираются с учетом зонной концепции защиты, которая относится к организационным мерам.

На рисунке 3 приведена классификация основных методов защиты с использованием аппаратных средств.



Рис. 3. Основные методы защиты с использованием аппаратных средств

В таблице 3 приведены основные устройства и компоненты для защиты электрооборудования от наведенных напряжений и токов.

Таблица 3. Основные устройства и компоненты защиты от наведенных напряжений и токов

Принцип действия	Тип устройства или компонента
Пробойное снижение напряжения	Газоразрядные трубки Искровые разрядники Плавкие ограничители Ограничители на основе нелинейного сопротивления Ограничители электробезопасности для мобильной аппаратуры (для постоянного тока с $U > 400$ В)
Ограничение напряжения	Металло-оксидные варисторы Защитные лавинные диоды
Ограничение частотного спектра	Фильтры Защитные цепи
Гальваническая развязка	Оптические устройства Развязывающие трансформаторы
Комбинированные методы	Защитные цепи Ограничители электробезопасности
Высокочастотные коаксиальные линии	Шлейфовые линии Резонаторы

Для правильного выбора УЗИП необходимо проводить оценку параметров воздействующих импульсов и параметров защитных устройств, так как аппаратные средства защиты отличаются по скорости срабатывания, величинам нарастания тока или напряжения, по остаточным значениям воздействующих факторов после прохождения через средства защиты.

В настоящее время для защиты от наведенных напряжений и токов с наносекундными длительностями и фронтами импульсов используются варисторы. Время срабатывания варистора может составлять менее 10 нс. Варистор является устройством защиты

ограничивающего типа, поэтому в схемах защиты между разрядником и варистором ставится элемент, ограничивающий ток варистора на время пока сработает разрядник. Для защиты от оставшейся части импульса наносекундной длительности используются фильтры, а в слаботочных цепях – стабилитроны и диоды.

В качестве универсального средства защиты оборудования от электромагнитных воздействий в настоящее время используется УЗИП, в котором объединяются газонаполненные разрядники, варисторы и ограничительные диоды (рисунок 4) [2].

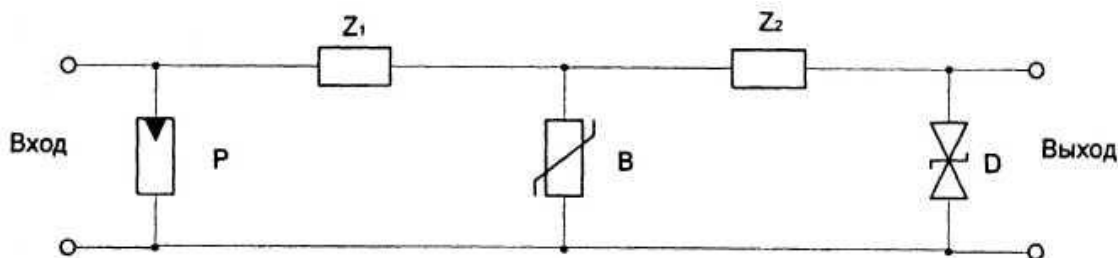


Рис. 4. Трехступенчатое защитное устройство: *P* – разрядник, *B* – варистор, *D* – стабилитрон

Работа УЗИП основывается на принципе рассеивания энергии при воздействии импульса перенапряжения. Такое сочетание элементов (рисунок 4) позволяют значительно снизить амплитуды воздействующих импульсов. Использование такой схемы защиты позволяет обеспечить уменьшение амплитудной величины воздействующего импульса перенапряжения до значений $\sim 10...20$ В при входном импульсном напряжении порядка киловольт.

Для защиты от мощных электромагнитных воздействий используются комплексы специальных устройств защиты. К ним относятся защитные устройства со взрывными приводами, нелинейные ограничители перенапряжения с тиристорными коммутаторами, нелинейные ограничители перенапряжений повышенной пропускной способности. Принципиально такие устройства состоят из двух ступеней защиты. Первая ступень защиты выполнена на нелинейных резисторах, вторая – на силовых тиристорах. Данные устройства способны замыкать жилы кабелей электроснабжения за время 100 мкс после прихода на устройства опасного перенапряжения. В таблицах 4-8 приведены технические характеристики наиболее распространенных в настоящее время средств защиты технических средств от электромагнитных воздействий различного рода и происхождения.

Таблица 4. Технические характеристики искровых газонаполненных разрядников

Тип разрядника	Статическое напряжение пробоя, В	Динамическое напряжение пробоя, В, при $du/dt=1$ кВ/мкс	Время запаздывания пробоя, мкс, при $du/dt=1$ кВ/мкс	Длительность импульса тока анода, мкс, на уровне 0,1 I_{max}	Длительность фронта импульса, мкс	Амплитуда тока в импульсе, кА
P-92	80...120	800	0,15	125	50	1,0
P-93	130...160	800	0,15	125	50	1,0
P-94	200...300	800	0,15	125	50	1,0
P-95	250...350	800	0,15	125	50	1,0
P-100	165...225	650	0,05	-	-	-

Таблица 5. Технические характеристики варисторов

Тип варистора	Параметры				
	Классификационный ток, мА	Классификационное напряжение, В	Допустимая амплитуда тока, А ($t_{0,1}=20$ мкс, $N=20$)	Допустимая амплитуда тока, А	
				$t_{0,1}=25$ мкс	$t_{0,1}=2,5$ мс
CH2-2A	1	300, 360	-	2000	120
BP-4	1	22, 27, 33, 39, 47, 56, 68	200-500	-	-

Таблица 6. Технические характеристики стабилитронов

Тип стабилитрона	Напряжение стабилизации, В	Предельный ток стабилизации, А	Перегрузка по току стабилизации в течение 1 с, А	Однократный разрушающий ток стабилитрона, А, при форме импульса, мкс/мкс		
				1,5/40	40/150	100/400
Д 815 А	5...6,2	1,4	2,8	1600	650	500
Д 817 Г	90...110	0,05	0,1	50	30	17

Таблица 7. Технические характеристики защитных устройств с взрывным приводом

Характеристики	Тип защитного устройства	
	Взрывной переключатель	Взрывной предохранитель
Номинальное напряжение, кВ	0,4	до 0,4
Номинальная частота, Гц	50	0-400
Номинальный ток, А	630	5
Напряжение срабатывания, кВ	4,8-5,5	0,5-0,6 1,0-1,2 1,5-2,0
Максимальная скорость нарастания напряжения, кВ/мкс	10	10
Амплитуда воздействующего тока на одну фазу, кА	200	5
Максимальная скорость нарастания тока, кА/мкс	5	5
Длительность импульса тока до полуспада, мс	10	10
Продолжительность замыкания жил кабеля на землю, мкс	15	-
Продолжительность отключения нагрузки, мкс	100	30
Исполнение	4-полюсное	на 14,27,37 полюсов

Таблица 8. Технические характеристики нелинейного ОН 15P169.1

Наименование характеристик	Номинальное значение
Длительность импульса тока через изделие на уровне 0,1 амплитуды, с	(6,5+1,5).10-3
Длительность фронта импульса тока на уровне 0,1÷0,9	(1+0,5).10-6
Скорость нарастания напряжения на входе устройства, В/мкс, не более	10000
Скорость нарастания тока на входе устройства, А/мкс, не более	5000

Наименование характеристик	Номинальное значение
Максимальный ток в многократном режиме, А	500+50
Длительность импульса тока на уровне 0,1 амплитуды, с	(100+10).10 ⁻⁶
Длительность фронта импульса тока на уровне 0,1÷0,9 амплитуды, с	(0,5+0,1).10 ⁻⁶

Как видно из таблиц 2-8 современные средства защиты предназначены для защиты технических средств от электромагнитных воздействий, направленных на пробой изоляции, в то время как современные генераторы электромагнитных воздействий обладают субнаносекундным временным диапазоном формируемого фронта импульса, что переводит воздействие из разряда, разрушающего в разряд нарушающего воздействия.

В таблице 9 приведены параметры зарубежных генераторов электромагнитных воздействий субнаносекундного временного диапазона.

Таблица 9. Зарубежные генераторы электромагнитного воздействия

Разработчик	Напряжение (кВ)/фронт (нс)	E(кВ/м)×R(м)	Поле фронт/длительн. (нс)	Частота следования
AFRL США	120/0,1	4,6 x 305	0,085/0,13	f _{непрер.} =10 Гц f _{краткр.} =200 Гц
Сиань	200/0,37	нет данных	нет данных	f = 100 Гц

Наука видит новую опасность, предупреждает о ней и предлагает пути выхода из положения для максимального снижения возникшей угрозы. Подводя итог, следует сказать, что соответствие технических средств требованиям ГОСТ Р 52863-2007 является не только обязательным на всей территории Российской Федерации, но и призвано обеспечить защиту оборудования и технических средств особо важных систем от «электромагнитного терроризма».

Таким образом, на основании анализа средств защиты и сравнения их с параметрами современных и перспективных генераторов электромагнитных воздействий следует сделать вывод о том, что требуется продолжение работы в области разработки принципиально новых средств защиты, обеспечивающих защиту технических средств от воздействий со спектральной плотностью лежащей в гигагерцовом частотном диапазоне при субнаносекундных временах фронтов и длительностей воздействующих импульсов.

Список литературы:

1. Лоборев В. Электромагнитный терроризм / В. Лоборев // Военные знания, 2000. – № 8. – С. 44-45.
2. Тибен М. Трехступенчатая схема защиты от импульсных перенапряжений / М. Тибен // Компоненты и технологии, 2003.
3. Пименов П. Н. Сравнительный анализ влияния сверхкороткого электромагнитного импульса на узкополосные, широкополосные, сверхширокополосные системы радиосвязи / П.Н. Пименов // Технологии ЭМС, 2015. – № 1 (52).
4. Туркин В. А. Генератор мощных электромагнитных импульсов с субнаносекундным фронтом / В.А.Туркин, С.В.Альбетков, К.Ю.Сахаров // ТЭ, 1993. – № 6.
5. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: <http://www.mk.ru/science/article> (Дата обращения 25.10.2012).
6. Петровский В. И. Помехи в технологии обеспечения информационной безопасности / В.И. Петровский, В.В. Петровский. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004.
7. Балюк Н. В. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты / Н.В. Балюк, Л.Н. Кичиев, П.В. Степанов. М.: ИД Технологии, 2008 г.
8. ГОСТ Р 52863-2007 «Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям».

Математический аппарат расчета средств повышения защищенности специальных фортификационных сооружений при воздействии современных средств поражения

Mathematical apparatus for calculating means of increasing the security of special fortifications under the influence of modern means of destruction

Аннотация. В статье рассмотрен научный аспект применения одного из способов защиты подземных сооружений от механического воздействия волны сжатия (ВС) в грунте. Суть предлагаемого способа заключается в компенсации (поглощении) кинетической энергии ВС массивной конструкцией экранирующего тюфяка. Основное преимущество данного способа заключается в расходовании кинетической энергии ВС на приведение в движение массивной защитной конструкции и пластического сжатия грунта под ней.

Abstract. The article considers the scientific aspect of the application of one of the methods of protecting underground structures from the mechanical effects of compression waves in the ground. The essence of the proposed method is to compensate (absorb) kinetic energy in with a massive design of the screening mattress. The main advantage of this method is the expenditure of kinetic energy of the aircraft to set in motion a massive protective structure and plastic compression of the soil under it.

Ключевые слова: волна сжатия, экранирование, защитный тюфяк, податливая прослойка.

Keywords: compression wave, shielding, protective mattress, malleable interlayer.

Введение

Опыт локальных войн и военных конфликтов показывает, что противоборствующие стороны для нанесения ударов по объектам, в т.ч. высокозащищенным, широко применяют высокоточное оружие (ВТО), оснащенное неядерной боевой частью, которая обеспечивает успешное решение задачи по уничтожению наземных и подземных целей. Применение этого оружия показало высокую эффективность его применения и экономическую целесообразность дальнейшего его развития. Это обуславливает актуальность и необходимость проведения дальнейших исследований способов и средств повышения защищенности объектов различного уровня.

Если при проектировании новых объектов осуществление повышения защищенности возможно принятием определенных конструктивных решений и выбором глубины посадки сооружения [1], то уже существующие объекты допускают применение ограниченного количества вариантов, таких как увеличение толщины обсыпного слоя или применение защитного тюфяка, состоящего из защитного экрана и податливой прослойки между ним и защитной конструкцией сооружения [2]. Суть применения защитного тюфяка состоит в «экранировании», т.е. в том, чтобы израсходовать существенную часть приложенной энергии воздушной ударной волны на движение большой массы защитного экрана и демпфировании податливой прослойки между экраном и сооружением [3].

Физические процессы, возникающие при воздействии волны сжатия на защитный тюфяк

Рассмотрим порядок расчета податливой прослойки для обеспечения требуемой защищенности объекта.

Вербальную модель явления компенсации (поглощения) кинетической энергии волны сжатия в грунте можно представить на примере простейшей кинетической системы [4]. Площадная конструкция защитного экранирующего тюфяка воспринимает нагрузку от ВС и в некоторый момент времени приводится в движение. Под воздействием движущегося защитного тюфяка частицы грунта в массиве под подошвой тюфяка перемещаются относительно друг друга, что приводит к их уплотнению, таким образом происходит пластическое сжатие грунта до некоторого предела [5]. Вследствие этого происходит расходование значительной части кинетической энергии ВС на преодоление инерционного сопротивления тюфяка. Особое внимание при применении данного способа защиты необходимо уделить правильному расположению защитного тюфяка в грунтовом массиве относительно покрытия подземного сооружения. Толщину грунтового слоя между защитным тюфяком и покрытием подземного сооружения необходимо рассчитывать из условия работы грунта при сжатии в пластической стадии до полной компенсации кинетической энергии ВС.

Деформирование податливой прослойки может быть описано различного рода реологией. Наиболее простой реологией для грунтов с большим содержанием глинистых частиц (суглинка), а также искусственного податливого материала (пенобетона) является реология по диаграмме «сухого трения», основанной на диаграмме Прандтля [6]. Для приближенных расчетов реальное динамическое нагружение по импульсу заменяется линейным динамическим нагружением. (рис. 1).

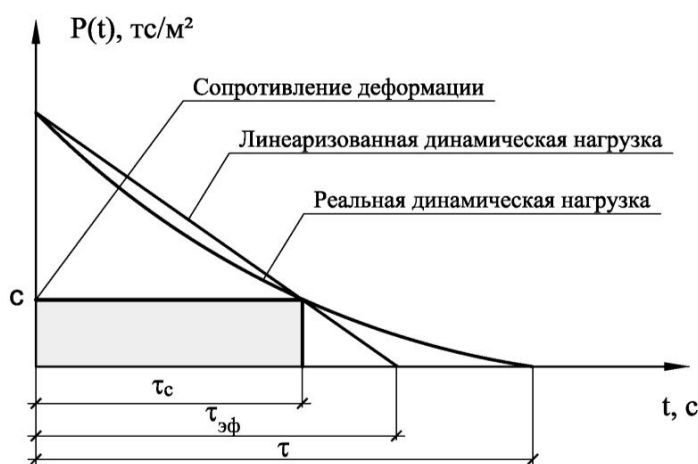


Рис. 1. Диаграмма «сухого трения» с представлением линейной динамической нагрузки

На рисунке 2 представлена реология механического аналога сопротивления деформации податливого материала по диаграмме Прандтля («сухое трение»).

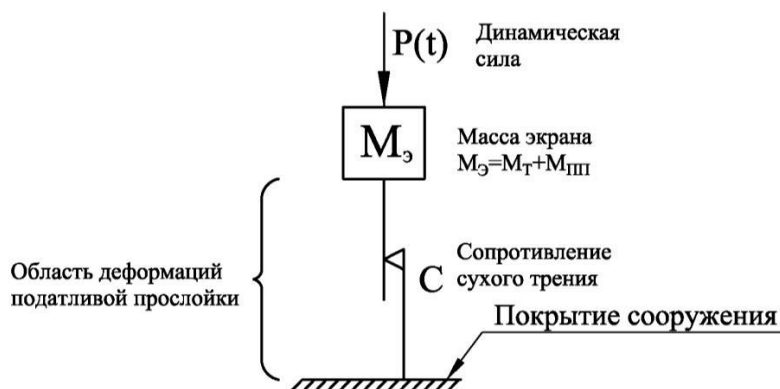


Рис. 2. Механический аналог «сухого трения»

До тех пор, пока деформация податливой прослойки будет происходить по диаграмме Прандтля, на покрытие будет действовать фактически сила сопротивления C до того момента, пока не произойдет ее выравнивание с убывающей по времени динамической нагрузкой. А при ее уменьшении, т.е. при $P(t) < C$, податливая прослойка не будет реагировать вследствие достаточности ее прочности на малое нагружение [7].

Аналитическая модель расчета податливой прослойки защитной конструкции

Движение масс (тюфяка и податливой прослойки) вследствие деформации прослойки можно представить в виде дифференциального уравнения:

$$(M_T + M_{\text{пп}})z = P_T(t) - C, \quad (1)$$

- где $P_T(t)$ – расчетная динамическая нагрузка, кгс/см²·с²;
 M_T – масса тюфяка, кг;
 $M_{\text{пп}}$ – масса податливой прослойки, кг;
 C – сопротивление деформации податливой прослойки на площади $F_0 = 1 \text{ м}^2$, кгс/см²·с²;
 z – ускорение экранирующей конструкции при перемещении (тюфяка), м/с².

$$P_T = K_d \Delta p_{\text{вс}} \left(1 - \frac{t}{\tau_{\text{эф}}} \right), \quad (2)$$

- где K_d – коэффициент динамичности воздействия динамической нагрузки на покрытие для импульса треугольной формы;
 $\Delta p_{\text{вс}}$ – избыточное давление во фронте волны сжатия, кгс/см²;
 t – время протекания процесса воздействия ВУВ на сооружение, с;
 $\tau_{\text{эф}}$ – эффективное время действия линеаризованного импульса, с.

$$\tau_{\text{эф}} = \frac{2\tau}{n+1}, \quad (3)$$

- где n – показатель интенсивности динамической нагрузки, определяемый из теории взрыва [2] по формуле:

$$n = 1,9\sqrt{\Delta p_{\text{сз}}}, \quad (4)$$

При начальных условиях $t = 0$; $z = \dot{z} = 0$; дифференциальное уравнение в момент времени $t < \tau_c$ имеет решение в виде:

$$M_T + M_{\text{пп}} z = \frac{\tau_{\text{эф}}^2 P_T}{2C} \left(1 - \frac{4P_T}{3C} \right), \quad (5)$$

При этом перемещения тюфяка определяются способностью обжатия грунта с относительной деформацией в предельном состоянии.

$$z = h_{\text{пп}} \varepsilon_{\text{пп}}, \quad (6)$$

- где $h_{\text{пп}}$ – толщина податливой прослойки, м;
 $\varepsilon_{\text{пп}}$ – коэффициент сжимаемости грунта.

Так как площадь F_0 входит в состав левой и правой частей выражения (1), произведем его преобразование для определения требуемого значения высоты податливой прослойки для эффективной работы «экрана»:

$$\rho_T h_T + \rho_{\text{пп}} h_{\text{пп}}^2 \varepsilon_{\text{пп}} = \frac{\tau_{\text{эф}}^2 C}{2P_T} \left(C \left(1 - \frac{C}{3P_T} \right) - \frac{C^2}{P_T} \right), \quad (7)$$

где h_T — толщина защитного тьюфа, м;
 ρ_T — массовая плотность материала защитного тьюфа, кг/м³;
 $\rho_{\text{пп}}$ — массовая плотность материала податливой прослойки, кг/м³.

Для получения значений P_T по зависимости (2) воспользуемся выражением для определения коэффициента динамичности воздействия нагрузки на покрытие для импульса треугольной формы:

$$K_d = 2 \left(1 - \frac{\arctg \omega_{\text{п}} \tau_{\text{эф}}}{\omega_{\text{п}} \tau_{\text{эф}}} \right), \quad (8)$$

где $\omega_{\text{п}}$ — низшая частота колебания покрытия специального сооружения, с⁻¹.

Вследствие того что при экранировании воздействие на покрытие подземного сооружения передается в силу принятой реологии податливого материала по диаграмме Прандтля, т.е. по прямоугольному импульсу, практически будем иметь значение $K_d \gg 2$ с учетом частичного обжатия податливой прослойки с некоторым коэффициентом $\varepsilon_{\text{пп}} < 1$.

Дальнейшее решение относительно высоты податливой прослойки $h_{\text{пп}}$ превращается в решение уравнения (7) как алгебраического уравнения второй степени:

$$h_{\text{пп}}^2 + \frac{\rho_T h_T h_{\text{пп}}}{\rho_{\text{пп}}} - \frac{\frac{\tau_{\text{эф}}^2 C}{2P_T} \left(C \left(1 - \frac{C}{3P_T} \right) - \frac{C^2}{P_T} \right)}{\varepsilon_{\text{пп}} \rho_{\text{пп}}} = 0, \quad (9)$$

Анализ и решение уравнения (9) позволяет получить при известных начальных условиях зависимость для определения высоты податливой прослойки

$$h_{\text{пп}} = -\frac{p}{2} + \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}, \quad (10)$$

где

$$p = \frac{\rho_T h_T}{\rho_{\text{пп}}}, \quad q = \frac{-\frac{\tau_{\text{эф}}^2 C}{2P_T} \left(C \left(1 - \frac{C}{3P_T} \right) - \frac{C^2}{P_T} \right)}{\varepsilon_{\text{пп}} \rho_{\text{пп}}} \quad (11)$$

Таким образом, уравнение для определения требуемой высоты податливой прослойки примет вид:

$$h_{mn} = \frac{\rho_T h_T}{2\rho_{mn}} + \sqrt{\left(\frac{\rho_T h_T}{2\rho_{mn}}\right)^2 + \frac{\tau_{эф}^2 C \left(\frac{C^2}{P_T} + \frac{4C^2}{3P_T^2}\right)}{\varepsilon_{mn} \rho_{mn}}}, \quad (12)$$

Отметим, что приемлемое значение высоты податливой прослойки можно подобрать, варьируя такие параметры, как ρ_T , h_T , ρ_{mn} , ε_{mn} , в соответствии с обеспечением защищенности при воздействии сверхсильной или сильной ВС в грунте от различных внешних факторов.

Заключение

Применение предложенного способа защиты несущих и ограждающих конструкций подземных сооружений от механического воздействия волны сжатия в грунте позволяет оперативно повысить защищенность сооружения с малыми временными и финансовыми затратами.

Предложенный математический аппарат позволяет рассчитать требуемые параметры конструкций (толщина и конструктивная схема защитного тюфяка, толщина податливой прослойки), возводимых при использовании данного способа повышения защищенности на существующих сооружениях.

При проектировании новых защитных сооружений на основе предложенных зависимостей появляется возможность обоснованного применения инновационных.

Список литературы:

1. Сурин Д.В. Аналитические методы оценки защищенности и живучести объектов и комплексов: монография. – СПб.: МО РФ, 1997. -249 с.
2. Анализ способов и средств повышения уровня защиты зданий и сооружений от действия ударных волн // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 2. С. 73-78.
3. Мухин В.И., Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Панин Г.В. О методике оценки состояния потенциально опасных объектов при воздействии воздушной ударной волной от обычных средств поражения // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 1 (32). С. 7-15
4. Тюкалов Ю.Я. Конечно-элементные модели в напряжениях для задач плоской теории упругости Инженерно-строительный журнал. 2018. № 1(77). С. 23–37.
5. Абдрахманов Н.Х., Волкова Ю.В. Взаимодействие воздушной ударной волны с наземными объектами // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2013 № 6. С. 432-444.
6. Тюкалов Ю.Я. Функционал дополнительной энергии для анализа устойчивости пространственных стержневых систем // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 2 (70). С. 18–32
7. Яковлев С.Н., Мазурин В.Л. Виброизолирующие свойства полиуретановых эластомеров, применяемых в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 6(74). С. 53–60.

Роль математической подготовки в формировании профессиональных компетенций курсантов военно-морских вузов

The role of mathematical training in the formation of professional competencies of cadets of naval universities

Аннотация: в статье рассматривается роль математической подготовки в формировании профессиональных компетенций курсантов военно-морских вузов, обосновывается её важность.

Abstract: the article discusses the role of mathematical training in the formation of professional competencies of cadets of naval universities, its importance is justified.

Ключевые слова: математика, обучение математике, компетенция, профессиональные компетенции, математическая подготовка, курсант.

Keywords: mathematics, teaching mathematics, competence, professional competence, mathematical training, cadet.

Развитие системы военного образования и подготовка квалифицированных военных кадров являются приоритетными задачами Минобороны России и важнейшими направлениями деятельности для обеспечения обороноспособности страны.

Подготовка офицера в военно-морском вузе подчинена конкретной цели – выполнению государственного заказа в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования на подготовку высокопрофессиональных специалистов с заранее заданным уровнем профессиональной компетентности. Основной и главной задачей военно-морских вузов является подготовка высококвалифицированных офицерских кадров, профессионалов воинского труда.

«Профессионализм военнослужащего – акмеологическая интегральная профессионально-личностная характеристика, обуславливающая продвижение военнослужащего к собственной вершине в воинском труде, формирующаяся в процессе его военно-профессиональной деятельности, что приводит к целостному развитию личности военнослужащего, профессионала, постоянно самосовершенствующегося в своей военно-профессиональной деятельности, высокоэффективной, творческой в любых условиях и ситуациях» [1, С.92; 2, С.65].

Система военного образования является инструментом формирования кадрового потенциала Вооруженных Сил РФ и является частью государственной системы образования в России. Она не находится в стороне от процессов модернизации образования и развивается в рамках общероссийской образовательной политики. Поэтому реформы, происходящие в системе образования страны, безусловно, оказывают свое влияние и на развитие военного образования.

Профессиональная деятельность военно-морского специалиста предъявляет повышенные требования к профессиональной подготовленности курсантов военно-морских вузов, а вследствие этого возрастают требования к качеству профессиональной подготовки будущих офицеров военно-морского флота. В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования результатом образования считается способность выпускников военно-морских вузов адекватно действовать в различных ситуациях профессиональной деятельности.

Специфика обучения курсантов в военных вузах ВМФ значительно отличается от подготовки гражданских морских специалистов. Основополагающими в организации образовательного процесса в военном вузе являются не только государственные образовательные стандарты и квалификационные требования (КТ) к подготовке военных специалистов, но и программы боевой и общественно-государственной подготовки, военная доктрина государства, воинские уставы, военная наука. Также, необходимо учитывать, что процесс обучения курсантов в высших военно-морских учебных заведениях неразрывно связан с подготовкой к выполнению специальных функциональных обязанностей на кораблях и в береговых частях ВМФ.

Таким образом, при планировании и организации образовательного процесса в рамках требований ФГОС и КТ, необходимо учитывать, что учебный процесс в военном вузе отличается от государственных учебных заведений содержанием образования, его целями, а также функциональными обязанностями обучающихся.

Курсанты военно-морских вузов за годы обучения охватывают весь горизонт науки. Получая военно-инженерное образование по специальности, они изучают математические, естественнонаучные и гуманитарные дисциплины, общенаучные и общетехнические дисциплины; военные и военно-специальные дисциплины, необходимые специалистам данного профиля для выполнения служебных обязанностей на кораблях.

Математика относится к числу фундаментальных дисциплин, является основополагающей и обязательной дисциплиной в профессиональном образовании будущих военных специалистов. «Математика – это наука о структурах, порядке и отношениях» [3], изучает воображаемые, идеальные объекты и соотношения между ними, используя формальный язык.

Изучение математики развивает такие интеллектуальные базовые качества как критичность – способность фиксировать и разрешать противоречия; дисциплинированность ума – способность строить свою интеллектуальную деятельность по плану; самоконтроль – способность к оценке промежуточных и конечных результатов, самопроверке. Математика формирует важные для жизни и профессиональной деятельности качества личности курсантов, такие как настойчивость в достижении цели, упорство, трудолюбие, аккуратность.

В первую очередь, военное образование обслуживает государственный кадровый заказ, осуществляя подготовку военных специалистов по военно-учетным специальностям (ВУС).

Военно-профессиональная подготовка курсантов в военных вузах ВМФ необходима и подчинена конкретной цели – выполнению государственного заказа в соответствии с ФГОС ВО и КТ на подготовку высокопрофессиональных военных специалистов с заранее заданным уровнем профессиональной компетентности. Определение кадрового заказа позволяет сформировать конечный образ выпускника военно-морского вуза, который раскрывал бы основные направления подготовки данного выпускника.

Анализ педагогической литературы свидетельствует об отсутствии единого мнения относительно определения содержания понятий «компетенция» и «компетентность».

В современной отечественной педагогике понятия «компетентность» и «компетенция» активно начали употребляться в 90-е гг. XX века в работах П.П. Борисова, И.А. Зимней, В.А. Кальней, В. Ландшера, А.А. Пинского, М.В. Рыжакова, А.В. Хуторского, М.А. Чошанова, Б.Д. Эльконина др.

И.А. Зимняя определяет компетенции как некоторые «внутренние, потенциальные, сокрытые психологические новообразования (знания, представления, программы (алгоритмы) действий, системы ценностей и отношений), которые затем выявляются в компетентностях человека как актуальных, деятельностных проявлений» [4].

«Компетенция как сущность возникает только тогда, когда в нужное время в нужном месте образуется комбинация: знаний, умений, навыков, мотивационных факторов, личностных качеств, ситуационных намерений». [5].

Согласно В.Д. Шадрикову компетенция – это круг вопросов, в которых кто-нибудь хорошо осведомлен, круг чьих-нибудь полномочий, прав. «Таким образом, мы видим, что компетенция относится не к субъекту деятельности, а к кругу вопросов, относящихся к деятельности. Другими словами, компетенции – это функциональные задачи, связанные с деятельностью, которые кто-то может успешно решать. Компетентность же относится к субъекту деятельности. Это приобретение личности, благодаря которому человек может решать конкретные задачи» [6].

В макете ФГОС понятие компетенции вводится следующим образом: «компетенция – способность применять знания, умения, навыки и личностные качества для успешной деятельности в определенной области».

Таким образом, для всех определений компетенции общим является понимание ее как свойства личности, потенциальной способности индивида справляться с различными задачами, как совокупность знаний, умений и навыков, необходимых для осуществления конкретной профессиональной деятельности. При этом наблюдается взаимодействие когнитивных и аффективных навыков, наличие мотивации и соответствующих ценностных установок.

Компетенции произрастают из задач профессиональной деятельности. Отсюда наполнение компетенций определенным уровнем знаний, умений и навыков производится на уровне образовательного учреждения с учетом специфики профессиональной деятельности выпускника.

Набор компетенций различен для различных уровней ВО, поскольку он связан с задачами деятельности, а они различны для разных уровней. Поэтому формирование компетенций производится в соответствии с требованиями к подготовленности выпускника.

Структура ФГОС содержит требования к результатам освоения основных образовательных программ, под которыми подразумеваются требования к общим, социальным, профессиональным компетенциям, а также знаниям, умениям и развитию личностных качеств обучающихся, обеспечивающим реализацию соответствующих компетенций. Наполнение компетенций конкретным содержанием и определенным уровнем знаний, умений и навыков производится исходя из требований, предъявляемых к выпускникам, и зависит как от уровня подготовки, так и от вида его будущей профессиональной деятельности.

В диссертационном исследовании А.И. Шишкова отмечается, что «сущность профессиональной компетентности будущего офицера заключается в сформированности группы качеств, которые отвечают требованиям военной службы, а содержание компетентности военного специалиста определяется целями, задачами, особенностями воинского труда» [7].

Рассмотрим перечень общепрофессиональных компетенций по специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок», на формирование которых направлено обучение математике согласно ФГОС ВО:

- способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, аналитические методы в профессиональной деятельности (ОПК-2);
- способность проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-3).

Анализ КТ показывает, что наряду с компетенциями, которые регламентированы ФГОС ВО, выпускник военного вуза должен обладать еще рядом специфических военно-профессиональных компетенций, установленных квалификационными требованиями (КТ) к военно-профессиональной подготовке (ВПП). Эти компетенции дополняют как общекультурные

(ОК), так и профессиональные компетенции (ПК) ФГОС и обозначаются, соответственно: военно-профессиональные общекультурные компетенции (ВПК.ОК) и военно-профессиональные профессиональные компетенции (ВПК.П). Определение структуры профессиональных компетенций возлагается на орган военного управления, в интересах которого осуществляется подготовка военных кадров. В свою очередь ВПК.П включают в себя: общепрофессиональные военно-профессиональные компетенции (ВПК.ОП), компетенции по видам профессиональной деятельности (ВПК.П): научно-исследовательская, управленческая (повседневная и боевая), эксплуатационная, обучающая и воспитательная деятельности.

Военно-профессиональные компетенции должны соответствовать задачам военно-профессиональной деятельности военного специалиста.

В качестве примера рассмотрим военно-профессиональные компетенции, которые содержатся в КТ по специальности: «Эксплуатация атомных энергетических установок».

К общекультурным компетенциям относится: 1) способность анализировать и оценивать современную военно-политическую и военно-экономическую обстановку, общественно-политические явления и социальные процессы в стране и ВС (ВПК.ОК-1); 2) способность управлять процессом формирования физической культуры личности, здорового образа жизни и проводить различные формы физической подготовки с военнослужащими (ВПК.ОК-2).

К общепрофессиональным относятся следующие компетенции: 1) способность управлять катером, шлюпкой на вёслах и под парусом, ориентируясь с использованием средств навигации (ВПК.ОП-1); 2) способность поддерживать личную физическую готовность к выполнению боевых и других задач в соответствии с предназначением, применять на практике приемы и действия выживания в одной среде, рукопашного боя и преодоления препятствий (ВПК.ОП-2).

Рассмотрим также некоторые виды профессиональных задач в соответствии с видами профессиональной деятельности специалистов-выпускников по направлению подготовки «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Так, *проектная деятельность*, подразумевает решение следующих задач: формирование цели проекта (программы), решения задач, критериев и показателей степени достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом системы национальных и международных требований, нравственных аспектов деятельности; разработка проектов объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эргономических, эстетических, экологических и экономических требований; использование информационных технологий при проектировании, разработке и эксплуатации новых видов судового оборудования, а также транспортных предприятий; участие в разработке проектной и технологической документации для ремонта, модернизации и модификации судового оборудования; участие в разработке проектов технических условий и требований, стандартов и технических описаний, нормативной документации для новых объектов профессиональной деятельности.

Научно-исследовательская деятельность включает в себя такие виды деятельности как: участие в фундаментальных и прикладных исследованиях в области судоходства и других смежных областях; анализ состояния и динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований; создание теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства объектов профессиональной деятельности; разработка планов, программ и методик проведения исследований объектов профессиональной деятельности; информационный поиск и анализ информации по объектам исследований; техническое, организационное обеспечение и реализация исследований; анализ результатов исследований и разработка предложений по их внедрению.

Такие методы математики как анализ, синтез, логические заключения развивают у курсантов логическое мышление, умение правильно устанавливать причинно-следственные связи. Знание и владение математическими методами, а также прикладными возможностями математики как исследовательского инструмента для других дисциплин, обеспечит качественную подготовку будущего военного специалиста, его развитие как образованной личности, что, в свою очередь, является основой формирования профессиональной компетентности.

В процессе обучения математика формирует и развивает способности будущего военного специалиста строить математическую модель профессионально-ориентированной задачи, применять математические методы в процессе решения учебной задачи и прогнозировать процесс решения учебной задачи на решение задачи реальной. Важность математики как учебной дисциплины заключается не столько в применении математических методов при решении учебной задачи, сколько в умении построить математическую модель данной задачи, и спрогнозировать процесс её решения на профессиональную задачу.

Таким образом, ведущим направлением в формировании профессиональной компетентности будущего офицера является математическая подготовка. От качества математической подготовки в значительной степени зависит уровень профессиональной подготовки будущего офицера.

Качественная математическая подготовка является базой подготовки будущих военных инженеров, поскольку прочные математические знания позволяют выпускникам военных вузов квалифицированно решать сложные инженерные задачи, самостоятельно изучать и осваивать новые технологии.

Список литературы:

1. Митрахович В.А. Педагогический потенциал воинского социума как механизм его педагогического влияния на профессионализм военнослужащего контрактной службы // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Сер.: Педагогические науки. 2014. №4(89). С. 92–95.
2. Митрахович В.А. Структура профессионализма военнослужащего // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2015. № 9–10 (104). С. 64–69.
3. Философский словарь. Под ред. Фролова И. Т. – 5 изд. – М.: Политиздат, 1987 г.
4. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня, 2003. – № 5.
5. Овчинников А.В. О классификации компетенций / Организация психологии. 2014. Т №4.
6. Шадриков В.Д. Личностные качества педагога как составляющие профессиональной компетентности // Вестник Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова. Серия Психология, № 1, 2006.
7. Шишков А.И. Формирование профессиональной компетентности курсантов военных вузов в ходе тактико-специальной подготовки: дис. канд. пед. наук. М., 2014. – 278 с.

К вопросу о проверке достоверности педагогического эксперимента**On the question of verifying the validity of a pedagogical experiment**

Аннотация. В статье приведен анализ вариантов прогнозирования результатов педагогического эксперимента, определению условий достоверности ожидаемых результатов. Представлены результаты проведенного исследования и вариант автоматизации данного процесса путем использования авторской программы.

Abstract. The article provides an analysis of options for predicting the results of a pedagogical experiment, determining the conditions for the reliability of the expected results. The results of the conducted research and the option of automating this process by using the author's program are presented.

Ключевые слова: педагогический эксперимент, метод экспертных оценок, прогнозирование эффективности исследования, автоматизация расчетов.

Keywords: pedagogical experiment, expert evaluation method, forecasting the effectiveness of research, automation of calculations.

Актуальность. Несомненно, институт высшего образования – одна из важнейших общественных систем, обеспечивающих подготовку квалифицированных кадров, необходимых для непрерывного развития общества и гармоничного функционирования его механизмов. В современном мире выполнение такой ключевой задачи, как обеспечение различных отраслей профессиональными специалистами, требует от системы образования динамичности и гибкости, заключающихся в своевременном реагировании на постоянно возникающие вопросы, продиктованные временем и научно-техническим прогрессом. Такие требования в полной мере относятся и к сфере военно-профессионального образования и в особенности при подготовке специалистов инженерного профиля. Они обусловлены, преимущественно, быстрым развитием военно-промышленного комплекса, ускоренной модернизацией Вооруженных Сил Российской Федерации, а также улучшением качественной подготовки личного состава.

Динамичность военно-профессионального образования, как и образования в целом, напрямую зависит от способности в кратчайшие сроки организовывать подготовку таких специалистов, навыки которых будут отвечать постоянно повышающимся требованиям и изменяющимся внешним условиям их профессиональной деятельности. То есть в современных условиях образовательный процесс должен непрерывно дополняться и оптимизироваться в соответствии с развитием соответствующей отрасли. При этом необходимо придерживаться основных принципов и фундаментальных подходов системы, неоднократно проверенных временем.

Необходимо также отметить, что непрерывное развитие системы военно-профессионального образования не может быть односторонним и проводиться только в отношении содержания учебных программ. Не менее важным аспектом является разработка новых методик обучения специалистов и преподавания, позволяющих достигнуть наибольшего эффекта от образовательного процесса.

Очевидно, что реализация принципа динамичности современного образования невозможна без участия широкого круга научно-педагогического состава учебного заведения.

Одним из вариантов совершенствования образовательного процесса является проведения педагогических экспериментов по совершенствованию методов преподавания различных дисциплин, вариантов применения инновационных технологий и внедрения результатов. Подобный подход является залогом успеха повышения для обеспечения динамичности системы образования и повышения эффективности профессиональной подготовки, ведь вопрос «Как преподавать?» является не менее важным по сравнению с вопросом «Что преподавать?».

Вовлечение преподавателей в процесс модернизации их профессиональной деятельности может быть осуществлено за счет популяризации и поощрения педагогического эксперимента. Следовательно, анализ и внедрение результатов педагогического эксперимента позволяет повысить качество учебного процесса, помогает преподавателю подобрать наиболее прогрессивные и рациональные методы обучения, а также исследовать различия в освоении материала и индивидуальных особенностях обучаемых. Применение в рамках подобных исследований методов математической статистики, обеспечивает необходимую точность и в случае правильности расчетов делает возможным прогнозирование результатов обучения.

Основные положения

Исходя из вышеизложенного широкое применение педагогического эксперимента крайне необходимо, причем в его результатах заинтересован сам специалист. Ведь очевидно, что любой преподаватель должен быть заинтересован в повышении эффективности своей работы, и, как следствие, повышении уровня подготовки учащихся. Но, к сожалению, педагогический эксперимент не всегда получается осуществить корректно и с необходимой точностью. Основные причины, вследствие которых он может привести к ошибочным результатам следующие:

- некомпетентность преподавателя в проведении математических исследований;
- незаинтересованность обучающихся в проведении и изучении вопросов эксперимента;
- несоответствие исследуемого объекта и темы исследования (например, мы не можем применить метод исследования успешности сдачи экзамена по электромеханике к группе, которая не обучается по данной специальности);
- недостаточное количество обучающихся, задействованных в эксперименте, и, как следствие, невозможность обеспечения заданной точности.

На базе Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала-армии А.В. Хрулева было проведено исследование, направленное на определение условий, влияющих на эффективность и прогнозирование достоверности проведения педагогического эксперимента с применением методов математической статистики. С этой целью был проведен двухэтапный опрос группы компетентных экспертов. Экспертами выступили преподаватели в количестве 28 человек.

Первый этап был направлен на выявление факторов, влияющих на процесс проведения эксперимента. Таким образом, были выделены следующие факторы:

- F_1 – Практический опыт применения математических методов исследования преподавателем;
- F_2 – Компетентность преподавателя в теории обучения;
- F_3 – Уровень знаний преподавателя в области математики и математической статистики;
- F_4 – Заинтересованность испытуемых в изучении и проведении исследования;
- F_5 – Равноценность исследуемых групп;
- F_6 – Наличие требуемого количества испытуемых для обеспечения требуемой точности;

- F_7 – Наличие наставника, компетентного в вопросах математической статистики;
- F_8 – Техническая оснащенность преподавателя специализированными на обработке статистических данных программами ЭВМ;
- F_9 – Наличие конкретного алгоритма проведения исследования;
- F_{10} – Возможность проведения повторного (проверочного) проведения исследования.

Второй этап исследования, в основе которого лежит метод экспертных оценок, заключался в сборе и обработке данных, полученных от группы экспертов. Полученные данные - оценка каждого фактора от каждого эксперта по пятибалльной шкале. Полученные результаты представлены ниже в виде таблицы (табл. 1), где значения, записанные в последней строке, являются суммой оценок, выставленных каждым экспертом.

Таблица 1. Оценки экспертной группы по каждому фактору, влияющих на достоверность проведения педагогического эксперимента

Фактор	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
F_1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F_2	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4
F_3	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4
F_4	4	4	5	4	4	4	3	5	5	5	4	4	5	4
F_5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5
F_6	4	3	4	3	3	4	4	5	5	4	5	3	4	4
F_7	5	5	4	3	3	4	4	4	4	4	3	5	4	4
F_8	2	4	3	4	3	3	3	2	5	3	4	4	2	3
F_9	3	3	4	3	2	4	3	3	4	3	5	4	4	3
F_{10}	2	4	3	3	4	3	2	3	3	4	3	2	2	4
$\sum F$	38	41	42	39	38	40	36	41	45	42	43	40	40	40
Фактор	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
F_1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F_2	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
F_3	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4
F_4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4
F_5	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	3	5	4	5
F_6	3	3	4	3	5	5	4	3	3	4	4	5	5	5
F_7	3	4	2	4	3	4	4	3	3	4	4	4	2	3
F_8	4	4	4	3	3	4	3	3	3	2	4	4	3	4
F_9	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	3
F_{10}	3	4	3	3	3	2	3	3	4	3	4	4	3	3
$\sum F$	38	42	39	37	39	40	39	36	40	37	41	45	39	41

Для дальнейшей работы с полученными данными необходимо привести их к нормированному виду, т.е. сумма оценок одного эксперта должна равняться единице.

Составим таблицу (табл. 2) нормированных бальных оценок для каждого эксперта путем деления каждого балла на суммарный балл для данного эксперта, т.е. используя следующую формулу:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^n x_{kj}}$$

где x'_{ij} – нормированная оценка i -го коэффициента j -го эксперта.

Теперь, когда мы получили нормированные значения, мы можем воспользоваться формулами для нахождения коэффициентов влияния каждого фактора на успешность проведения математического метода исследования.

Здесь используется формула коэффициента влияния групповой экспертной оценки для i -го коэффициента на t -ом шаге на основе индивидуальных нормированных оценок x'_{ij}

$$K_i^t = \sum_{k=1}^m x'_{ij} k_j^{t-1}$$

где t – степень приближения. Используется для достижения требуемой точности результата E (в нашем случае $E=0,001$) k_j^{t-1} – коэффициент компетентности экспертов. Начальное значение коэффициента компетентности принимается одинаковым и равным, т.е.

при $t = 1$, т.е. при первом приближении

$$k_j^0 = \frac{1}{m} \quad (j = 1 \dots m)$$

Проведя расчеты получим коэффициенты влияния:

K_1^1	K_2^1	K_3^1	K_4^1	K_5^1	K_6^1	K_7^1	K_8^1	K_9^1	K_{10}^1
0,1256	0,1164	0,1092	0,1056	0,1065	0,0991	0,0922	0,0829	0,0848	0,0777

Таблица 2. Нормированные значения оценок экспертов

Фактор	1	2	3	4	5	6	7
F_1	0,1316	0,1220	0,1190	0,1282	0,1316	0,1250	0,1389
F_2	0,1316	0,0976	0,1190	0,1282	0,1316	0,1000	0,1111
F_3	0,1053	0,1220	0,0952	0,1026	0,1316	0,1000	0,1111
F_4	0,1053	0,0976	0,1190	0,1026	0,1053	0,1000	0,0833
F_5	0,1053	0,0976	0,1190	0,1282	0,1053	0,1250	0,1111
F_6	0,1053	0,0732	0,0952	0,0769	0,0789	0,1000	0,1111
F_7	0,1316	0,1220	0,0952	0,0769	0,0789	0,1000	0,1111
F_8	0,0526	0,0976	0,0714	0,1026	0,0789	0,0750	0,0833
F_9	0,0789	0,0732	0,0952	0,0769	0,0526	0,1000	0,0833
F_{10}	0,0526	0,0976	0,0714	0,0769	0,1053	0,0750	0,0556

Таблица 2. Нормированные значения оценок экспертов. Продолжение

Фактор	8	9	10	11	12	13	14
F_1	0,1220	0,1111	0,1190	0,1163	0,1250	0,1250	0,1250
F_2	0,1220	0,1111	0,1190	0,0930	0,1250	0,1250	0,1000
F_3	0,1220	0,1111	0,0952	0,1163	0,1000	0,1250	0,1000
F_4	0,1220	0,1111	0,1190	0,0930	0,1000	0,1250	0,1000
F_5	0,0976	0,0889	0,1190	0,1163	0,1000	0,1000	0,1250
F_6	0,1220	0,1111	0,0952	0,1163	0,0750	0,1000	0,1000
F_7	0,0976	0,0889	0,0952	0,0698	0,1250	0,1000	0,1000
F_8	0,0488	0,1111	0,0714	0,0930	0,1000	0,0500	0,0750
F_9	0,0732	0,0889	0,0714	0,1163	0,1000	0,1000	0,0750
F_{10}	0,0732	0,0667	0,0952	0,0698	0,0500	0,0500	0,1000
Фактор	15	16	17	18	19	20	21
F_1	0,1316	0,1190	0,1282	0,1351	0,1282	0,1250	0,1282
F_2	0,1053	0,1190	0,1282	0,1081	0,1282	0,1000	0,1282
F_3	0,1316	0,1190	0,1026	0,1081	0,1026	0,1000	0,1026
F_4	0,1053	0,0952	0,1026	0,1081	0,1026	0,1250	0,1026
F_5	0,1053	0,1190	0,1026	0,1081	0,1026	0,0750	0,1026
F_6	0,0789	0,0714	0,1026	0,0811	0,1282	0,1250	0,1026
F_7	0,0789	0,0952	0,0513	0,1081	0,0769	0,1000	0,1026
F_8	0,1053	0,0952	0,1026	0,0811	0,0769	0,1000	0,0769
F_9	0,0789	0,0714	0,1026	0,0811	0,0769	0,1000	0,0769
F_{10}	0,0789	0,0952	0,0769	0,0811	0,0769	0,0500	0,0769

Фактор	22	23	24	25	26	27	28
F_1	0,1389	0,1250	0,1351	0,1220	0,1111	0,1282	0,1220
F_2	0,1111	0,1250	0,1081	0,1220	0,1111	0,1282	0,1220
F_3	0,1111	0,1250	0,1081	0,0976	0,1111	0,1026	0,0976
F_4	0,1111	0,1000	0,1081	0,0976	0,0889	0,1282	0,0976
F_5	0,1111	0,1000	0,1081	0,0732	0,1111	0,1026	0,1220
F_6	0,0833	0,0750	0,1081	0,0976	0,1111	0,1282	0,1220
F_7	0,0833	0,0750	0,1081	0,0976	0,0889	0,0513	0,0732
F_8	0,0833	0,0750	0,0541	0,0976	0,0889	0,0769	0,0976
F_9	0,0833	0,1000	0,0811	0,0976	0,0889	0,0769	0,0732
F_{10}	0,0833	0,1000	0,0811	0,0976	0,0889	0,0769	0,0732

На основании полученных результатов факторного анализа составим формулу расчета факторов, влияющих на успешность применения методов математической статистики преподавателями и специалистами.

$$F_o = \sum K_i F_i$$

где K_i – коэффициент влияния i -го фактора;

F – значение i -го фактора.

В таком случае, итоговая формула расчета имеет вид:

$$F = F_1 K_1 + F_2 K_2 + F_3 K_3 + \dots + F_i K_i + \dots + F_{10} K_{10}$$

$$F = 0,1256F_1 + 0,1164F_2 + 0,1092F_3 + 0,1056F_4 + 0,1065F_5 + 0,0991F_6 + 0,0922F_7 + 0,0829F_8 + 0,0848F_9 + 0,0777F_{10}$$

Таким образом, мы получили математическую модель, с помощью которой возможно заранее, с большой точностью определить достоверность проведения педагогического эксперимента с применением методов математической статистики. В целях обеспечения более широкого применения результатов данного исследования авторами была разработана и запатентована программа для ЭВМ «Прогнозирование достоверности проведения педагогического эксперимента с применением методов математической статистики» (рис.1).

С помощью данной программы широкому кругу специалистов становится возможным быстрое прогнозирование эффективности планируемого эксперимента на основе конкретной условий до его начала. С помощью полученного результата преподаватель может оперативно принять меры в отношении определенных выше факторов, повысив тем самым ожидаемую достоверность проводимого эксперимента.

Эффективность применения математических методов проведения исследования преподавател...

Ввод данных

Уровень знаний преподавателя в области математики и математической статистики: 1

Практический опыт применения математических методов исследования преподавателем: Нет

Ознакомленность преподавателя с теоретической частью: Ознакомлен

Наличие конкретного алгоритма проведения исследования: Есть

Равноценность исследуемых групп: 1

Наличие требуемого количества экспериментальной базы для обеспечения необходимой точности: Обеспечивается

Техническая оснащённость преподавателя программами ЭВМ, специализированными на обработке статистических данных: Нет

Заинтересованность экспериментальной базы к проведению и изучению вопросов исследования: 1

Наличие проверяющего, компетентного в вопросах математической статистики: Есть

Возможность проведения повторного (проверочного) исследования: Возможно

Рассчитать

Рис. 1. Интерфейс программы для ЭВМ «Прогнозирование достоверности проведения педагогического эксперимента с применением методов математической статистики»

Вывод. Таким образом, широкое применение преподавателями и специалистами Министерства обороны Российской Федерации в своей профессиональной практике педагогического эксперимента необходимо для обеспечения принципа динамичности военно-профессионального образования. Однако реализация подобных исследований, зачастую, не всегда может привести к достоверному результату вследствие определенных условий. Благодаря учету действующих на процесс проведения педагогического эксперимента факторов в соответствии со степенью их влияния возможно прогнозирование достоверности его результатов.

Список литературы

1. Иберла К. Факторный анализ. М., 1980.
2. Яковлев Е. В. Педагогический эксперимент: квалитетический аспект: Монография: – Челябинск: Издательство ЧГПУ, 1998.– 136 с.
3. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. Учебное пособие . СПб.: Речь, 2004.
4. Куликов Л.В. Психологическое исследование. СПб., 1995.
5. Бабанский Ю.К. Проблемы повышения эффективности педагогических исследований. М, 1982.
6. Р. Лишнер. Delphi. Справочник. М. 2001.
7. Пискунов А.И., Воробьев Г.В. Теория и практика педагогического эксперимента. М., 1979.
8. Новикова Т.Г. Проектирование эксперимента в образовательных системах. М., 2002.
9. Гуцыкова С.В. Метод экспертных оценок: теория и практика. М., Институт психологии РАН, 2011.
10. Осипов Д. Delphi: Профессиональное программирование. М., 2006.

Организация, методика и результаты осуществления дидактического эксперимента по формированию общих учебных умений и навыков научно-исследовательской деятельности курсантов

Organization, methodology and results of the didactic experiment on the formation of general educational skills and research skills of cadets

Аннотация. В статье приводятся результаты экспериментального исследования по формированию общих учебных умений и навыков научно-исследовательской деятельности курсантов.

Annotation. The article presents the results of an experimental study on the formation of skills in research activities of cadets.

Ключевые слова: курсант, научно-исследовательская деятельность, учебные умения, педагогический эксперимент.

Keywords: cadet, research activities, educational skills, pedagogical experiment.

Актуальность исследования проблемы формирования навыков научно-исследовательской деятельности у курсантов военного вуза объясняется повышением требований к уровню их военно-профессиональной подготовки, для которой характерно наличие не только глубоких теоретических знаний, но и умений использовать эти знания для решения актуальных специфических задач исследовательским путем. Уже на этапе обучения в вузе курсант должен развивать исследовательские качества и умения, уметь генерировать новые идеи, владеть методикой научного поиска и организации опытно-экспериментальной работы, методами и средствами теоретического и эмпирического исследования.

Для достижения этих целей была разработана и внедрена в Военном институте (инженерно-техническом) Военной академии материально-технического обеспечения имени А.В. Хрулева (ВИ(ИТ) ВА МТО) программа модульного психолого-педагогического сопровождения формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов. Для проверки результативности вышеназванной программы был проведен дидактический эксперимент.

Теоретической основой организации педагогического эксперимента являлись работы Г. Д. Бухаровой [2], Н. В. Кузьминой [4], И. Я. Лернера [5], В. М. Монахова [6], С.Б. Пашкина [8, 13, 14]. В области количественной оценки результатов дидактического эксперимента являются работы Л. Ф. Бурлачука и С. М. Морозова [1], Дж. Гласс и Дж. Стенли [3]. Статья является продолжением предыдущих исследований [7, 9, 11, 16, 17, 18, 19].

Условиями эффективности проведения эксперимента являлись:

- тщательный анализ состояния проблемы в теории и практике работы высшего военного учебного заведения (ввуза);
- конкретизация гипотез на основе изучения состояния проблемы в теории и практике;
- корректное определение минимально необходимого числа экспериментальных объектов с учетом цели и задач эксперимента;

- необходимость обмена информацией субъекта и объекта обучения.

Педагогический эксперимент является своеобразным комплексом методов исследования и проводился с целью выполнения научно-объективной и доказательной проверки правильности следующей гипотезы: эффективность подготовки офицера, специалиста в сфере жизнеобеспечения профессиональной деятельности может быть повышена, если:

- существует единая целостная педагогическая система подготовки офицера, специалиста в сфере жизнеобеспечения профессиональной деятельности, имеющая свою цель, структуру взаимосвязанных компонентов и специфические способы функционирования;

- обоснован и реализован определенный порядок и оптимальная последовательность организации учебного процесса в вузе МО РФ, при котором военно-профессиональная и научно-исследовательская деятельность курсантов дополняют друг друга.

- осуществляется управление и самоуправление научно-исследовательской деятельностью курсантов в направлении подготовки и подачи заявок на изобретения, полезные модели и программные продукты;

- разработан и внедрен метод модульного психолого-педагогического сопровождения формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов в вузе МО РФ.

Искусство обучения в огромной мере состоит в умении правильно построить образовательный процесс, т.е. оптимизировать его компоненты и точно реализовать цели обучения. Эффективность учебной деятельности курсантов может быть повышена при условии разработки и внедрения в практику вуза технологии формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов за счет обучения их необходимому комплексу общих, базовых учебных умений в ходе разработанного нами спецкурса на основе метода модульного психолого-педагогического сопровождения, и может измеряться качественно-количественными критериями результативности и интенсивности.

Кроме основной гипотезы исследования, для большей достоверности, необходимо подтвердить или опровергнуть частные гипотезы:

- различные способы активизации учебно-познавательной деятельности могут оказывать неодинаковое влияние на эффективность дидактического процесса;

- применение комплексной системы методов объективного и субъективного контроля позволяет не только диагностировать эффективность учебного процесса, но и оперативно корректировать его, положительно влиять на достижение поставленных целей обучения.

Исходя из гипотез, целью эксперимента является разработка и обоснование путей и способов оптимизации процесса формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов и способов ее определения.

Задачами эксперимента явились:

- реализация в условиях вуза разработанной программы модульного психолого-педагогического сопровождения формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов;

- разработка критериев и показателей эффективности процесса формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов;

- проверка эффективности предлагаемой технологии в формирующем дидактическом эксперименте;

- подтверждение необходимости развития у обучаемых учебных умений для формирования навыков научно-исследовательской деятельности.

Для выполнения этих задач были подготовлены и проведены констатирующий, пробный и формирующий эксперименты, которые проводились в три этапа.

На первом этапе, с сентября 2019 г. по декабрь 2019 г., проходила подготовка к проведению формирующего эксперимента, во время которого решались следующие задачи:

- формулирование критериев результативности и эффективности, определение затрат времени, средств и усилий;
- определение необходимого числа экспериментальных объектов (учебных курсантских групп);
- выбор возможных вариантов решения поставленных перед экспериментом задач;
- определение длительности проведения эксперимента;
- проведение первой части констатирующего эксперимента, в ходе которого был выявлен уровень сформированности знаний, навыков, умений при традиционном обучении. Анализ результатов позволил сформировать гипотезы (основную и рабочие);
- проведение пробного эксперимента, в результате которого была проверена эффективность разработанной методики формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов. Положительные выводы этого эксперимента явились основой для проведения формирующего эксперимента.

Второй этап с декабря 2019 г. по ноябрь 2021 г., включал вторую часть констатирующего эксперимента, а также проведение формирующего и контрольного экспериментов. В ходе этого этапа были проведены:

- проверка эффективности разработанной технологии и ее влияние на уровень сформированности знаний и умений у курсантов;
- отбор экспериментальных и контрольных групп для проведения обучающего эксперимента;
- инструктирование участников эксперимента о порядке и условиях его проведения;
- фиксирование хода эксперимента по результатам промежуточных тестовых срезов, характеризующих изменение объектов под влиянием экспериментальной системы мер;
- преодоление затруднений и устранение недостатков, внесение необходимых корректив;
- оценка текущих затрат времени, средств и усилий.

В ходе констатирующего эксперимента, используя критерий результативности: уровень освоения учебного материала, качество усвоения, осознанность усвоения, а также продуктивность работы с источниками знаний, уровень тревожности, трудозатраты по различным направлениям учебной деятельности курсантов, было установлено состояние дидактического процесса, определены связи и зависимости между его компонентами, направления и методы оптимизации.

В ходе формирующего эксперимента в экспериментальных группах была реализована разработанная в исследовании специальная программа формирования навыков научно-исследовательской деятельности курсантов, направленная на повышение эффективности дидактического процесса.

Главное внимание на занятиях уделялось развитию учебных умений обучающихся, культуре учебного труда, что влияло на активизацию их учебно-познавательной и формирование навыков научно-исследовательской деятельности. Кроме этого использовался технологический инструментарий исполнительских действий по управлению, в который входили:

- а) изложение нового материала (методы «двукратного изложения» и «самостоятельной работы под руководством преподавателя»);
- б) применение оптимального метода решения учебных задач: метод групповой (совместной) деятельности с элементами ролевых игр при решении проблемных задач (ситуаций);

- в) социально-психологические тренинги межличностного общения, работа в сменных парах, тройках и т.д.;
- г) элементы мнемотренингов при обучении курсантов развитию памяти;
- д) практические занятия в библиотеке по формированию библиографической культуры обучаемых;
- е) практические занятия по овладению навыками психической саморегуляции (аутогенной тренировки, нервно-мышечной релаксации, отвлечению и др.) для снижения напряженных состояний, активизации функционирования психических и познавательных процессов;
- ж) практические занятия по овладению навыками целеполагания, планирования учебной деятельности;
- з) практические занятия по расчету индивидуальных биоритмов, графиков работоспособности в течение дня, недели, периода обучения и их учету в учебной деятельности;
- и) тренинги по овладению техниками рационального и быстрого чтения, усвоению чтения по интегральному и дифференциальному алгоритмам;
- к) практические занятия по развитию внимания и мышления;
- л) использование пособия нового типа с логическими структурами и схемами для запоминания;
- м) практические занятия по составлению заявок на изобретения и рационализаторские предложения;
- н) практические занятия по проведению исследовательской работы, написанию статей и докладов на научные конференции разных уровней;
- о) система контроля уровня усвоения знаний, в том числе работа с тестами по каждой отчетной теме.

В контрольных группах занятия проводились традиционными методами, использовалась, в основном, первая дидактическая система управления, учебно-познавательная деятельность специально не активизировалась, мотивация не проводилась, только подчеркивалась актуальность темы. Занятия в этих группах по прогрессивным способам усвоения информации, формированию учебных умений не проводились. Формирование навыков научно-исследовательской деятельности проходило стихийно.

Для проведения констатирующего эксперимента привлекались 2 учебные группы курсантов 1-го и 4-го курсов (102 человека). Эксперимент проводился в сентябре 2020 года (первый срез).

Для проведения формирующего эксперимента привлекались 6 учебных групп, из которых 3 группы были контрольными (одна 1-го курса и две 4-го) и 3 экспериментальными (одна 1-го курса и две 4-го), что составило по контрольным группам 65 человек (26 чел. 1-го курса и 39 4-го), а по экспериментальным 61 человек (24 чел. 1-го курса и 37 4-го).

Непосредственно формирующий эксперимент проводился два учебных года на 1-м и 4-м курсах, но суммарно, со временем на подготовку к его проведению, контрольным экспериментом, анализом результатов и их интерпретации длительность дидактического эксперимента составила период с 2018 по 2021 год.

С целью проверки эффективности предлагаемого спецкурса, предварительной оценки и корректировки в декабре 2020 года (первый срез) и июне 2021 года (второй срез) был проведен промежуточный контроль.

Кроме того, в апреле - мае 2020 года был проведен первый лонгитюдный отсроченный контроль результатов формирующего эксперимента по итогам 2019/2020 учебного года, сделаны соответствующие коррективы и дополнения в предлагаемую технологию обучения.

В декабре 2021 года был проведен второй отсроченный контроль результатов формирующего дидактического эксперимента по итогам 2021 года.

На третьем этапе было проведено обобщение результатов и подведение итогов педагогического эксперимента.

Результаты формирования индивидуального стиля учения (Q- данные и L-данные)

При проведении констатирующего эксперимента было осуществлено анкетирование курсантов первого и четвертого курсов (102 человека; соответственно 46 человек первого и 56 человек четвертого курсов). Анкетирование проводилось дважды: в сентябре 2020 года в ходе констатирующего и в декабре 2021 года, по результатам формирующего экспериментов.

Анкета насчитывала 13 вопросов. Результаты и динамика их изменения представлены в таблице 1 (констатирующий эксперимент) и в таблице 2 (результаты формирующего эксперимента). Обращает на себя внимание серьезное превышение показателей экспериментальных групп относительно контрольных по результатам формирующего эксперимента по вопросу планирования учебного времени (32,1% и 13,5% по первым курсам и 54,3% и 33,3% по четвертым курсам), учету в своей учебной деятельности циклов работоспособности и индивидуальных биоритмов (50% и 6,7%, 51,4% и 9,5% соответственно), снижения трудностей в поиске необходимой информации (42,8% и 73,3%, 25,7% и 35,7%), снижения уровня тревожности перед экзаменом, зачетами (39,2% и 80% , 25,7% и 64,3%), снижения затруднения при вступлении в контакт в ответах на экзаменах, семинарах (35,7% и 46,7%, 25,7% и 35,7%), повышение количества курсантов, занимающихся самосовершенствованием навыков учебного труда (85,7% и 30%, 71,4% и 31%), повышения уровня удовлетворенности взаимоотношениями в учебной группе (53,5% и 40%, 62,8% и 52,4%), повышение взаимовыручки в коллективе (39,3% и 30%, 59,8% и 47,6%).

При ответе на третий вопрос (как, по Вашему мнению, Вы лучше воспринимаете учебный материал: прочитывая его; слушая объяснения преподавателя; выполняя определенные действия (решая задачи) практически?) 45,2% респондентов выбрали первый вариант ответа; 6,8% - второй; 11,2% - третий и 36,8% ответили, что лучшего понимания достигают при чтении и последующем решении практических задач. Это показывает, что объяснение материала, проводимое традиционным способом, не всегда эффективно; большинство респондентов (82%) считает лучшим способом изучения чтение литературы; большой процент обучаемых, усваивающих материал только после решения практических задач (48%) косвенно подчеркивает недостаточное умение работать с литературой самостоятельно.

После проведения занятий по предлагаемой технологии обучения в течение учебного года при повторном анкетировании 66,2% респондентов выбрали второй вариант ответа, дополнив его решением задач, 7,3% первый, 6,5% третий, 19,5% респондентов продолжали совмещать первый с третьим, т.е. среди обучаемых стали превалировать два способа понимания материала: прослушивание объяснений преподавателя (по экспериментальной методике) с последующим решением практических задач и чтением учебной литературы (пособий, используемых в ходе формирующего эксперимента) с последующим решением задач.

Таблица 1. Результаты анкетирования курсантов экспериментальных и контрольных групп по результатам констатирующего эксперимента, проведенного в сентябре 2020 года (Q –данные (интроспективный контроль))

№ вопроса анкеты	Курс	Всего «да»		Из них			
		кол-во	%	систематически		время от времени	
				кол-во	%	кол-во	%
1.	1	7	12,1	3	5,2	4	6,9
	4	13	25	4	7,7	9	17,3
2.	1	3	5,2	2	3,5	1	1,7

№ вопроса анкеты	Курс	Всего «да»		Из них			
		кол-во	%	систематически		время от времени	
				кол-во	%	кол-во	%
	4	5	9,6	2	3,8	3	5,8
4.	1	45	77,6	31	53,4	14	24,2
	4	19	36,5	8	15,3	11	21,2
8.	1	48	82,8	37	63,8	11	19
	4	34	65,4	12	23,1	22	42,3
9.	1	28	48,3	14	24,2	14	24,2
	4	19	36,5	8	15,3	11	21,2
10.	1	16	27,6	5	8,6	11	19
	4	14	26,9	5	9,6	9	17,3
12.	1	21	36,2	11	19	10	17,2
	4	26	50	13	25	13	25
13.	1	14	24,2	5	8,6	9	15,6
	4	23	44,3	12	23,1	11	21,2

Таблица 2. Результаты анкетирования курсантов экспериментальных и контрольных групп по результатам формирующего эксперимента (декабрь 2021),
Q – данные (интроспективный контроль)

№ вопроса анкеты	Курс	Контрольные группы						Экспериментальные группы					
		Всего «да»		Из них				Всего «да»		Из них			
		кол-во	%	систематически		время от времени		кол-во	%	систематически		время от времени	
				кол-во	%	кол-во	%			кол-во	%	кол-во	%
1.	1	4	13,5	2	6,7	2	6,7	9	32,1	4	14,3	5	17,8
	4	14	33,3	6	4,3	8	19	19	54,3	9	25,7	10	28,4
2.	1	2	6,7	1	3,3	1	3,3	14	50	7	25	7	25
	4	4	9,5	1	2,4	3	7,1	1	51,4	10	28,4	8	13
4.	1	22	73,3	10	33,3	12	40	12	42,8	5	17,8	7	25
	4	15	35,7	6	14,3	9	21,4	9	25,7	2	5,7	7	20
8.	1	24	80	17	56,7	7	23,8	11	39,2	5	17,8	6	21,4
	4	27	64,3	10	23,8	17	40,5	9	25,7	8	23	1	2,7
9.	1	14	46,7	6	20	8	26,7	10	35,7	4	14,3	6	21,4
	4	15	35,7	6	14,3	9	21,4	9	25,7	3	8,6	6	17,1
10.	1	9	30	4	13,3	5	16,7	24	85,7	13	46,4	11	39,3
	4	13	31	6	14,3	7	16,7	25	71,4	11	31,4	14	40
12.	1	12	40	8	26,7	4	13,3	15	53,5	9	32,1	6	21,4
	4	22	52,4	11	26,2	11	26,2	22	62,8	11	31,4	11	31,4
13.	1	9	30	4	13,3	5	16,7	11	39,3	5	17,9	6	21,4
	4	20	47,6	9	21,4	11	26,2	21	59,8	10	28,4	11	31,4

Данные изменения стали возможны благодаря включению обучаемых в процесс добывания знаний, в вооружении их способами учебной и научно-исследовательской деятельности, формировании у них определенных учебных умений.

В ходе формирующего эксперимента при проведении занятий по экспериментальной методике были апробированы способы формирования таких учебных действий, как совершенствование приемов чтения, структурирование и систематизация материала, рациональные приемы запоминания и повторения пройденного, развернутое воспроизведение изученного, контроль за эмоциями, снятие напряжения, составление заявок на продукты интеллектуальной деятельности и др.

Преподаватель стремился знакомить обучаемых с ориентирами отбора признаков и операций, организовать их деятельность по переработке и использованию учебной информации для решения поставленных задач.

Одним из направлений было совершенствование способов чтения. При ответе на пятый вопрос анкеты (Какие способы чтения Вы используете при работе с учебной литературой?) 82,3% респондентов ответили: «просто читаю», 12,8% - «выделяю основные мысли», 4,9% - «стараюсь

ответить на контрольные вопросы». Анализ ответов показал незнание обучаемыми рациональных способов работы с учебной литературой и другими источниками информации, поэтому предметом обучения курсантов стали практический методы по совершенствованию чтения (динамическое или скоростное чтение, чтение по дифференциальному и интегральному алгоритмам). При повторном анкетировании после обучения по экспериментальной методике на данный вопрос 44,5% респондентов ответили: «выделяю основные мысли», 37,8% - «вначале рассматриваю весь текст (параграф, главу), уясняю, что необходимо изучить, затем читаю, выделяя главное». Следовательно, обучаемые стали использовать определенные приемы оптимизации чтения, что явилось предпосылкой повышения качества усвоения материала при возрастании на 15-30% скорости его переработки.

Особого внимания заслуживают результаты реальной научно-исследовательской деятельности курсантов экспериментальных групп относительно контрольных, в период проведения формирующего эксперимента, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3.

№ п/п	Наименование групп	Количество патентов /свидетельств на изобретения	Количество программ и баз данных для ЭВМ	Количество рацпредложений	Количество научных публикаций в журналах и сборниках материалов конференций
1	Экспериментальные группы	12	18	128	14
2	Контрольные группы	2	3	16	2

Отмечаются два курсанта экспериментальной группы, 27 курса факультета энергетики ВИ (ИТ), в 2021 году занявшие по итогам конкурса на лучшие научные работы, выполненные слушателями и курсантами вузов Министерства обороны Российской Федерации первые места и удостоенные грамотами Министра обороны Российской Федерации (рис. 1).

Сержант Прохоров А. Г. защищал научную работу на базе Военной академии радиационной, химической и биологической защиты им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко в г. Костроме, результаты исследования которой легли в переиздание учебно-методических пособий по дисциплине «Экология».

Военно-научная работа курсанта Самсонова А.А. не только получила высокую оценку председателя и членов конкурсной комиссии, но и была внедрена как альтернативный вариант сбора и анализа данных при эксплуатации систем водоотведения на объектах Министерства обороны Российской Федерации.



Рис.1. Грамоты Министра обороны Российской Федерации

Отсроченный контроль, проведенный в декабре 2021 года на выпускных курсах, также позволяет сделать вывод о более высоких показателях в ходе сдачи экзаменационной сессии и начала дипломного проектирования (динамика положительного сдвига оценок после проведения занятий по формированию некоторых учебных умений). Так, в экспериментальных группах нет отставания от графика дипломного проектирования. Средний балл по итогам защиты дипломных проектов в экспериментальных группах 2021 года выпуска, выше аналогичного показателя в контрольных на 0,1-0,25 балла. Курсанты более успешно работают с источниками информации, рационально планируют и используют время, применяют методы психической саморегуляции и 65% считают, что данные спецкурсом знания, умения и компетенции пригодятся в ходе становления на первичной офицерской должности после распределения из вуза.

Выводы.

Таким образом, развитие у обучаемых в ходе формирующего эксперимента общих учебных умений и навыков научно-исследовательской работы позволяет активизировать их учебно-познавательную деятельность, значительно повысить скорость и качество усвоения учебного материала, эффективность процесса обучения, что подтверждается интроспективными и экспертными данными по итогам формирующего дидактического эксперимента.

Список литературы:

1. Бурлачук Л.Ф., Морозов С.М. Справочник по психологической диагностике. – Киев: Наук. думка, 1989. – 197с.
2. Бухарова Г.Д. Дидактический эксперимент: цели, задачи и методика проведения: Учебное пособие / Урал. гос. проф. пед. ун-т. – Екатеринбург, 1995. – 39 с.
3. Гласс Д., Стэнли Дж. Статические методы в педагогике и психологии. – М.: Прогресс, 1976.- 495 с.
4. Кузьмина Н.В. Методы исследования педагогической деятельности. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1970 - 114 с.
5. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. - М.: Педагогика, 1981.-185с.
6. Монахов В.М. Технологические основы проектирования и конструирования учебного процесса / Волгоградский гос.пед. университет. – Волгоград: Перемена, 1995. - 152 с.
7. Пашкин С. Б., Саркисов С.В., Радюкин Е.Е., Саркисова Е.А. Комплект свернутых информационных конструкций и схем для запоминания по психологии и педагогике / ВИ(ИТ). - СПб., 2019. – 84 с.
8. Пашкин С.Б., Захарова Е.Е. Организация и результаты исследования проблем первичной социально-психологической адаптации военнослужащих // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов. - СПб.: Изд-во Политехнического университета, Выпуск 3(9). - 2018. - С. 297-310.
9. Пашкин С.Б., Лисовская Н.Б., Саркисова Е.А. Копинг-поведение личности как ресурс профессиональной адаптации военнослужащих // Актуальные проблемы военно-научных исследований: сборник научных трудов. - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2020. - С. 376-391.
10. Пашкин С.Б., Лисовская Н.Б. Психологические факторы успешности специалистов при исполнении должностных обязанностей // XIII Санкт-Петербургский конгресс «Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке» (20-22 ноября 2019 г.): Сборник трудов / Санкт-Петербургский горный университет. - СПб, 2019. С. 172-174.
11. Пашкин С.Б., Лисовская Н.Б., Саркисова Е.А. Профессиональный стресс в служебной деятельности: содержание, причины и способы преодоления // Сборник материалов заочной научно-методической конференции «Исследование возможности применения опыта зарубежных стран в высшем образовании для вузов РФ». 24 ноября 2020 года. - Петергоф: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2021. - С. 128-136.
12. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Мозерова Е.С., Зайченко С.М. Психофизиологические факторы готовности к экстремальной профессиональной деятельности // Актуальные проблемы

военно-научных исследований: сборник научных трудов. - 2021. - №1(13). - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2021. - С. 276-286.

13. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Мозерова Е.С. Психолого-педагогические аспекты изучения индивидуальных особенностей военнослужащих // Военный инженер. - 2018. - №3(9). - С. 48-59.

14. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Мозерова Е.С. Актуальные аспекты оказания психологической помощи военнослужащим // Военный инженер. - 2019. - №3(13). - С. 48-57.

15. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Корнилова А.А., Мозерова Е.С. Посттравматические стрессовые расстройства и особенности медико-психологической реабилитации военнослужащих-участников боевых действий // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов / под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. В.Б. Коновалова. - Выпуск 1(7). - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. - С. 130-141.

16. Пашкин С.Б., Пунина В.О., Саркисова Е.А. Практико-технологический регламент и механизм оптимизации социально-психологической адаптации военнослужащих по призыву // Военный инженер. - 2020. - №2(16). - С. 54-65.

17. Пашкин С.Б., Турчин А.С., Саркисова Е.А. Система мероприятий психологической помощи военнослужащим в интересах укрепления, сохранения, восстановления психического здоровья // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. - 2020. - №1(10). - С. 82-88.

18. Борисов А.А., Саркисов С.В., Салькова Д.В. Оценка эффективности профессионального становления командира подразделения // Актуальные проблемы военно-научных исследований. - 2019. - № 3 (4). - С. 354-365.

19. Пашкин С.Б., Пунина В.А., Саркисова Е.А. Оценка социально-психологической адаптации военнослужащих срочной службы // Военный инженер. - 2021. - № 1(19). - С. 60-66.

Перспективные средства и способы доставки материальных средств в интересах ВС РФ**Promising means and methods of delivery of material assets in the interests of the Armed Forces of the Russian Federation**

Аннотация. В статье рассматриваются перспективные направления разработки средств и способов доставки материальных средств, в интересах ВС РФ, представлена концепция автономного роботизированного транспортно-боевого комплекса.

Abstract. The article discusses promising areas of development of means and methods of material delivery in the interests of the Armed Forces of the Russian Federation, the concept of an autonomous robotic transport and combat complex is presented.

Ключевые слова: автономный роботизированный транспортно-боевой комплекс, единая информационно-логистическая система, киберзащита, модульность.

Key words: autonomous robotic transport and combat complex, unified information and logistics system, cyber defense, modularity.

Развитие и внедрение высоких технологий во всех сферах хозяйственной и иной деятельности является приоритетом в обеспечении конкурентных преимуществ современных государств. В этой связи внедрение высоких технологий в военную отрасль, является обязательным компонентом стратегии военного строительства. Все современные государства стремятся оснастить вооруженные силы новейшими высокотехнологичными образцами вооружения и техники, открывающими новые перспективы их боевого применения.

Как показывает опыт, успешное решение задач боевыми частями и соединениями всегда имело прямую зависимость от успешного функционирования системы материально - технического обеспечения (МТО). Все это нашло подтверждение и в ходе боевых действий в Сирийской Арабской Республике (САР), где высокую маневренность, боевую мощь и адаптивность боевых частей и соединений в сложных условиях современной оперативно-тактической обстановки обеспечивало применение новых технических решений, форм и способов доставки материальных средств.

Применение указанных подходов не только способствовало успешному выполнению боевых задач, но и обеспечивало живучесть системы МТО [1].

Комплексный анализ опыта современных вооруженных конфликтов в части касающейся материально-технического обеспечения войск и развития современных технологий в этой области, дает возможность не только предполагать, но и моделировать перспективные направления развития сил и средств доставки материальных средств в интересах ВС РФ.

На основе такого анализа представляется возможным сформулировать ряд предложений по отдельным направлениям развития средств и способов доставки материальных средств, являющиеся предметом рассмотрения предлагаемой статьи.

Опыт ведения боевых действий в современных вооружённых конфликтах выдвинул на первый план принцип автономности как боевых частей и подразделений, так и соединений и частей МТО.

Выполнению задачи придания большей автономности группировок МТО войск, могло бы способствовать создание и применение автономного роботизированного транспортно-боевого комплекса (АРТБК).

Исходя из соображений оптимизации этой работы, полагаем необходимым, прежде всего, определиться с концепцией автономного роботизированного транспортно-боевого комплекса, предназначенного для материально-технического обеспечения (МТО) частей и соединений ВС РФ.

Одним из направлений решения этой задачи в общей системе модернизации системы МТО может послужить создание беспилотных транспортно-боевых комплексов МТО.

Применение роботизированных комплексов позволит исключить или минимизировать потери материальных средств и личного состава в результате воздействия противника в боевых условиях, а так же в мирное время, вследствие человеческих, техногенных и стихийных факторов.

Кроме этого, использование высокоэффективных автономных интеллектуальных систем защиты, позволит существенно снизить потери грузов в районе вооруженного конфликта.

Как нам представляется, успешное его применение в интересах МТО ВС РФ может быть обеспечено за счет имеющихся в его составе собственных роботизированных средств разведки, огневого поражения, разминирования и разграбления. Все это дало бы возможности комплексу самостоятельно обнаруживать и по команде операторов (управляющих дистанционно, а при потере связи и самостоятельно), эффективно бороться с авиацией, БПЛА, диверсионно-разведывательными группами, минированием, и другими воздействиями противника.

Одним из критериев перехода на новый уровень в развитии роботизированных комплексов МТО, должно стать повсеместное внедрение непрерывного мониторинга функционирования машин и условий их эксплуатации за счет специальных интеллектуальных автоматических средств. Такие средства должны обеспечить возможность взаимодействия с единичными транспортными средствами, либо с транспортными колоннами или транспортным потоком в целом посредством информационных и телекоммуникационных технологий, технических средств управления и контроля [2].

С целью повышения эффективности использования АРТБК, необходимо выделить ключевые направления для проработки и реализации этого решения, которые нам видятся следующими:

- единая информационная система по управлению автомобильными колоннами;
- система, обеспечивающая активную связь автомобиля с дорогой;
- роботизированные беспилотные транспортные средства;
- автомагистрали нового поколения, обеспечивающие возможность скоростного и безопасного движения беспилотных транспортных средств (интеграция системы МТО МО РФ, в общую автомобильную систему страны);
- технология организации движения грузовых беспилотных автопоездов по аналогии с железной дорогой [3].

В указанных направлениях уже сегодня успешно ведутся работы ООО «Автодор», а также ООО «Инновационный центр «КАМАЗ, тестирующий высокоавтоматизированные технические средства (ВАТС) [4].

На первом этапе для решения задач системе МТО в мирное время, на наш взгляд, необходимо информационно интегрироваться в общую систему «роботизированного транспортного коридора» (РТК) России, предложенную и создаваемую сегодня ООО «Автодор». При этом появится возможность в мирное время, использовать возможности гражданских логистических компаний для доставки грузов по договорам с МО РФ. Тем более, что в целях обеспечения безопасности и единой организации движения, вопрос интеграции в единую систему, в любом случае возникнет.

Вместе с тем, на военное время, необходимо будет разработать «РТК военного времени». При разработке данной системы, целесообразно взять за основу уже обозначенные основные направления в развитии РТК РФ и адаптировать их под решение задач МТО в военное время.

С целью повышения безопасности движения ВАТС в военное время, а так же мобильности войсковых колонн, необходима оперативная разработка и внедрение адаптированной к специфике ВС РФ цифровой модели дорог (ЦМД), основанной на достоверных высокоточных пространственных данных о дорогах и условиях движения.

ЦМД следует разработать для всех возможных театров военных действий (ТВД), на которых планируется применение ВАТС. Дорожно-транспортная инфраструктура должна обладать возможностью обеспечивать передачу с заданными параметрами качества управляющих воздействий и данных ситуационной осведомленности, а также своевременное обновление дорожной карты на участке дороги, по которому следует ВАТС.

При этом, как нам представляется, ЦМД должна содержать:

- цифровую крупномасштабную навигационную карту с описанием структурных линий дорог;
- цифровой гриф дорог;
- цифровые сведения об условиях движения, характеризующие текущую обстановку на маршруте (разрушения, препятствия, зараженные участки местности, погодные условия, качество дорожного покрытия и пр.);
- данные, описывающие объекты на маршруте (комендантские посты, блокпосты, диверсионно-разведывательные группы, минные поля, и пр.);
- слои обработки исходной информации и формирования управляющих воздействий на транспортный поток ВАТС;
- интерфейс взаимодействия с другими информационно-технологическими средствами (ИТС);
- аппаратно-программный комплекс реализации в системе МТО ВС РФ.

В целях унификации содержания и отображения объектов при формировании высокоточных цифровых динамических карт целесообразно руководствоваться основными международными телекоммуникационными стандартами в области интеллектуальных транспортных систем, а также другими решениями уполномоченных органов в данной области.

В настоящее время в различных устройствах широко используются приемники GPS/ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система России). Однако понятно, что их применение в перспективных ВАТС потребует дополнительного оборудования дороги, устройствами, обеспечивающими высокоточное позиционирование (например, сервис дифференциальных поправок GPS/ГЛОНАСС-RTK - «кинематика реального времени»), кроме того обеспечить возможность исключить систему GPS как враждебную.

В связи с этим становится очевидной необходимость организации в составе дорожной инфраструктуры системы высокоточного позиционирования дороги (СВПД) на основе методов определения местоположения объектов по сигналам ГЛОНАСС, с применением волоконно-оптической линии связи, линейной цепи референтных базовых станций и каналов мобильной радиосвязи.

Все это должно обеспечить:

- сбор, хранение, обработку информации от базовых станций, выработку и выдачу на приемник пользователя корректирующей информации;
- система, обеспечивающая активную связь автомобиля с дорогой (для любых видов дорог);
- точность определения местоположения движущегося автотранспортного средства в режиме реального времени не хуже 0,10 метров в плане;
- периодичность определения местоположения автотранспортного средства (с частотой, обеспечивающей требуемый функционал).
- элементы СВПД должны иметь возможность дистанционной установки, с вертолета или БПЛА.

Значительную роль в вопросах распространения и развития ВАТС будут играть средства защиты данных и кибербезопасность. Системы ВАТС будут постоянно фиксировать всю информацию о перемещениях своих сил и средств МТО: маршрут, время поездки, места остановки т. д. При этом, существует опасность, того, что противник сможет получать эти данные с помощью технологий интеллектуальной транспортной системы о перемещении конкретных колонн (грузах и т.д.), кроме этого, имеется вероятность, что соединенные с интернетом автомобили в определенной ситуации могут не только нанести ущерб грузу или военнотранспортным, но массово выводиться из строя.

В целях устранения вредоносных воздействий противника необходимо использовать сочетание технологий и систем в области безопасности, в том числе базовые программные или программно-аппаратные системы защиты, шифрование данных и биометрические (отпечаток пальца, распознавание голоса, лица и иные), чтобы помочь физически аутентифицировать операторов транспортных средств.

Следует разработать систему защиты и убедиться, что ВАТС надежно защищено от попыток радиоэлектронного подавления, перехвата управления и утечки передаваемой информации, включая секретные данные [4, 5]. Системное проектирование ВАТС необходимо выполнять с учетом минимизации рисков для безопасности из-за кибернетических угроз и уязвимостей программного обеспечения (ПО).

Решения, касающиеся кибербезопасности, должны интегрироваться в систему управления ТС на всех этапах его разработки. При этом необходимо соблюдать все стандартные требования, связанные с информационной безопасностью: контролировать жизненный цикл ПО, своевременно обновлять ПО как транспортного средства, так и взаимодействующих с ним объектов дорожно-транспортной инфраструктуры. Устанавливаемое ПО, должно иметь все необходимые разрешения по линии контрразведки. Дополнительными могут быть требования введения схемы отчетности, в которой сообщается о возможных неисправностях ТС и потенциальных уязвимостях для кибератак, требования по борьбе с кибератаками, включая решения по их обнаружению, предотвращению и минимизации угроз. Следует применить единые для МО РФ правила кибербезопасности и охраны, которые имеют отношение к производству и обслуживанию высокоавтоматизированных ТС.

Необходимо предоставлять соответствующие полномочия сотрудникам контрразведки, чтобы предотвратить уязвимости или ошибки, прежде чем транспортное средство получит допуск к эксплуатации в системе МТО ВС РФ. При этом не следует рассматривать кибербезопасность автоматизированных ТС по отдельным компонентам и проблемам. Необходим многоуровневый системный подход и обеспечение эффективных мер защиты.

При этом, следует отметить, что определённые трудности обеспечения кибербезопасности ВАТС не являются непреодолимыми. Шаг за шагом разработчики ИТС, ВАТС, производители ТС, предприятия дорожной инфраструктуры и телекоммуникационные компании продвигаются по пути их решения.

На основе обобщения материала, изложенного выше, представляется возможным изложить концепцию комплекса МТО в целом. В последующем, предложенные тезисы можно будет корректировать, но их основа видится следующей:

- автономный, роботизированный, с возможностью комбинированного управления (непосредственное управление человеком на случай нештатного воздействия противника или других объективных причин);

- предназначение комплекса - транспортировка материальных средств, личного состава, ВВСТ (до 20 т), эвакуации раненых и поврежденной техники в боевых условиях;

- за счет своих сил и средств на месте и в движении комплекс должен обеспечивать: разведку маршрута и прилегающей местности, инженерную разведку, РХБ разведку, РЭР разведку и РЭБ; защиту и охрану груза от воздушного и наземного противника, средств заражения и радиационного излучения; уничтожение или дезактивацию мин и фугасов (других инженерных боеприпасов) разграждение завалов и других препятствий на маршруте движения; маскировку груза (внешнее единообразие);

- комплекс должен иметь защищенное единое информационное поле, системно встроенное в информационное поле МТО;

- размещение комплекса должно осуществляться на единой универсальной, высокоомобильной проходимой автомобильной платформе с высоким ресурсом, ремонтной пригодностью и техническим обслуживанием в полевых условиях;

- комплекс должен иметь единый транспортный модуль – контейнер, (как вариант) на базе 20 тонного международного грузового контейнера, с возможностью самостоятельного осуществления погрузки и разгрузки контейнера или модуля на его базе, а также вышедших из строя боевых машин пехоты, бронетранспортеров и других машин до 20 тонн;

- в нём должен быть реализован единый принцип маскировки для всего транспортируемого груза (кроме эвакуируемых поврежденных боевых машин), сил и средств, используя внешне единый вид груза (как вариант) в виде контейнера;

- состав специализированного оборудования комплекса должен включать: средства разведки; средства вооружения; навигационные устройства; специальное технологическое оборудование; средства телекоммуникации, специализированные вычислители с программно-

алгоритмическим обеспечением; средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ); защитные средства (противопульное, противоосколочное, противоминное, РХБЗ); диспетчерский пункт управления, контроля и обработки информации; средства обслуживания, снаряжения, заправки и зарядки; средства подготовки специалистов; комплект руководящих документов и комплект ЗИП.

Создание и использование ВАТС в соответствии с предлагаемой концепцией, при осуществлении перевозок в районах боевых действий, при перевозке грузов в районах природных и техногенных катастроф, карантинных мероприятий, особо опасных грузов, может существенно снизить риски и в перспективе даст экономию как материальных, так и человеческих ресурсов.

За счет использования в ВАТС подхода единого грузового контейнера, мобильности и модульности каждой транспортной единицы, применения высокоавтоматизированных технических средств, роботизированного транспортного коридора, точности и стабильности, отсутствия пауз для отдыха, приема пищи и пр. может быть обеспечено значительное сокращение времени при доставке груза и увеличение объемов перевозок.

Все это позволит выйти на новый уровень МТО войск и даст им новые возможности маневренности и боевой эффективности.

Список литературы:

1. Евстигнеев И. А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. - М: Перо, 2015. - 164 с.
2. Автомобиль и технологии v2x. -URL: <https://v2x.ru> (дата обращения: 19.04.2020).
3. Интеллектуальная транспортная инфраструктура // Tadviser. Государство. Бизнес. IT. - URL: <http://www.tadviser.ru/a/308588> (дата обращения: 19.04.2020).
4. Кашин С. Как на транспорте большие данные превратились в ценный актив. -URL: https://www.gudok.ru/science_education/?ID=1463049&sphrase=135673 (дата обращения: 19.04.2020).
5. Мельникова Ю. «Автодата.Рус» - крупнейшее хранилище данных в мире // ComNews. 2019. № 10.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Аверьянов Владимир Константинович , доктор технических наук, профессор, советник руководителя, ОАО «Газпромпромгаз». e-mail: v.averyanov@spb.oao-promgaz.ru	Averyanov Vladimir Konstantinovich , Doctor of Technical Sciences, Professor, Advisor to the Head, ОАО «Gazprompromgaz». e-mail: v.averyanov@spb.oao-promgaz.ru
Анисимов Юрий Петрович , кандидат технических наук, докторант, ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва. e-mail: anisimov-yuriy@yandex.ru	Anisimov Yuriy P. , candidate of technical Sciences, doctoral student, The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics. e-mail: anisimov-yuriy@yandex.ru
Блинов Андрей Валентинович , кандидат технических наук, доцент кафедры систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры, ВИ(ИТ) ВА МТО. e-mail: a9112110227@yandex.ru	Blinov Andrey Valentinovich , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Support Systems for Military Infrastructure Facilities, VI(IT) VA MTO. e-mail: a9112110227@yandex.ru
Борисов Алексей Александрович , кандидат технических наук профессор, начальник кафедры физической подготовки, ВИ(ИТ) ВА МТО	Borisov Aleksey V. , candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physical Training, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics
Борисова Дарья Владимировна , преподаватель кафедры организации повседневной деятельности, ВИ(ИТ) ВА МТО e-mail: b-daria78@yandex.ru	Borisova Daria V. , teacher of the department of organization of daily activities, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: b-daria78@yandex.ru
Булат Владимир Арнольдович , доктор технических наук, старший научный сотрудник, генеральный директор, «23 ГМПИ» Филиал 31 ГПИСС.	Bulat Vladimir Arnoldovich , Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, General Director, "23 GMPI" Branch 31 GPISS.
Валуйский Виталий Андреевич , преподаватель кафедры систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры, Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО. e-mail: vitalik-vv@live.ru	Valuisky Vitaly Andreevich , Lecturer of the Department of Life Support Systems for Military Infrastructure Facilities, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics. e-mail: vitalik-vv@live.ru
Васильченко Сергей Николаевич , кандидат военных наук доцент, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, профессор кафедры «Тактика и общевоеенные дисциплины». e-mail: Vasilchenko Sergey Nikolayevich @yandex.ru	Vasilchenko Sergey N. , Candidate of Military Sciences, associate professor, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, Professor of the Department, e-mail: Vasilchenko Sergey Nikolayevich @yandex.ru
Вакуненков Вячеслав Александрович , кандидат технических наук, ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, докторант e-mail: vakyn@mail.ru	Vakunenkov Vyacheslav Aleksandrovich , candidate of technical Sciences, VAMTO named after army General A.V. Khrulev, doctoral e-mail: vakyn@mail.ru
Владимиров Дмитрий Радиевич , кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры тепло- и электрообеспечения специальных технических систем и объектов Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО. e-mail: vladimirov-dr@yandex.ru	Vladimirov Dmitry Radievich , Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Heat and Electrical supply of special technical systems and Objects, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics. e-mail: vladimirov-dr@yandex.ru
Воробьев Альберт Анатольевич , доктор технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации) Военной академии материально-технического обеспечения e-mail: maestro265@yandex.ru	Vorobyov Albert Anatolyevich , Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher at the Research Institute (Military System Research of Logistics of the Armed Forces of the Russian Federation) Military Academy of Logistics e-mail: maestro265@yandex.ru
Гула Дмитрий Николаевич , кандидат технических наук, преподаватель, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского	Gula Dmitry Nikolaevich , Candidate of Technical Sciences, Lecturer, A.F.Mozhaisky Military Space Academy
Загрудтинов Юрий Александрович , кандидат технических наук, старший преподаватель, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского. e-mail: yurazagrudtinov@yandex.ru	Zagrudtinov Yuriy Aleksandrovich , Candidate of technical sciences, Senior lecturer, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky e-mail: yurazagrudtinov@yandex.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Игнатчик Виктор Сергеевич , доктор технических наук, профессор кафедры систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры, ВИ(ИТ) ВА МТО. e-mail: Ign73@mail.ru	Ignatchik Viktor S. , doctor of technical Sciences, professor, professor of the Environmental support systems department, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics. e-mail: Ign73@mail.ru
Карасёв Сергей Юрьевич , кандидат технических наук, преподаватель, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского e-mail: karas0428205@mail.ru	Karasev Sergey Yurievich , candidate of technical sciences, lecturer, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky e-mail: karas0428205@mail.ru
Кашеев Роман Леонидович , кандидат технических наук доцент, заместитель начальника института по учебной и научной работе, ВИ(ИТ) ВА МТО	Kascheev Roman L. , candidate of Technical Sciences associate Professor, deputy Head of the Institute for Academic and Scientific Work, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics
Колесник Иван Владимирович , кандидат технических наук, старший преподаватель, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения. e-mail: ivanelectric12@gmail.com	Kolesnik Ivan Vladimirovich , Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of Logistics. e-mail: ivanelectric12@gmail.com
Корпусов Александр Николаевич , Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, адъюнкт. e-mail: ser.feodorov@gmail.com	Korpusov Alexander Nikolaevich , Military Academy of logistics named after army General A. V. Khrulev, postgraduate student. e-mail: ser.feodorov@gmail.com
Куракин Константин Эдуардович , кандидат технических наук, преподаватель, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского e-mail: petrokomfort@yandex.ru	Kurakin Konstantin Eduardovich , Candidate of Technical Sciences, Lecturer, A.F.Mozhaisky Military Space Academy e-mail: petrokomfort@yandex.ru
Курьяков Евгений Владимирович , заместитель главного конструктора, ОАО «Корпорация стратегические пункты управления».	Kuryakov Evgeny Vladimirovich , Deputy Chief Designer, JSC "Corporation Strategic Control Points".
Леушин Евгений Валентинович , преподаватель кафедры тактики и общевойсковых дисциплин Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва e-mail: bmwx5855@mail.ru	Leushin Evgeny Valentinovich , Lecturer of the Department of Tactics and General Military Disciplines of the Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev e-mail: bmwx5855@mail.ru
Макаров Александр Дмитриевич , доктор юридических наук, доктор экономических наук, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева e-mail: sbornik_statei@mail.ru	Makarov Alexander Dmitrievich , Doctor of Law, Doctor of Economics, Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev e-mail: sbornik_statei@mail.ru
Потапенко Вячеслав Викторович , руководитель направления АСПЗ, ООО «СПбЭК-Майнинг». e-mail: pww@mail.ru	Potapenko Vyacheslav Viktorovich , Head of AFPS, LLC "SPbec-mining". e-mail: pww@mail.ru
Пудиков Вячеслав Валентинович , кандидат технических наук, доцент кафедры, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского e-mail: pudikov1@mail.ru	Pudikov Vyacheslav Valentinovich , Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department, A.F.Mozhaisky Military Space Academy e-mail: pudikov1@mail.ru
Рузманов Максим Дмитриевич , адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва» e-mail:	Ruzmanov Maksim D. , post graduate student, The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail:
Саркисов Сергей Владимирович , доктор технических наук, начальник кафедры, ВИ(ИТ) Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева e-mail: ser-sark@yandex.ru	Sarkisov Sergey V. , head of the department MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: ser-sark@yandex.ru
Саркисова Екатерина Анатольевна , преподаватель, ВИ(ИТ) Военная академия	Sarkisova Ekaterina A. , the applicant, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева e-mail: ekaterishk@yandex.ru	e-mail: ekaterishk@yandex.ru
Сергеев Владислав Владимирович , кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника института по вооружению Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения. e-mail: vvs.vdv77@mail.ru	Sergeyev Vladislav Vladimirovich , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Institute for Armament of the Military Institute (Engineering and Technical) Military Academy of Logistics. e-mail: vvs.vdv77@mail.ru
Сорокин Никита Васильевич , курсант, ВИ(ИТ) ВА МТО e-mail: Sorokin1999nikita@gmail.com	Sorokin Nikita V. , cadet, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: Sorokin1999nikita@gmail.com
Толмачев Владимир Николаевич , доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель заведующего отделом – начальник лаборатории, ОАО «Газпромпромгаз». e-mail: olmachev@spb.oao-promgaz.ru	Tolmachev Vladimir Nikolaevich , Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Deputy Head of the Department - Head of the Laboratory, OAO «Gazprompromgaz». e-mail: olmachev@spb.oao-promgaz.ru
Третьяков Юрий Александрович , доктор военных наук профессор, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, преподаватель кафедры тактики и общевоенных дисциплин, e-mail: y.a.tretyakov@yandex.ru	Tretyakov Yriy A. , Doctor of Military Sciences professor, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, professor of the Department, e-mail: y.a.tretyakov@yandex.ru
Федоренко Андрей Владимирович , кандидат военных наук, заместитель начальника кафедры, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского e-mail: favspb@mail.ru	Fedorenko Andrey Vladimirovich , candidate of military sciences, deputy head of the department, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky e-mail: favspb@mail.ru
Фоминич Эдуард Николаевич , доктор технических наук, профессор, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А.В. Хрулёва, профессор кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики. e-mail: efominich@mail.ru	Fominich Eduard N. , Doctor of Technical Sciences professor, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, professor of the Department of Power Supply, Electric and Automatic Equipment, e-mail: efominich@mail.ru
Чистяков Артур Эдуардович , руководитель Департамента эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами воинских частей и организаций Министерства обороны Российской Федерации (19100, г. Москва, Б.Козловский пер., д.6)	Artur Eduardovich Chistyakov , Head of the Department of Operational Maintenance and Provision of Public Utilities for Military Units and Organizations of the Ministry of Defense of the Russian Federation (6, B. Kozlovsky Lane, Moscow, 19100)
Шайхудинова Зимфира Искандаровна , преподаватель кафедры математики, ВИ (ВМП) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» e-mail: zemfira710@gmail.com	Shaihutdinova Zimphira I. , teacher of the Department of Mathematics, VI (VMP) VUNTS of the Navy "Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N. G. Kuznetsov" e-mail: zemfira710@gmail.com