

Издается с ноября 2016 года
«ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР»
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
№ 2 2016 год

Содержание журнала

«ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» №2

Содержание
 Редакционная коллегия

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ВОЕННОГО ДЕЛА

Измерения, контроль и управление качеством. Испытание образцов вооружения и военной техники

Борисов А.А., Хромов В.В. (ВИ(ИТ))

Повышение эффективности защиты антенно-фидерных систем от поражающего действия электромагнитного импульса путем комплексного применения мероприятий защиты

Фоминич Э.Н., Владимиров Д.Р. (ВИ(ИТ))

Электромагнитный терроризм.
 Новая угроза для информационно-управляющих систем

Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения

Бондарев А.В., Смирнов А.В. (ВИ(ИТ))

Перспективы и опыт создания систем комплексной автоматизации топочных процессов твердотопливных котлоагрегатов с топками кипящего слоя при реконструкции и строительстве котельных

Галушко М. М., Короленок Л. М., Плоцкий П. В. (ВИ(ИТ))

Влияние грунтовых условий на сейсмостойкость специальных подземных сооружений при воздействии землетрясений

Энергоснабжение, водоснабжение и теплоснабжение объектов военного назначения

Вакуненков В.А. (ВИ(ИТ)), Авраменко А.А.(в/ч25801), Щемелинин А.И. (ВИ(ИТ))

К вопросу разработки комплекса долговременного хранения и использования криогенных компонентов топлива в специальных фортификационных сооружениях

Отходы и их переработка. Вторичное сырье. Ресурсосбережение

Сухарь Г.А., Бондарев А. В. (ВИ(ИТ))

К вопросу выбора показателей энергоэффективности объектов военной инфраструктуры

Условия труда, социально-бытовые мероприятия (услуги), охрана труда, техника безопасности на военных объектах

Борисов А.А., Колесник И.В., Моисеенков П. И. (ВИ(ИТ))

Применение двухзонного электрода рабочего заземления с целью защиты от шагового напряжения

ВОЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Баблев С.В. (ВИ(ИТ))

Программное обеспечение адаптивной обучающей системы для группового обучения курсантов в рамках военно-инженерной подготовки

Вишнякова С.А. (Смольный институт РАО)

Компетентностный подход в тематическом планировании по русскому языку при подготовке иностранных специалистов инженерно-строительного профиля

ВОЕННО-ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ

Исследования и разработки в области эффективности, надежности и боевого использования вооружения и военной техники

Кондратьев В.С., Гайнуллин М.М. (ВИ(ИТ)), Гончаров П.С. (ВКА им. Можайского)

Инженерная методика расчета прохождения излучения видимой части спектра через атмосферу

Сведения об авторах

Бланк подписки на 1 полугодие 2017 года

The contents of the journal

"MILITARY ENGINEER" №2

1 The contents
 2 Editorial Board

GENERAL QUESTIONS OF MILITARY AFFAIRS

3 Measurement, control and quality management. Testing of samples of arms and military equipment

3 *Borisov A.A., Khromov V.V. (MI(IT))*

Effectiveness increase of the protection of antenna-feeder system from the damaging effects of an electromagnetic pulse through integrated protection measures use

10 *Fominich E.N., Vladimirov D.R. (MI(IT))*

Electromagnetic terrorism.
 New threat to information and control systems

Design, construction and reconstruction of objects for military purposes

17 *Bondarev A.V., Smirnov A.V. (MI(IT))*

Prospects and the experience of the creation of the systems of the complex automation of the burning processes of solid-propellant boilers with the furnaces of fluidized bed when constructing and reconstructing boiler-houses

21 *Galushko M.M., Korolenok L.M., Plozki P.W. (MI(IT))*

The influence of soil conditions on the seismic resistance of underground structures when subjected to earthquakes

The energy, water and heat supply of objects for military purposes

25 *Vakunenko V.A. (MI(IT)), Avramenko A.A.(m/u25801), Schemelinin A.I. (MI(IT))*

On the development of long-term storage complex and use of cryogenic propellants in special fortified structures

Waste & recycling. Secondary raw materials. Resource conservation

27 *Suchar G.A., Bondarev A.V. (MI(IT))*

On the choice of the energy performance of military infrastructure facilities

Working conditions, social activities (services), labor protection, safety at military facilities

31 *Borisov A.A., Kolesnik I. V., Moiseenkov P.I. (MI(IT))*

Application of bizonal system grounding electrode to protect against voltage step

MILITARY EDUCATION AND TRAINING

40 *Bablev S.V. (MI(IT))*

Adaptive teaching system programming support for military engineer group training

44 *Vishniakova S.A. (Smolny Institute of the Russian Academy of education)*

Competence-based approach in the thematic of the Russian language in the training of foreign specialists of civil engineering profile

APPLIED MILITARY SCIENCE

49 Research and development in the field of efficiency, reliability and combat use of weapons and military equipment

49 *Kondratiev V.S., Gaynullin M.M. (MI(IT)), Gonsharov P.S.(MCA trem. Mozhaisky)*

Engineering methods of calculating the passage of radiation visible spectrum through the atmosphere

55 Information about the authors

56 The form of subscription for the 1st half of 2017

Главный редактор журнала – Головачёв А.В.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

Булат Роман Евгеньевич, доктор педагогических наук доцент

Члены редакционной коллегии

Бирюков Александр Николаевич, доктор технических наук профессор

Ваучский Михаил Николаевич, доктор технических наук профессор

Головачёв Алексей Васильевич, кандидат педагогических наук доцент

Гуков Дмитрий Васильевич, доктор технических наук профессор

Дружинин Пётр Владимирович, доктор технических наук профессор

Ивахнюк Григорий Константинович, доктор химических наук профессор

Игнатчик Виктор Сергеевич, доктор технических наук профессор

Курмышов Василий Михайлович, доктор исторических наук доцент

Мухин Владимир Иванович, доктор архитектуры профессор

Пашкин Сергей Борисович, доктор педагогических наук профессор

Пименова Марина Владимировна, доктор филологических наук профессор

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук профессор

Смирнов Александр Васильевич, доктор технических наук профессор

Третьяков Юрий Александрович, доктор военных наук профессор

Фоминич Эдуард Николаевич, доктор технических наук профессор

Фёдоров Александр Борисович, доктор технических наук доцент

Хомич Владимир Михайлович, кандидат технических наук профессор

Чернобай Михаил Петрович, кандидат педагогических наук профессор

Чиркова Елена Ивановна, доктор педагогических наук профессор

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

Журнал издаётся при поддержке ассоциации саморегулируемой организации в области инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства «БАЛТИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС».

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.

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

Выпускающий редактор Головачёв А.В.

Дизайн обложки: Панасюк В.Н.

Фото на обложке из архива ВИ(ИТ)

Сдано в набор 20. 12. 2016

Подписано в печать 21. 12. 2016

Формат бумаги 60 x 90 1/8

Бумага типографская

Печать офсетная

Заказ №2/26/10/2016.

Тираж 300 экз.

Цена договорная

Почтовый адрес редакции журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР»: 191123, г. Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д.22, оф.412, телефон 8(812)7198786, e-mail: mmevitu@mail.ru, страница журнала на сайте: <http://viit.spb.ru/index.php?id=117>.

ООО «АЛЬГИЗ»

Лицензия ПД №2-69-618

196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 25, пом.215

Журнал «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» 2016, №2 (2)

Повышение эффективности защиты антенно-фидерных систем от поражающего действия электромагнитного импульса путем комплексного применения мероприятий защиты

Effectiveness increase of the protection of antenna-feeder system from the damaging effects of an electromagnetic pulse through integrated protection measures use

Аннотация:

В статье рассмотрены особенности радиоприемных и передающих центров пунктов управления Вооруженных Сил Российской Федерации с протяженными антенно-фидерными системами и основные пути воздействия поражающих факторов электромагнитного импульса на них. На основании полученных данных предложен вариант комплексно использования общих, системных и частных мероприятий защиты, который позволяет организовать эффективную защиту элементов антенно-фидерных систем и электрооборудования радиоприемных передающих центров. Подробно рассмотрены конструктивные решения и тактико-технические характеристики устройств защиты от импульсных перенапряжений, целевым назначением предназначенные для защиты данного объекта. Разработаны рекомендации по размещению данных устройств, доказана эффективность их применения.

Abstract:

The article describes the features of radio transmitting centers of command and control points of the Russian Federation Armed Forces with long antenna-feeder systems and the main ways of influencing electromagnetic pulse on it. Based on these data a version of the integrated use of common, system and private protection measures is offered, which allows to organize an effective protection of the elements of antenna-feeder systems and electrical equipment of radio receiving and transmitting. Detailed consider is given to design solutions and tactical - technical characteristics of protection devices, earmarked for protecting the object. Recommendations for the placement of these devices and effectiveness of their application are given.

Ключевые слова: антенно-фидерные системы, электромагнитный импульс ядерного взрыва, устройства защиты от импульсных перенапряжений.

Keywords: antenna-feeder system, an electromagnetic pulse of a nuclear explosion, the device surge protection.

В настоящее время ряд стран НАТО непрерывно занимаются совершенствованием ядерного оружия, а так же разработкой электромагнитного неядерного оружия в целях электромагнитного терроризма. Таким образом, в современных условиях вероятность применения оружия, основанного на электромагнитных принципах (электромагнитные излучения, генерируемые источниками ядерного и неядерного происхождения) существенно возрастает. По оценкам ученых и специалистов, занимающихся проблемами обеспечения электромагнитной совместимости технических средств объектов военного и гражданского назначения, приоритетным направлением в современных условиях является защита систем управления и связи от воздействия электромагнитных излучений, генерируемых электромагнитным импульсом ядерных взрывов (ЭМИ ЯВ).

Международным стандартом МЭК, а также ГОСТами Российской Федерации регламентируются требования в части защиты данных систем от указанного поражающего фактора [1,2,3,4,5].

Для обеспечения надежной и качественной связи между удаленными объектами ВС РФ широкое применение находят радиопередающие (РПД) радиоприемные (РПР) комплексы с протяженными антенно-фидерными системы (АФС) различного частотного диапазона (от 50-80 кГц до 2-30 МГц и выше). Основными элементами РПД и РПР комплексов являются: радиопередающие (радиоприемные) устройства, активные вибраторы антенн и фидерные тракты. Активные вибраторы выполнены кабелем марки РК 50 – 44 – 19 без защитных экранов, а фидерные тракты кабелем марки РК 75 – 44 – 19Б с защитным экраном.

Современный этап проектирования и строительства пунктов управления (ПУ) характеризуется широким их оснащением электротехническим оборудованием и радиоэлектронной аппаратурой, которые наиболее подвержены воздействию поражающих факторов ЭМИ ЯВ. Проблема защиты электрооборудования данных ПУ от воздействия электромагнитных излучений становится особенно острой и актуальной в связи с разработкой новых систем ядерного оружия, характеризующегося повышенным выходом электромагнитных излучений.

Особенности данных радиопередающих комплексов состоят в следующем: 1– радиопередающие (радиоприемные) устройства располагаются в высокозащищенных экранируемых сплошными стальными конструкциями подземных сооружениях (сооружениях командного модуля), фидерные тракты прокладываются в тоннельных

выработках, оборудованных сеточными экранами в виде арматурных сеток, активные вибраторы антенн прокладываются в неэкранируемых тоннельных выработках; 2 – АФС представляют собой подземные протяженные и рассредоточенные на больших площадях и различных глубинах (от 50 м до 400...500 м) системы, имеющие сложную пространственную топологию, протяженность фидерных трактов и вибраторов антенн составляет от нескольких десятков до нескольких сотен метров; 3 – в качестве вибраторов антенн применяются нетрадиционные материалы (радиочастотные коаксиальные кабели), 4 – среда, окружающая вибраторы и фидерные тракты, отличается низкой проводимостью, 5 – в качестве рабочих напряжений электрооборудования и АФС радиопередающих комплексов используются нестандартные напряжения 2 кВ, для систем, работающих в диапазоне частот 2...30 МГц, и 14 кВ, для систем, работающих в диапазоне частот 2...80 кГц [6,7,8].

Принципиальная схема радиопередающего комплекса представлена на рисунке 1.

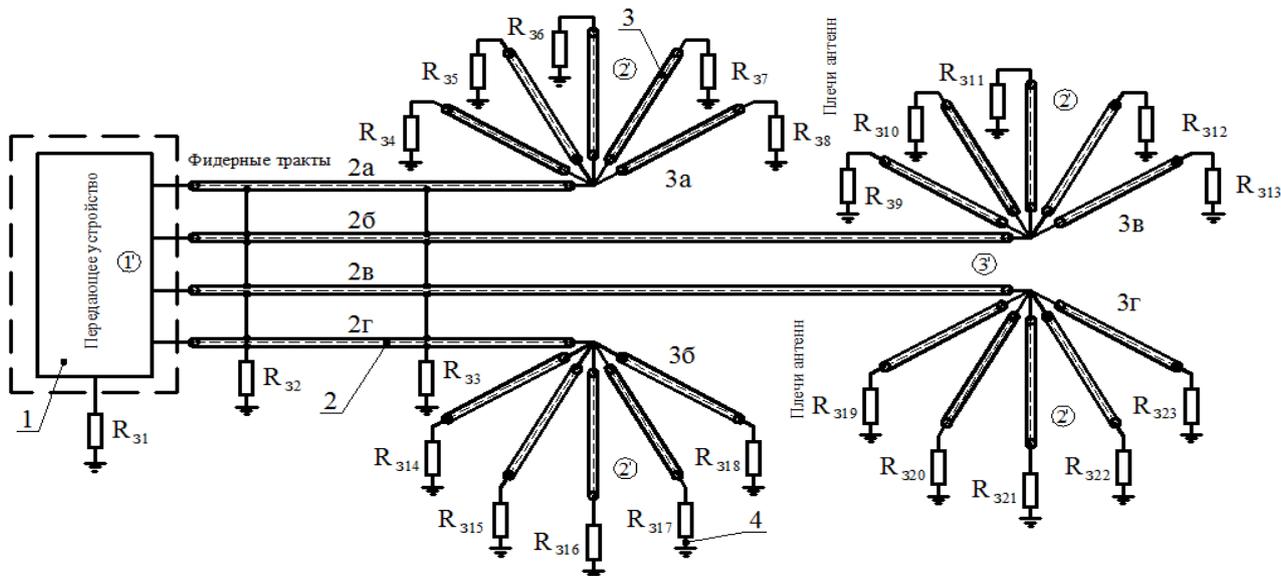


Рис. 1. Принципиальная схема радиопередающего комплекса (вид сверху)

1 - радиопередающее (приемное) устройство; 2 - фидерные тракты;

3 - вибраторы антенн; 4 - заземляющие устройства

Актуальность данного исследования обусловлена невозможностью обеспечить надежную и эффективную защиту электрооборудования и АФС радиопередающих комплексов от поражающего действия электромагнитного импульса ядерных взрывов с помощью устройств, предназначенных для СЭС и связи по причинам несоответствия номинальных напряжений и рабочих частот и ограниченных возможностей существующих УЗИП по пропускной способности. Эти обстоятельства свидетельствуют о необходимости разработки УЗИП целевого назначения для электрооборудования РПДК пунктов управления ВС. Кроме того испытания показали, что эффективной защиты электрооборудования АФС возможно добиться только при комплексном применении общих, системных и частных мероприятий защиты. Решению данной научно-технической задачи посвящена данная статья.

Основные положения. Для принятия решения, какие мероприятия защиты необходимо применять при обеспечении живучести объекта с протяженными антенно-фидерными системами необходимо рассмотреть пути воздействия поражающих факторов ЭМИ на элементы АФС.

Основными путями воздействия поражающих факторов ЭМИ на АФС рассматриваемого объекта являются:

1. Прямое действие электромагнитного поля, проникающего через толщу грунта и строительные конструкции объекта, а также действия вторичных электромагнитных полей, вызванных токами, протекающими по электромагнитным экранам и инженерным коммуникациям. Поражающее действие проявляется в возможности перемагничивания и изменения электрических характеристик полупроводниковых и радиоэлектронных элементов, появления ложных сигналов, сбоев, помех и др.
2. Наведение напряжений и токов на участках антенн и фидерных трактов, приводящих к повреждению их изоляции и подключенной к ним аппаратуры передающего устройства. Поражающее действие проявляется в возможности электрического и теплового пробоя электротехнического оборудования и радиоэлектронной аппаратуры и кабельной продукции.

Для обеспечения надежной защиты объекта целесообразно проведение комплексных мероприятий по его защите. Применительно к специфике, использованным конструктивным решениям, режимам функционирования АФС и заданным снарядам ядерных боеприпасов, воздействующим по рассматриваемому объекту, мероприятия по защите АФС от поражающих факторов ЭМИ условно могут быть разделены на: I.- общие или инженерно-строительные, выполняемые

для всех систем объекта; включая и АФС; II - системные, выполняемые для отдельных систем; III - частные, выполняемые для отдельных элементов и блоков АФС.

Рассмотрим варианты использования вышеперечисленных мероприятий защиты применительно к радиопередающим, радиоприемным комплексам с протяженными антенно-фидерными системами.

На объекте применены следующие меры защиты от ЭМИ:

I. Общие: а) общее и местное экранирование сооружений объекта; б) рациональные объемно-планировочные и конструктивно-компоновочные решения сооружений всего объекта и его АФС; в) создание рациональной системы заземления и электрических связей строительных конструкций объекта и его системы АФС.

II. Системные: а) применение УЗИП, разработанных в Военном институте (инженерно-техническом) (ВИ (ИТ)) целевым назначением предназначенные для защиты электрооборудования АФС; б) использование в качестве вибраторов и фидерных трактов кабелей с высокими экранирующими характеристиками; в) параллельная прокладка кабелей и их дополнительное экранирование; г) сокращение длины кабельных коммуникаций и антенн, непосредственно подверженных воздействию ЭМИ; д) автоматическое отключение кабельных коммуникаций и антенн, не участвующих в обеспечении боевых задач, по сигналу об угрозе применения ядерного оружия, а также отключение проводных коммуникаций от передающего устройства в нерабочем режиме; е) рациональные схемные решения и оптимальная прокладка кабельных трасс и др.

III. Частные: а) повышение стойкости элементов АФС к поражающему действию ЭМИ за счет применения соответствующей элементной базы, рационального соединения элементов, оптимального монтажа схем, узлов и блоков аппаратуры и т.д.; б) применение принципов каскадной защиты для наиболее чувствительных блоков и узлов к поражающему действию ЭМИ; в) повышение помехоустойчивости аппаратуры структурно-функциональными и алгоритмическими методами (использование оптоэлектроники, кодирования сигналов, помехоустойчивой модуляции и пр.).

Защита АФС от поражающих факторов ЭМИ была обеспечена реализацией комбинаций приведенных выше мер и средств защиты применительно к специфике конкретного объекта. Исходя из назначения и условий функционирования рассматриваемого АФС, защита от поражающего действия ЭМИ обеспечила:

1. Снижение до допустимого уровня величин электромагнитных полей, генерируемых ядерными взрывами в среде заложения АФС;
2. Снижение опасных импульсных токов и напряжений, наводимых ЭМИ на элементах АФС до уровней, не приводящих к отказам аппаратуры, фидерных трактов и антенн.

Обеспечение надежной защиты стало возможным так же и благодаря тому, что впервые были применены разработанные в Военном институте (инженерно-техническом) УЗИП целевым назначением предназначенные для защиты электрооборудования АФС пунктов управления ВС РФ.

Для формирования тактико-технических требований к данным устройствам были рассчитаны амплитудно-временные параметры токов и напряжений, наводимых ЭМИ в элементах АФС. С этой целью разработана методика и проведены расчеты токов и напряжений, наводимых ЭМИ ЯВ в подземных, протяженных и рассредоточенных на больших площадях и различных глубинах АФС и подключенном к ним электрооборудовании РПДК, с учетом сложной пространственной топологии АФС и неоднородной структуры их электрофизических характеристик.

Анализ результатов расчетных оценок воздействия ЭМИ контактных ядерных взрывов на элементы АФС и подключенное к ним электрооборудование показывает, что максимальные уровни токов, наводимых в защитных экранах и жилах фидерных трактов и вибраторов антенн, могут достигать значений 23,8 кА и 5,84 кА, соответственно, а максимальные уровни перенапряжений свыше 1500 кВ. В качестве примера на рисунке 2 приведены временные зависимости токов и напряжений, наводимых ЭМИ наземного ЯВ мощностью 10 Мт и 0,5 Мт в фидерных трактах АФС и подключенном к ним электрооборудовании РПДУ, при попадании ядерных боеприпасов в точку, расположенную над передающим устройством [9].

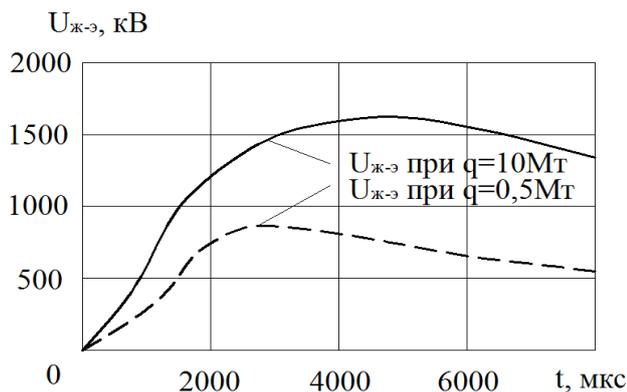
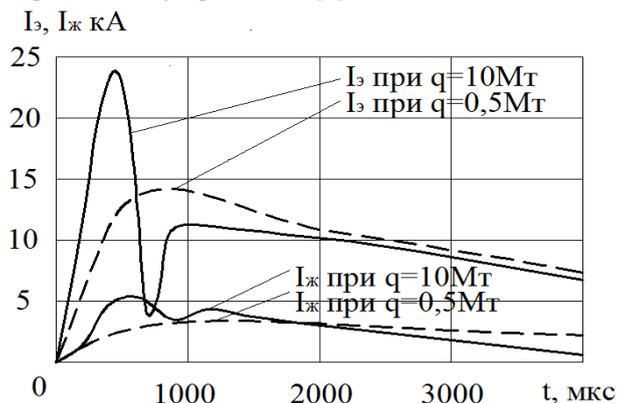


Рис. 2. Временные зависимости токов и напряжений, наводимых ЭМИ ЯВ в фидерных трактах АФС

На основе результатов выполненных расчетных оценок, анализа модели предполагаемых ядерных ударов по пункту управления ВС и конструктивных особенностей радиопередающих комплексов и их АФС разработаны научно-обоснованные тактико-технические требования, предъявляемые к УЗИП, предназначенные для защиты электрооборудования и АФС радиопередающих комплексов от ЭМИ ЯВ (таблица 1).

Таблица 1.

Тактико-технические характеристики разработанных УЗИП

№ п/п	Наименование технической характеристики	Класс АФС по номинальному напряжению	
		14 кВ	2кВ
1.	Номинальное напряжение (амплитудное значение), кВ	14,0	2,0
2.	Диапазон рабочих частот, кГц	2...80	2000...30000
3.	Емкость относительно корпуса, пФ	до 40	до 6
4.	Длительность фронта импульса тока, мкс	250±50	до 8
5.	Амплитуда пропускаемого тока, кА	2,5	0,5
6.	Длительность выдерживаемого импульса тока до полуспада амплитуды, мкс (не более)	2500	50
7.	Уровень ограничения напряжения	27	2,5
8.	Количество выдерживаемых воздействий без нарушения функциональных способностей	5	20
9.	Исполнение	однополюсное	однополюсное

В качестве основного технического решения, позволяющего кардинальным образом решить задачу по созданию таких УЗИП, предложено решение, выполненное на базе комбинации устройств защиты коммутирующего и ограничивающего типов путем их последовательного соединения. В качестве устройств защиты ограничивающего типа предложены нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) на базе оксидно-цинковых варисторов, а в качестве устройств защиты коммутирующего типа – искровые газонаполненные разрядники с интенсивным гашением электрической дуги. Принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 3.

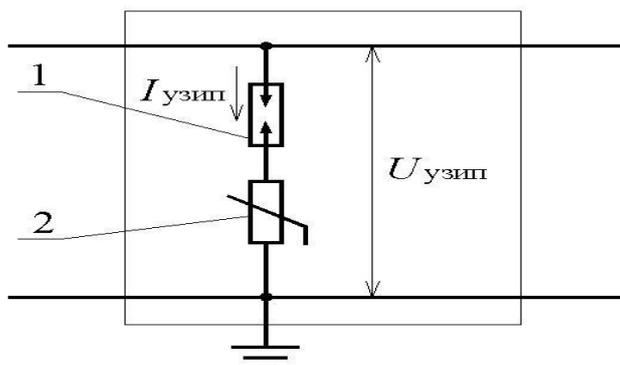


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема УЗИП

- 1- искровой газонаполненный разрядник;
- 2- нелинейный ограничитель перенапряжений

Искровые газонаполненные разрядники изготовлены на номинальные напряжения 14 кВ и рабочие частоты 2...80 кГц, и 2 кВ и рабочие частоты 2...30 МГц, соответственно. Данные разрядники обладают улучшенными техническими характеристиками в части быстродействия и высокой пропускной способностью, что достигается применением специальной электродной системы и определенной смеси газов.

В качестве нелинейных элементов УЗИП предложено использовать высоконелинейные варисторы, изготовленные на основе оксида цинка, обладающие высокой нелинейностью и большой пропускной способностью. Применение нелинейных элементов позволяет решить проблему локализации сопровождающих токов и исключить случаи несанкционированных отключений РПДУ. УЗИП на номинальное напряжение 2 кВ оснащен одним модулем (колонкой) варисторов, УЗИП на номинальное напряжение 14 кВ оснащен пятью модулями варисторов, соединенных параллельно [1,3]. Все токоведущие элементы УЗИП размещаются в корпусе, выполненном из изоляционного материала – полиуретана, который имеет улучшенные характеристики в сравнении с фарфоровыми изоляторами, что позволяет обеспечить необходимую механическую прочность[6,7,8].

Внешний вид УЗИП представлен на рисунке 4.

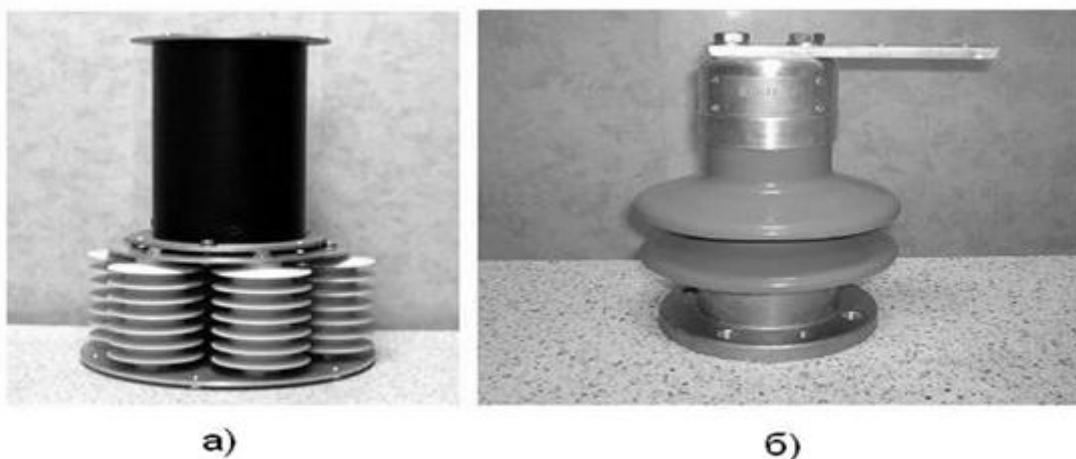


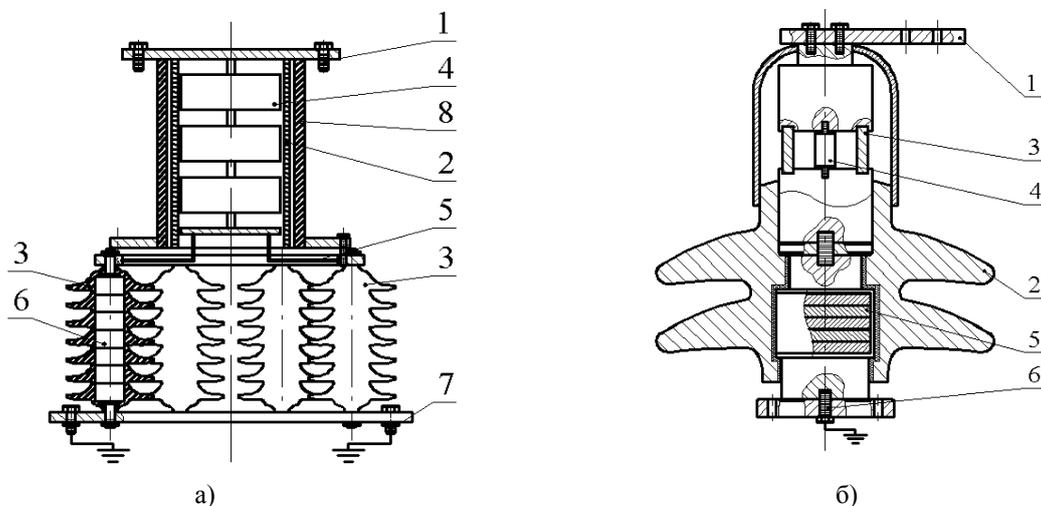
Рис. 4. Внешний вид УЗИП

а) УЗИП на номинальное напряжение 14 кВ

б) УЗИП на номинальное напряжение 2 кВ

Технические характеристики УЗИП соответствуют параметрам, приведенным в таблице 1.

Конструкции макетных образцов УЗИП и состав структурных элементов, входящих в УЗИП, представлены на рисунке 5.



- 1 – вводная клемма;
- 2 – металлический корпус;
- 3, 6 – модули высоко нелинейных варисторов;
- 4 – искровой газонаполненный разрядник;
- 5 – медная шина;
- 7 – заземляющая клемма;
- 8 – полиуретановый корпус.

- 1 – вводная клемма;
- 2 – полиуретановый корпус;
- 3 – пластмассовая прокладка;
- 4 – искровой газонаполненный разрядник;
- 5 – модуль высоко нелинейных варисторов;
- 6 – заземляющая клемма.

Рис. 5. Конструкция макетных образцов УЗИП

а) УЗИП на номинальное напряжение 14 кВ

б) УЗИП на номинальное напряжение 2 кВ

Таким образом, на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований, впервые были разработаны УЗИП комбинированного типа, предназначенные целевым назначением для защиты электрооборудования и АФС радиопередающих комплексов пунктов управления ВС от поражающего действия ЭМИ ядерных взрывов.

С целью проверки соответствия разработанных УЗИП предъявляемым к ним тактико-техническим требованиям, авторами выполнены экспериментальные исследования эффективности опытных образцов УЗИП при воздействии импульсных токов и напряжений ЭМИ ЯВ, полученных расчетными методами.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что опытные образцы УЗИП соответствуют предъявляемым к ним требованиям и выполняют свои защитные функции при заданных расчетных воздействиях. Технические решения, реализованные в УЗИП, обеспечивают выполнение ими функций по ограничению

импульсных токов и напряжений ЭМИ ЯВ и не оказывают существенного влияния на качество рабочих сигналов РПДУ пунктов управления ВС [7,8,10].

Применение УЗИП обеспечивает снижение опасных импульсных токов и напряжений, наводимых ЭМИ на элементах АФС до уровней, не приводящих к отказам аппаратуры, фидерных трактов и антенн.

Для осуществления защиты элементов АФС были разработаны рекомендации по размещению данных УЗИП, обеспечивающих защиту от поражающего действия ЭМИ ядерных взрывов.

Для обеспечения нормальной работы АФС в условиях интенсивного воздействия поражающих факторов ЭМИ ядерных взрывов необходимо:

1 – РПДК и по возможности фидерные тракты разместить в помещениях и потернах, оборудованных специальными электромагнитными экранами (сеточными или сплошными);

2 – на вводах фидерных трактов в передающее устройство установить специальные УЗИП, которые должны быть подключены между жилами и экранами кабельных линий (рисунок 6).



Рис.6. Условная однолинейная схема модуля радиопередающего комплекса с установкой УЗИП на входе РПДК

3 – установить специальные УЗИП в местах сопряжения кабельных линий фидерных трактов и антенн (рисунок 7).



Рис. 7. Условная однолинейная схема модуля радиопередающего комплекса с установкой УЗИП на входе РПДК и в месте сопряжения вибраторов и фидерных трактов

4 – в период электромагнитных воздействий обеспечить надежное заземление концов вибраторов антенн, при невозможном выполнении данного условия в качестве альтернативного варианта предлагается установить специальные УЗИП на концах вибраторов антенн (рисунок 8).



Рис. 8. Условная однолинейная схема модуля радиопередающего комплекса с установкой УЗИП на входе РПДК и в месте сопряжения вибраторов и фидерных трактов и на концах антенн

Реализация предлагаемых решений по применению и размещению специальных разрядников в АФС позволяет локализовать опасные уровни токов и перенапряжений, возбуждаемых ЭМИ ядерных взрывов в протяженных кабельных линиях и антеннах и обеспечить его надежное и бесперебойное функционирование в период массированных ядерных воздействий по рассматриваемому объекту. На основании выше изложенного, используя математическую модель расчета электромагнитных процессов в элементах антенно-фидерных систем передающих радиочастотных пунктов управления, проведена расчетная проверка эффективности предложенной концепции по защите элементов АФС от ЭМИ с помощью специальных разработанных УЗИП [9].

Выводы:

1. Для обеспечения надежной и качественной связи между удаленными объектами ВС РФ широкое применение находят радиопередающие радиоприемные комплексы с протяженными антенно-фидерными системы различного частотного диапазона (от 50-80 кГц до 2-30 МГц и выше).
2. Современный этап проектирования и строительства данных комплексов характеризуется широким их оснащением электротехническим оборудованием и радиоэлектронной аппаратурой, которые наиболее подвержены воздействию поражающих факторов ЭМИ ЯВ. Проблема защиты электрооборудования данных объектов от воздействия электромагнитных излучений становится особенно острой и актуальной в связи с разработкой новых систем ядерного оружия, характеризующегося повышенным выходом электромагнитных излучений.
3. В целях эффективной защиты данных объектов целесообразно комплексно использования общие, системные и частные мероприятий защиты, которые позволяют предотвратить повреждения элементов антенно-фидерных системам и электрооборудования радиоприемных передающих центров.
4. В качестве системных мероприятий защиты необходимо применение УЗИП комбинированного типа, целевым назначением разработанных для защиты пунктов управления с протяженными АФС.
5. Разработанные специальные УЗИП и предложенные рекомендации по их применению, а также комплексный подход проведения защитных мероприятий позволяют обеспечить эффективную защиту АФС пунктов управления ВС РФ от поражающих факторов ЭМИ ядерных взрывов.

Список литературы:

1. МЭК 107:1998. Электромагнитная совместимость. Руководство по разработке публикаций МЭК в области электромагнитной совместимости
2. МЭК 60050-161:1990. Международный электротехнический словарь. Глава 161: Электромагнитная совместимость.
3. МЭК 61000-4-4:1995. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4: Методы испытаний и измерений..
4. МЭК 61000-4-4:2004) Совместимость технических средств электромагнитная устойчивость к наносекундным импульсным помехам требования и методы испытаний.
5. Борисов А.А. Требования к устройствам защиты от импульсных перенапряжений электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва. «16 Туполевские чтения» Международная молодежная научная конференция, 28- 29 мая 2008 года: Труды конференции. Том 3. Казань: Изд – во Казан. гос. техн. ун-та им. А.Н. Туполева. 2008, с. 216-218. (536).
6. Хромов В.В., А.А. Борисов, А.В. Исаков, О.И.Громов. Устройства защиты от импульсных перенапряжений для технических средств антенно-фидерных систем // Технологии ЭМС / ООО «Издательский дом «Технологии». – М., 2009.
7. Борисов А.А. Разработка и обоснование средств защиты электрооборудования антенно-фидерных систем от воздействия мощных электромагнитных полей // Сб. научн. ст. сотрудников университета.: Дис. Исслед. адъюнктов и докторантов ВИТУ / ВИТУ. – СПб., 2009. – Вып. 10. – С. 30-33. (141).
8. Борисов А. А., Савчук А.Д., Хромов В.В. Устройства защиты радиоэлектронной аппаратуры от импульсных перенапряжений // Инновац. деят. в ВС РФ.: Тр. всеармейской научн. – практ. конф./ СПб.: ВАС, 2009.
9. Борисов А.А. Математическая модель расчета электромагнитных процессов в элементах антенно-фидерных систем передающих радиочастотных пунктов управления // Сб. научн. тр. ВИТУ.: Научные проблемы специальных и фортификационных комплексов, обустройства войск, управления производственной деятельностью строительных предприятий / СПб., ОАО «Издательство Стойиздат СПб», 2009. – Вып. 8.
10. Отчет о составной части опытно - конструкторской работы: «Разработка рекомендаций по выбору мест установки устройств защиты от импульсных перенапряжений в АФУ СДВ IV диапазона». Санкт – Петербург 2007.38 с.

**Электромагнитный терроризм.
Новая угроза для информационно-управляющих систем****Electromagnetic terrorism.
New threat to information and control systems****Аннотация:**

Последнее десятилетие характеризуется активным развитием практического использования технологий, связанных с деструктивным воздействием электромагнитных полей на микропроцессорные блоки. Следствием этого является появление нового вида террористической угрозы – электромагнитного терроризма, заключающегося в оказании преднамеренного электромагнитного воздействия на системы и аппаратуру, в которых процесс обработки информации является ядром системы с целью ее блокирования или уничтожения. Безопасность и стабильность современного информационного общества в настоящее время особенно уязвима для электромагнитного терроризма по причине широкого использования микропроцессорных средств и отсутствия средств защиты от электромагнитного терроризма.

Abstract:

The last decade is characterized by the rapid development of the practical use of technology related to the destructive influence of electromagnetic fields on the microprocessor unit. The consequence of this is the emergence of a new kind of terrorist threat - electromagnetic terrorism (EMT). Purpose of EMT is to provide an intentional electromagnetic effects on systems and equipment in which information processing is the core of the system with the aim of blocking or destruction. Security and stability of the modern information society is now particularly vulnerable to electromagnetic terrorism because of the wide use of microprocessors and the lack of protection against electromagnetic terrorism.

Ключевые слова — электромагнитный терроризм, безопасность, угроза.

Keywords — electromagnetic terrorism, security, threat.

В настоящее время наблюдается стремительное развитие радиоэлектронных и микропроцессорных систем. Параллельно с развитием идет повсеместное внедрение микропроцессорных средств и цифровых элементов, как наиболее современных элементов контроля и управления. Результатом этого становится появление новых типов устройств, использующих цифровые технологии, а также повсеместное внедрение микропроцессорных блоков управления практически во все областях жизни.

Современные требования к техническим параметрам микропроцессорных средств требуют от них высокого быстродействия, которое достигается за счет миниатюризации, уменьшения уровня полезного сигнала, уменьшения времени переключения до единиц и долей наносекунд и существенным повышением тактовых частот. Высокая доля использования таких средств, а также огромные объемы передаваемой информации требуют от них устойчивого функционирования в различной электромагнитной обстановке.

Качественное развитие микроэлектроники и компактных энергоемких источников питания, а также все возрастающая зависимость общества в целом от информационных технологий, породило новый вид угрозы – электромагнитный терроризм. Электромагнитный терроризм заключается в оказании деструктивного электромагнитного воздействия на микропроцессорные средства с целью их разрушения или нарушения работы.

Электромагнитный терроризм может осуществляться различными способами: по сетям электропитания, по сетям связи (информации), по портам заземления, а также посредством электромагнитного импульса (ЭМИ) на различные порты технического средства или непосредственно на передаваемый сигнал.

Особый интерес в перечисленных способах воздействия представляет собой воздействие с помощью электромагнитного импульса. Одним из перспективных направлений исследований и работы является использование специальных импульсных излучателей для генерирования сверхширокополосных электромагнитных импульсов (СШП ЭМИ), которые характеризуются пикосекундными временами фронта и длительности импульса.

Исследования, проведенные в США, Израиле, Китае и представленные на ряде международных конференций, показывают высокую потенциальную уязвимость микропроцессорных и радиоэлектронных систем различного назначения к данному виду воздействий. Такие генераторы могут быть использованы в качестве тактического экологически чистого оружия, а также в качестве специальных средств для функционального поражения микропроцессорных и радиоэлектронных систем общего и специального назначения.

В России исследования в этой области начаты не так давно и не доведены до практической реализации, а по данным зарубежных исследований в настоящее время в США активно ведутся исследования по созданию неядерного электромагнитного оружия. Для данных целей переоборудуются снимаемые с вооружения крылатые ракеты, на которые предполагается устанавливать неядерные ЭМИ генераторы.

Прототип такой ракеты был испытан США в 2012 году. Согласно официальным заявлениям ВВС США при испытаниях тактической электромагнитной ракеты СНАМР были поражены все 7 зданий-целей, представляющие из себя 7 этажные здания стандартной конструкции с работающим оборудованием. Более того, согласно заявлениям, не представилось возможным измерить параметры воздействующих импульсов, так как все измерительные приборы также были поражены.

Особенностями СШП ЭМИ является то, что он может создаваться скрытно, анонимно и на большом удалении от объекта. После себя он не оставляет запаха, разрушений, не обладает характеристиками цвета или запаха, поэтому является идеальным средством поражения для электронного оборудования.

На рис. 1 и 2 представлен внешний вид компактного генератора СШП ЭМИ.

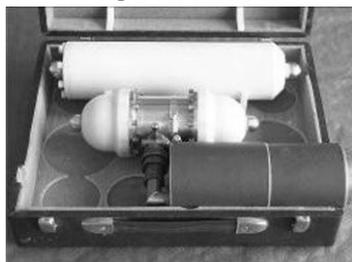


Рис. 1. Внешний вид генератора СШП ЭМИ



Рис. 2. Генератор ЭМИ в собранном виде.

Как видно из представленных фотографий, массо-габаритные показатели генераторов СШП ЭМИ невелики, а сам генератор со всеми вспомогательными элементами может быть замаскирован под кейс, чемодан, портфель.

Стоимость такого «кейса» составляет около 15000\$ США, а его поражающая способность такова, что может нарушить работу, вывести из строя или необратимо разрушить микропроцессорное оборудование в объеме 2...3 этажного здания или части здания.

Существуют и более мощные по своим энергетическим параметрам генераторы ЭМИ, которые обладают большими массо-габаритными показателями по сравнению с «кейсом», однако и они могут легко поместиться на заднее сиденье автомашины класса «седан», а их энергетика такова, что они способны нарушить работу оборудования в 4...5 этажном здании.

В настоящее время для нормативного регулирования требований по помехоэмиссии и помехоустойчивости технических средств в России действуют гармонизированные Европейские стандарты по электромагнитной совместимости (ЭМС) серии ГОСТ Р 51317.4.x. Соответствие стандартам ЭМС характеризует техническое средство со стороны качества функционирования в условиях воздействия электромагнитных помех в текущей электромагнитной обстановке, применительно к конкретным условиям эксплуатации. В этом случае общим требованием к оборудованию является импульсная прочность изоляции, характеризующая стойкость оборудования к электромагнитным помехам.

При уровнях воздействующих электромагнитных импульсов выше уровня помехоустойчивости работоспособность оборудования нарушается. Возможен даже выход его из строя. Задачей ЭМС является обеспечение нормальной работы оборудования и систем в реальных условиях эксплуатации с учетом возможного воздействия помех со стороны источников с учетом механизмов связи.

Анализ существующих и перспективных технических средств электромагнитного терроризма позволил сформулировать требования к параметрам испытательных воздействий и стойкости оборудования с учетом специфики оказываемого воздействия. Разработанные требования отражены в государственном стандарте ГОСТ Р 52863-2007 «Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям».

Рассматриваемый нормативный документ учитывает в своих требованиях воздействия по различным портам оборудования, для чего испытательные воздействия разделяются на воздействия по портам электропитания, по информационным портам, по металлоконструкциям и посредством электромагнитного поля. Такое разделение позволяет учесть специфику воздействия по проводным линиям связи (кондуктивный путь проникновения, воздействие посредством наведенных U и I) и посредством электромагнитного поля (индуктивный путь проникновения, воздействие электромагнитным полем), разделить линии по конструкции

проводников, уровням сигнала, типам сигнала (информационные сети и сети электропитания). В зависимости от условий эксплуатации и потребляемой мощности испытательные воздействия подразделяются на 4 степени жесткости, выбор и принятие которых производится перед проведением испытаний. Для примера и актуализации рассматриваемой проблемы в таблице 1 приведены параметры испытательных воздействий в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52863-2007 в сравнении с аналогичными стандартами отражающими аналогичные испытания из области ЭМС.

Анализ параметров испытательных воздействий современных стандартов, отражающих в своих требованиях возможности современных и перспективных технических средств электромагнитного терроризма, и сравнение их с существующими стандартами из области ЭМС показал, что электромагнитный терроризм представляет серьезную угрозу. Об этом свидетельствует то, что по некоторым видам испытаний аналогов в области ЭМС нет, а так же в ряде случаев параметры воздействий качественно отличаются от ЭМС. Основные отличия заключаются в увеличенных энергетических параметрах воздействия, уменьшенных значениях времени фронтов импульсов и увеличенных длительностях импульса, а также в повышенных амплитудах воздействия. Так, например, наиболее мощные помехи в области ЭМС – микросекундные импульсные помехи по сети электропитания имеют длительность импульса до 50 мкс и энергию накопительного конденсатора не превышающую 0,2 кДж, а технические средства электромагнитного терроризма могут иметь длительность импульса 0,1...20 мс с энергией 1...150 кДж. Высоковольтные однократные наносекундные импульсы напряжения по энергии превышают похожие на них наносекундные импульсные помехи ЭМС на 4...5 порядков и могут достигать значений воздействующего напряжения от 50 до 250 кВ. Особое внимание стоит уделить воздействию электромагнитным полем, в котором значения длительностей импульсов лежат в пикосекундном диапазоне, а следовательно, их спектральная плотность лежит в гигагерцовом диапазоне, т.е. в диапазоне работы блоков микропроцессорных устройств.

Таблица 1.

Значения типовых параметров испытательных воздействий электромагнитным полем.

Требования ГОСТ Р 52863-2007			Требования стандартов из области ЭМС		
№ п/п	Вид воздействия	Виды испытательных воздействий	Параметры воздействий (для IV степени жесткости)	Параметры воздействий (для IV степени жесткости)	ГОСТ
1	Однократные наносекундные импульсы электромагнитного поля	Длительность импульса, нс	100		
		Напряженность импульсного электрического поля, кВ/м	10		
2	Периодические наносекундные импульсы электромагнитного поля с низкой частотой повторения	Длительность фронта, нс	0,2±0,1		ГОСТ Р 51317.4.3
		Длительность импульса, нс	0,8±0,3		
		Напряженность импульсного электрического поля, кВ/м	30	0,030	
		Частота следования, кГц	1		
3	Периодические наносекундные импульсы электромагнитного поля с высокой частотой повторения	Длительность импульса, нс	0,2±0,1 0,8±0,3		ГОСТ Р 51317.4.3
		Напряженность импульсного электрического поля, кВ/м	0,2	0,030	
		Частота следования, кГц	1000		

Не стоит забывать и еще про одну специфику СШП ЭМИ, которая обусловлена тем, что СШП ЭМИ, ввиду малых длительностей воздействующих импульсов, занимает достаточно широкий спектр, перекрывающий большую часть диапазонов работы радиоэлектронной аппаратуры, потенциальной соизмеримостью частот следования импульсов СШП ЭМИ с частотами смены состояний модулированного сигнала, а также дискретной природой воздействующего импульса, что обуславливает высокую восприимчивость цифровых систем. При высоких энергетических характеристиках СШП ЭМИ его влияние возможно не только на антенно-фидерную систему устройств, но также и аппаратную часть ввиду формирования наводок в цепях обработки информации.

Более того, следует отметить, что развитие современного микропроцессорного оборудования и радиоэлектронной аппаратуры идет по пути использования современных методов цифровых модуляций с расширением полосы частот при высокой плотности передаваемой информации. Это ведет к росту скорости смены состояний модулированного сигнала. Сигналы, модулированные с расширением спектра, как правило, имеют более низкие амплитудные характеристики, чем узкополосные сигналы. Все это приводит к тому, что длительность импульсов СШП ЭМИ, а также частота их следования могут быть близки к длительностям символов и их скорости в модулированном сигнале и, как следствие, будут увеличивать вероятность искажения принимаемой информации [1].

Таким образом, существующие стандарты из области ЭМС не в полной мере соответствуют последним достижениям в области разработки технических средств электромагнитного поражения. Соответствие технического средства, выполненного с использованием микропроцессорных средств, стандартам из области ЭМС не может гарантировать его помехоустойчивость к современным средствам поражения, что свидетельствует о том, что такие технические средства потенциально могут быть уязвимы для электромагнитного терроризма. На основании этого следует сделать заключение о том, что исследование проблемы обеспечения защиты микропроцессорных блоков и систем от электромагнитного терроризма является задачей актуальной, а разработка методов, средств и мероприятий для их защиты или повышения помехоустойчивости – первоочередной.

Для подтверждения опасности были проведены теоретические исследования воздействия СШП ЭМИ на микропроцессорные средства.

Теоретические исследования реакций линий, элементов, блоков и систем на воздействие СШП ЭМИ должны выполняться с использованием математических моделей в рамках условий своей применимости. Однако существующие методы расчета не в полной мере применимы для расчета воздействия СШП ЭМИ по причине уменьшенного времени фронта и длительности импульсов ($\tau_{\phi} = 0,2$ нс; $\tau_{0,5} = 0,8$ нс). Это обусловлено тем, что:

- при таких параметрах воздействующих импульсов условие поперечной квазистационарности может не выполняться, так как спектральная плотность СШП ЭМИ лежит в областях 1...20 ГГц, что в переводе соответствует длинам волн 0,3...0,015 м;
- существующие методики расчета наведенных напряжений и токов в линиях базируются на применении условия цилиндрической симметрии, т.е. время прохождения электромагнитной волной расстояния, равного поперечному размеру проводника, должно быть меньше времени достижения максимума импульсов воздействующих высокочастотных полей;
- СШП ЭМИ является воздействием с преимущественным содержанием высокочастотных составляющих, которые требуют учета зависимости электрофизических характеристик линий от частоты, а также учета зависимостей взаимного расположения блоков, геометрии корпуса и иных факторов, которые могут оказать существенное влияние.

Таким образом, для оценки уровней наводимых напряжений и токов, предлагается использовать математическую модель с решением в частотной постановке.

В качестве воздействующего электромагнитного импульса со временем фронта импульса $\tau_{\phi} = 0,2 \cdot 10^{-9}$ с, длительностью импульса $\tau_{0,5} = 0,8 \cdot 10^{-9}$ с, частотой следования импульсов 1 кГц или 1 МГц и напряженностью электрического поля E от 0,02 кВ/м до 30 кВ/м [2] применяется аппроксимированный к указанным параметрам двухэкспоненциальный импульс. По причине отсутствия в современных стандартах требований по поляризации компонентов электромагнитных полей СШП ЭМИ, были исследованы варианты, характерные для падений волн на линию при максимальной горизонтальной составляющей напряженности электрического поля E .

При выполнении расчетов использовалась двухэкспоненциальная форма воздействующего импульса:

$$E_1(t) = E_0 \cdot 2,28 \left(e^{-1,27 \cdot 10^9 t} - e^{-8,9 \cdot 10^9 t} \right)$$

где E_0 – амплитуда воздействия (от 0,02 кВ/м до 30 кВ/м);

K – коэффициент формы, равный 2,28;

α, β – показатели экспоненты, равные $\alpha = 1,27 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$,

$\beta = 8,9 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$.

Временная зависимость воздействующего импульса построена в среде MathCad и представлена на рис. 3.

U , о.е.

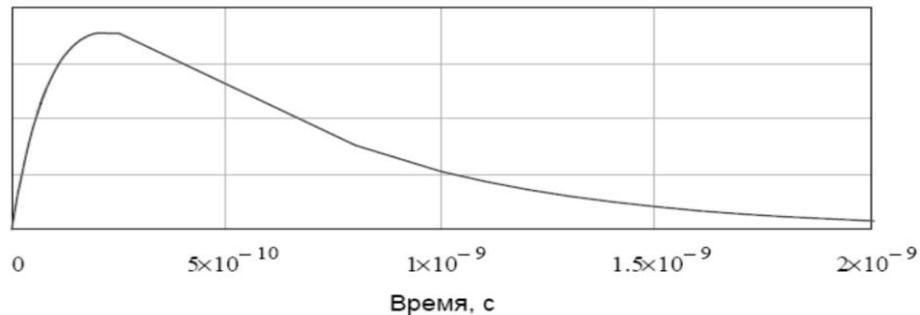


Рис. 3. Временная форма воздействующего импульса.

Средние значения результатов проведенных расчетов для оценки опасности воздействия СШП ЭМИ приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты теоретических исследований.

Воздействие на неэкранированные линии		
Амплитуда, В	Длительность фронта, с	Длительность импульса, с
22	$0,6 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$
Воздействие на экранированные линии		
Амплитуда, В	Длительность фронта, с	Длительность импульса, с
1	$6 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$

Как видно из представленных результатов, наибольшую опасность представляет воздействие на неэкранированные линии. Безусловно, металлический корпус оборудования представляет своего рода экран, выполняющий функцию защиты. Однако, как отмечалось выше, спектральная плотность воздействующего импульса лежит в диапазоне 1...20 ГГц, что в переводе соответствует длинам волн 0,3...0,015 м. Иными словами, при наличии дефекта экрана размером 15 мм или в ряде случаев меньше, оказываемое воздействие на микропроцессорное оборудование будет иметь фатальное последствие. Более того, даже экранирование не обеспечивает надежной защиты и позволяет наводить в линиях U до 1В, что в некоторых микропроцессорных блоках соответствует значению логической «1», что, безусловно, доказывает опасность такого рода воздействий.

В настоящее время в России существуют целый ряд генераторов СШП ЭМИ, позволяющий осуществлять экспериментальную проверку устойчивости различного оборудования к воздействию СШП ЭМИ.

В 2007...2009 годах авторами статьи совместно с различными научными коллективами был разработан и создан испытательный комплекс СШП ЭМИ – изделие «Динамит», который позволял генерировать импульсы со следующими параметрами:

- длительность импульса – 5 нс;
- амплитуда импульса – 0,3...30 кВ/м и 100...500 В/м;
- частота повторения импульсов – 1 Гц...1 кГц для амплитуды 0,3...30 кВ/м и 1 кГц...1 МГц.

Внешний вид комплекса представлен на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид изделия «Динамит».

Как видно из представленного рисунка, данный комплекс, несмотря на свои небольшие размеры способен генерировать СШП ЭМИ с высокими энергетическими характеристиками.

На данном комплексе были проведены экспериментальные исследования устойчивости системы видеонаблюдения (СВ) к воздействию СШП ЭМИ. Данная система была выбрана, так как соответствует ряду важных параметров:

- содержит в себе большое количество цифровых блоков и микропроцессорных средств;
- элементы системы видеонаблюдения взаимодействуют между собой на частотах от единиц МГц до нескольких ГГц, что соответствует частотному диапазону СШП ЭМИ;
- система видеонаблюдения выполняет функции системы контроля и управления доступом, а, следовательно, будет являться первоочередной целью для осуществления воздействия с целью проникновения на режимный объект.

Испытания проводились при следующих параметрах испытательных воздействий, которые были определены перед проведением испытаний с помощью измерительного оборудования, входящего в состав изделия «Динамит»:

- $f = 1$ кГц и $E = 1 \dots 100$ кВ/м – $\tau_{\phi} = 190$ пс, $\tau_{0,5} = 270$ пс;
- $f = 1$ МГц и $E = 1 \dots 8$ кВ/м – $\tau_{\phi} = 190$ пс, $\tau_{0,5} = 270$ пс.

Испытаниям подвергалась каждая составная часть системы видеонаблюдения при работе в штатном режиме передачи видеосигнала.

Для примера на рис. 5 приведена схема испытаний передающего блока системы видеонаблюдения.

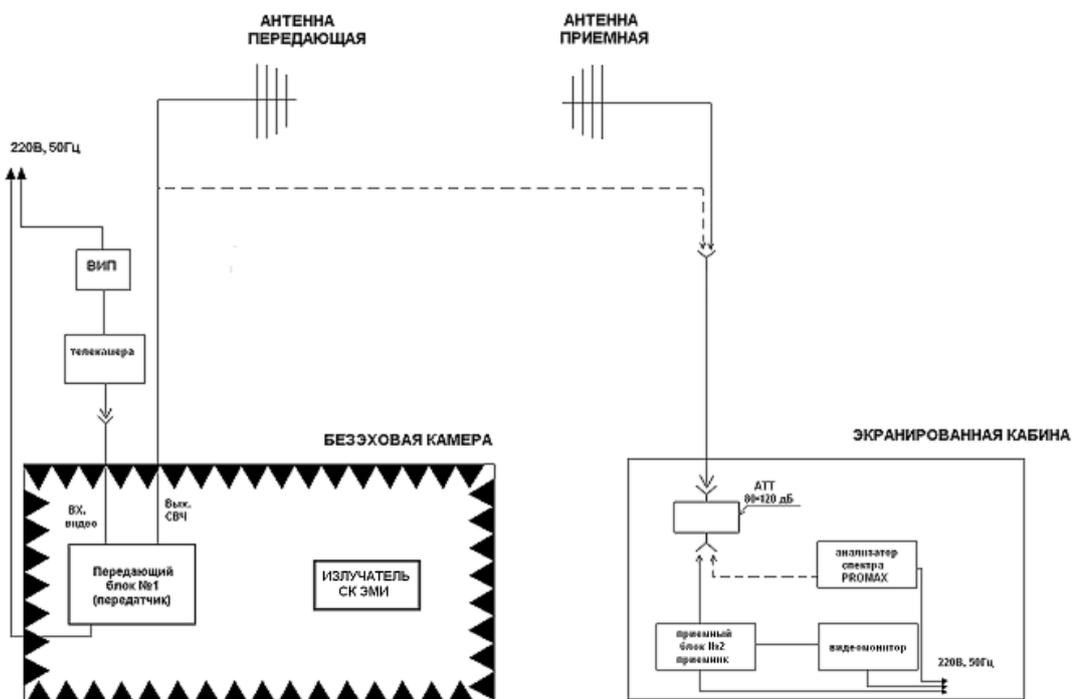


Рис. 5. Схема проведения испытаний передающего блока.

В результате экспериментальных исследований были получены данные, на основании которых сделаны выводы, приведенные ниже:

1. Передатчик СВ выдерживает электромагнитное воздействие напряженностью до 100 кВ/м и частотой до 1 МГц;
2. Видеокамера выдерживает электромагнитное воздействие напряженностью до 5 кВ/м с частотой 1 кГц и напряженностью 3 кВ/м с частотой 1 МГц. При больших уровнях воздействия ЭМИ видеокамера выходит из строя. При этом анализ результатов экспериментальных исследований показал, что наиболее слабым местом видеокамеры PANASONIC является её электронная начинка. С целью поиска возможности повышения стойкости системы видеонаблюдения к СШП ЭМИ была испытана черно-белая видеокамера без электронной начинки. Повторные экспериментальные исследования показали, что черно-белая видеокамера выдерживает воздействие СШП ЭМИ напряженностью 80 кВ/м и частотой до 1 МГц.
3. В приемной антенне СВ с подключенным приемником при напряженности воздействующего электрического поля 8,9 кВ/м и частоте следования импульсов 1 МГц происходит резкое ухудшение

качества изображения, вплоть до полной потери изображения на время ее воздействия. При отключении воздействия изображение сразу восстанавливается полностью без потери качества. Данный факт свидетельствует о том, что импульсное воздействие проникает в антенно-фидерную систему совместно с полезным сигналом, разделить которые технически нельзя.

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований устойчивости системы видеонаблюдения к СШП ЭМИ можно сделать следующие выводы:

- система видеонаблюдения не обладает устойчивостью к СШП ЭМИ;
- нарушение работы СВ происходит в микропроцессорных блоках составных частей;
- металлический корпус СВ не обеспечивает защиты от СШП ЭМИ [3].

Создание изделия «Динамит» решало задачу по разработке экспериментальной и промышленной технологии создания многофункциональных комплексов СШП ЭМИ.

В настоящее время создан и эксплуатируются испытательный комплекс СШП ЭМИ изделие «Вагон», который обладает следующими техническими параметрами:

- длительность импульсов – 0,15...0,25 нс;
- частота повторения импульсов – до 60 МГц;
- амплитуда импульсов: 100 кВ/м при 10 МГц и 25 кВ/м при 50 МГц.

В отличие от предыдущих средств генерации СШП ЭМИ изделие «Вагон» обеспечивает значительно большую энергетику воздействия на объекты поражения. Кроме того изделие «Вагон» обладает целым рядом усовершенствований, основные из которых:

- использованные полупроводниковые ФИД-генераторы имеют по сравнению с существующими аналогами более низкие массогабаритные показатели и имеют возможность формирования последовательности импульсов с частотой следования порядка нескольких десятков МГц;
- ввиду ограничений по излучаемой мощности для существующих типов ФИД-генераторов, достижение требуемых энергетических показателей возможно на основе создания многоканальной системы синхронизации;
- излучающая система оснащается устройством управления и синхронизации с возможностью задания оптимальных режимов работы генераторов СШП ЭМИ;
- количество каналов излучения 64 (каждый из которых состоит еще из четырех синхронизированных каналов).

Увеличение количества каналов излучения позволяет использовать полупроводниковые элементы в излучающих генераторах нового поколения меньших габаритных размеров, при работе которых выделяется значительно меньше тепла. Это позволяет обойтись без применения охлаждения на основе использования массивных радиаторов или системы жидкостного охлаждения, а использовать только принудительное воздушное охлаждение. В конечном итоге это приводит к повышению ресурсоемкости и оперативности ремонта; повышение гибкости управления комплексом в целом и позволяет повысить энергетические характеристики комплекса в целом.

На рис. 7 и 8 представлен единичный модуль антенный и вид комплекса в сборе.

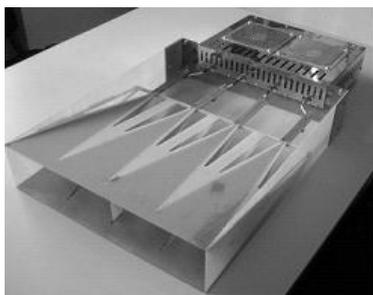


Рис. 7. Единичный модуль антенный

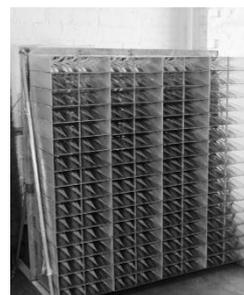


Рис. 8. Вид комплекса в мобильном исполнении.

Подводя итог, следует сказать следующее:

- электромагнитный терроризм представляет реальную угрозу для существующего микропроцессорного оборудования;
- целью электромагнитного терроризма является воздействие на информацию и микропроцессорные блоки, в которых нарушение процесса обработки информации приводит к выходу из строя оборудования.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 52863-2007, М., Стандартинформ, 2008 г.
2. Пименов П.Н. Сравнительный анализ влияния сверхкороткого электромагнитного импульса на узкополосные, широкополосные, сверхширокополосные системы радиосвязи / П.Н. Пименов // Технологии ЭМС. – 2015. – № 1(52). – С. 13-16.
3. Владимиров Д.Р., Фоминич Э.Н.: «Защита технических средств от преднамеренных силовых электромагнитных воздействий», 2012 г, Журнал “Энергобезопасность и энергосбережение”, выпуск № 4, Изд-во МИЭЭ, Москва, 2012 г.

Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения

УДК 355.673:621.182/621.18

Бондарев А.В., Смирнов А.В.
Bondarev A.V., Smirnov A.V.

Перспективы и опыт создания систем комплексной автоматизации топочных процессов твердотопливных котлоагрегатов с топками кипящего слоя при реконструкции и строительстве котельных

Prospects and the experience of the creation of the systems of the complex automation of the burning processes of solid-propellant boilers with the furnaces of fluidized bed when constructing and reconstructing boiler-houses

Аннотация:

В статье отражено существующее техническое состояние котельных малой мощности в муниципальных и ведомственных образованиях РФ. Показаны практические примеры оборудования, с использованием уникальной экспериментальной базы в теплоэнергетическом комплексе с котлами кипящего слоя малой мощности на всех видах низкосортного твердого топлива с двумя котлоагрегатами ВТКС на полигоне Министерства Обороны РФ (МО РФ) в пос. Приветнинское, Ленинградской области.

Abstract:

The article deals with the existing technical condition of low power boiler-houses in municipal districts. Practical examples of the equipment of heat and power engineering complex located in the RF Ministry of Defence military camp of the settlement Privetninskoe, Leningrad region, with the boilers of small power fluidized bed of all the forms of low-grade solid fuel with two VTKS boiler units are shown.

Ключевые слова: высокотемпературный кипящий слой, котлоагрегат КВП-1,74 ВТКС

Keywords: Boilers with high-temperature fluidized bed, boiler-KVP 1.74 VTKS

В сложной современной военно-политической ситуации многократно возросли угрозы внешней военной агрессии в отношении Российской Федерации. В связи с этим, боеготовность Вооруженных Сил, возможность немедленного ответного реагирования, остается главным приоритетом страны.

Бесперебойное и эффективное теплоснабжение военно-технических комплексов видов Вооруженных Сил Российской Федерации является важной составляющей по обеспечению их жизнедеятельности. Источниками теплоснабжения на объектах общего и специального назначения, как правило, являются автономные отопительные и технологические котельные, вырабатывающие горячую воду для отопления, хозяйственного и технологического водоснабжения.

Число таких котельных по данным Департамента эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами МО РФ составляет 3928, из них 2642 приходится на низкоэффективные угольные и жидкотопливные котельные [1].

Анализ приведенных котельных показал:

1. Из общего количества 2642 котельные работают на твердом топливе (каменные и бурые угли низкого качества) и жидком топливе (высоковязкие сернистые обводненные мазуты и дорогостоящее дизельное топливо).
2. Из всего числа твердотопливных и жидкотопливных котельных 515 котельных не подлежит передаче в муниципальную собственность, переводу работы на электродоты, а также, переводу на квалифицированное

высокоэкологичное газообразное топливо вследствие отсутствия технической возможности подвода природного газа от магистральных газопроводов.

3. Все твердотопливные и жидкотопливные котельные, которые не подлежат переводу на природный газ, можно условно в зависимости от единичной мощности котельной разделить на две группы:
 - 418 котельных с диапазоном мощностей до 2 Гкал/час;
 - 80 котельных с диапазоном мощностей от 2 Гкал/час до 9 Гкал/час;
 - 17 котельных с диапазоном мощностей от 11 Гкал/час до 44 Гкал/час
4. Котельные, приведенные в пункте 3, являются наиболее проблемными, низкоэффективными и высокочрезвычайными по следующим причинам:
 - высокая стоимость жидкого топлива, в особенности дизельного топлива;
 - повышенный расход топлива, в особенности твердого топлива, вследствие низких значений коэффициента полезного действия котлов устаревших конструкции, в особенности угольных котлов со слоевыми ручными топками;
 - антисанитарные условия работы эксплуатационного персонала с использованием тяжелого ручного труда в загазованных, запыленных помещениях угольных котельных;
 - низкие экологические показатели работы котельных с повышенным содержанием в дымовых газах вредных окислов, золы, шлака и замазученных стоков [2].

Одним из перспективных направлений решения проблемы совершенствования твердотопливных и жидкотопливных котельных военных объектов является применение технологии кипящего слоя. Котлы с топками кипящего слоя могут устойчиво работать на высокозольных влажных несортированных каменных и бурых углях, обладают высокими значениями коэффициента полезного действия, удовлетворительными экологическими показателями, изготавливаются из отечественных комплектующих, обладают хорошей ремонтпригодностью, не предъявляют высоких требований к поддержанию температурного режима горения.

Результаты разработки котлов данного типа и исследований их работы на статистических режимах приведены в кандидатских диссертациях сотрудников кафедры двигателей и тепловых установок ВИ(ИТ) ВА МТО Балабана А.В., Воронова В.Ю., Кныша С.А., Бондарева А.В., Васильева Р.В., Косолапова Д.А., Мамаева Д.А.

Вместе с тем в данных работах разработаны новые конструкции котлов и проведены исследования топочных процессов только на статических режимах с дистанционным управлением работой котлов с единого пульта, без возможности их работы в автоматическом режиме.

Следующим важным этапом развития исследований стали кандидатские диссертации Лукичева А.Е., Карпова М.А., Проскурякова Д.А., Киревнина А.Г., в которых исследовались переходные процессы работы котлов и разработаны принципиальные решения по автоматизации топочных процессов.

На основе анализа предыдущих научных разработок возникает комплексная проблема создания систем автоматизации с современными аппаратными средствами управления на основе программируемых логических контроллеров, разработки алгоритмов, программного обеспечения и исследования работы котлоагрегатов, укомплектованных такими системами автоматизации.

В дополнение к сформулированной проблеме весьма актуальной является задача сравнительной оценки технико-экономической эффективности капитальных вложений при строительстве механизированных и автоматизированных угольных котельных. Важными работами в этом направлении стали кандидатские диссертации Морозова Б.И. и Роды И.С., в которых разработаны современные методики экспресс оценки технико-экономической эффективности капитальных вложений на основе теории производственных функций. Однако, в данных работах не учитывался эффект от комплексной автоматизации котельных, а сама оценка проводилась только для котельных без учета влияния тепловых сетей на технико-экономические показатели работы всей системы теплоснабжения.

На основании изложенного представляется актуальной дополнительная задача разработки методики экспресс оценки технико-экономической эффективности модернизации систем теплоснабжения объектов МО РФ с применением на угольных котельных автоматизированных котлоагрегатов высокотемпературного кипящего слоя на основе теории производственных функций.

Сложность, многообразие и противоречивость особенностей, присущих твердотопливным котельным малой мощности объектов МО РФ, необходимо учитывать при реконструкции и совершенствовании их эксплуатационно-технических характеристик по технологии сжигания топлива в кипящем слое. Это требует проведения комплекса научно-исследовательских работ, включающего формирование общей концепции, разработку схемных и конструктивных решений систем автоматизации котлов малой мощности с топками кипящего слоя, математических моделей процессов горения твердого топлива во времени применительно к новым топочным устройствам, алгоритмов и программного обеспечения для автоматизации котлов малой мощности с топками кипящего слоя на основе программируемых логических контроллеров.

Систему комплексной автоматизации для котлов малой мощности с кипящим слоем необходимо рассматривать с учетом следующих концептуальных положений:

1. Сочетание экономичности с надежностью и высокими экологическими характеристиками.

С одной стороны реконструкция котельных по технологии КС приводит к росту технико-экономических и экологических показателей, при устройстве системы комплексной автоматизации котельных, а с другой стороны усложнение схемных и конструктивных решений не должно сопровождаться уменьшением надежности применяемого оборудования. Другими словами, применяемые схемные и конструктивные решения систем комплексной автоматизации должны быть по возможности просты, надежны, технологичны, ремонтпригодны.

2. Разработка систем автоматизации для комбинированных по топливу котлов малой мощности с топками кипящего слоя.

Сущность данного положения заключается в возможности создания систем автоматизации для комбинированного сжигания в котле с топкой кипящего слоя как твердого топлива, так и жидкого или газообразного топлива, т.е. возможности перевода при необходимости котельной на другой вид топлива, например газ или мазут не меняя конструкции установленных в ней котлов с топками кипящего слоя.

3. Обеспечение возможности работы реконструированных котлов с топками кипящего слоя на разных сортах твердого топлива, включая уголь, торф, сланцы, древесные отходы, без конструктивных переделок.

Данное положение вытекает из особенностей поставок твердого топлива на котельные объектов МО, когда в течение отопительного периода на одну и те же котельную могут осуществляться поставки из различных угольных бассейнов, а также возможности использования местных сортов твердого топлива (торф, сланцы) и промышленных отходов (древесная щепа). Системы автоматического регулирования котлов с кипящим слоем должны обеспечивать сжигание различных сортов твердого топлива путем режимной переналадки и без дополнительных конструктивных переделок.

4. Разделение на основные направления реконструкции и развития твердотопливных котельных, использующих технологию сжигания топлива в кипящем слое.

Это положение вытекает из особенностей, присущих котельным малой мощности объектов МО РФ. Сущность его заключается в том, что целесообразно направления комплексной автоматизации при реконструкции и строительства котельных малой мощности:

- с применением котлов с топками низкотемпературного кипящего слоя;
- с применением котлов с топками высокотемпературного кипящего слоя;
- с применением комбинированных установок в котлах малой мощности на базе ДВС с активными котлами утилизаторами кипящего слоя;
- с применением котлов кипящего слоя с автоматическим розжигом.

5. Максимально возможная адаптивность разработанных систем комплексной автоматизации котлов малой мощности с топками КС и вспомогательного оборудования к возможностям серийного производства на отечественных заводах-изготовителях.

Это означает, что новые системы автоматизации топочных процессов должны изготавливаться из комплектующих отечественных производителей.

6. Необходимость комплексного подхода при реконструкции.

Это положение означает, что реконструкция система автоматического автоматизации котлов, должна быть увязана с системами подготовки подачи, топлива, шлакозолоудаления, системой тяги и дутья, газоочистки, системами автоматизации основных технологических процессов, также данная система должна обеспечить возможность перехода на ручное управление в случае отказа основных механизмов, в соответствии с режимной картой котла.

В соответствии с концепцией создания систем автоматизации котлов малой мощности с кипящим слоем необходимо выполнить научные исследования по следующим направлениям:

- - теоретические и экспериментальные исследования систем автоматизации в котлах малой мощности с топками низкотемпературного кипящего слоя;
- - теоретические и экспериментальные исследования систем автоматизации в котлах малой мощности с топками высокотемпературного кипящего слоя при сжигании твердого топлива (уголь, торф, древесные отходы);
- - исследование пускоманевренных характеристик котлов кипящего слоя с автоматическим розжигом;
- - теоретические и экспериментальные исследования систем автоматизации котлов малой мощности с кипящим слоем на двух видах топлива (твердое и жидкое);
- - теоретические и экспериментальные исследования систем автоматизации комбинированных установок малой мощности на базе ДВС с активными котлами утилизаторами кипящего слоя.

Решить сформулированные задачи по перспективным исследованиям представляется возможным с использованием экспериментальной базы в теплоэнергетическом комплексе кафедры с двумя котлоагрегатами ВТКС на

полигоне в пос. Приветненское, Ленинградской области. Данная база представляет собой уникальный, единственный в России теплоэнергетический комплекс с котлами кипящего слоя малой мощности на всех видах низкосортного твердого топлива (каменные и бурые угли, фрезерный торф и древесные отходы).

Новый теплоэнергетический комплекс представляет современное здание общей площадью 900 м², пристроенное к зданию существующей угольной котельной, обеспечивающей теплоснабжение всех потребителей теплоты на полигоне. Здание комплекса разделено на три части, рис 1.

В первой части размещены два автоматизированных котлоагрегата с топками высокотемпературного кипящего слоя, один из которых КВП-1,74-ВТКС мощностью 1,74 МВт предназначен для сжигания каменных и бурых углей, а второй КВП-Д-1,5-ВТКС мощностью 1,5 МВт – для торфа и древесных отходов [3]. В этой же части здания расположены вспомогательные помещения и учебный класс.

Во втором зале расположены два котла с низкотемпературным кипящим слоем: угольный котел марки УКС-1,25-НТКС и котел для сжигания торфа и древесных отходов марки УКС-Д-1,25-НТКС [4].

Третья часть комплекса представляет укрытый механизированный угольный склад с мостовым краном, грейферным ковшом и винтовой дробилкой. Помимо котлов в комплексе установлено вспомогательное оборудование: транспортеры углеподачи и шлакозолоудаления, блок батарейных циклонов газоочистки, бункер для сбора шлака, дутьевой вентилятор, дымосос, воздухоподогреватель, теплообменники и насосы.

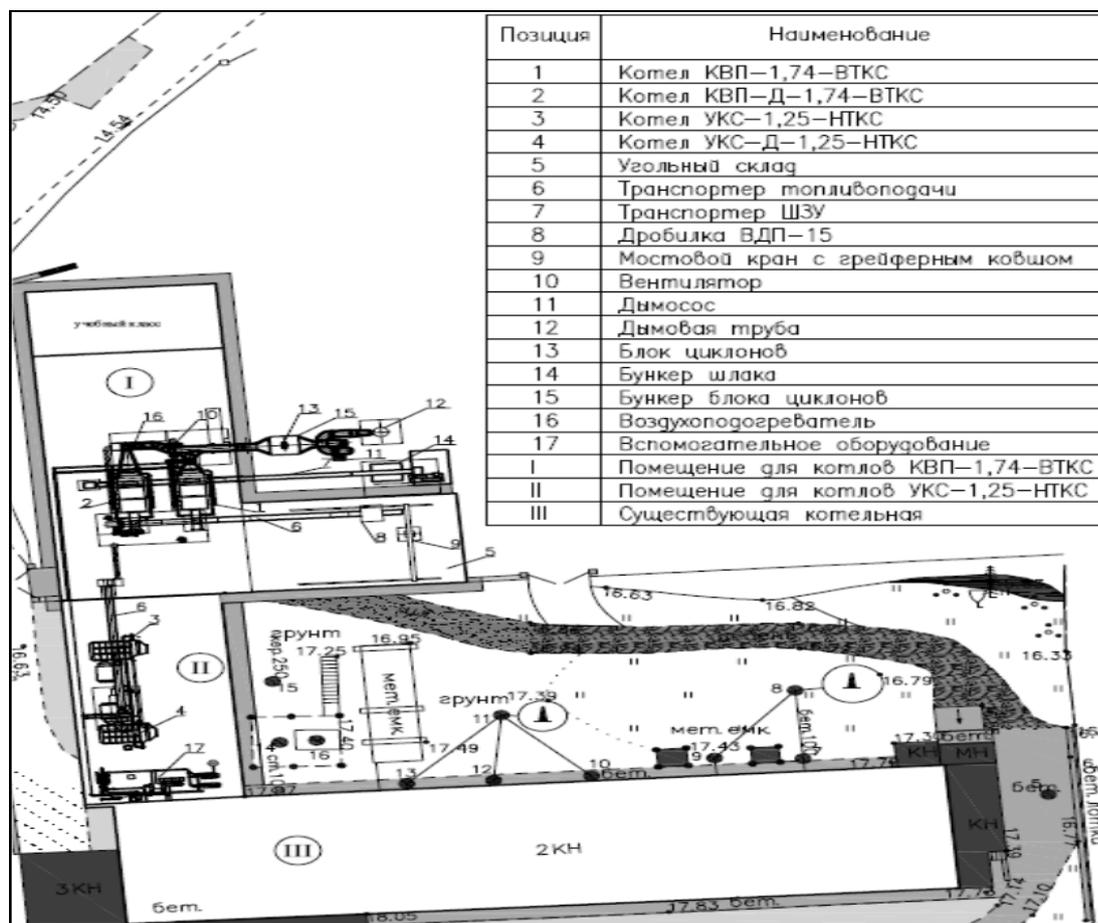


Рис.1 План теплоэнергетического комплекса.

Оборудование теплоэнергетического комплекса оснащено современными средствами теплотехнических измерений и автоматизации: частотно-регулируемыми приводами для колосниковых решеток и скребковых питателей, термopарами с выводом показаний на промышленный компьютер, однооборотными МЭО для регулирования расходов первичного и вторичного воздуха, установкой Альнера для измерения уноса в уходящих газах, термометрами, манометрами, тягонапоромерами и другими контрольно-измерительными приборами.

В то же время для проведения экспериментальных исследований, позволяющих стать основой для перспективного перевооружения и реконструкции угольных котельных с применением технологии сжигания угля в высокотемпературном «кипящем» слое, с использованием рядовых не сортированных, влажных низкокалорийных высокозольных сортов углей, необходимо дооснащение котлов комплектным устройством управления топочными процессами на базе программируемого логического контроллера.

Список литературы:

Журнальная статья

1. Смирнов А.В., Рода И.С., Овчаров И.В., Бондарев А.В., Карпов М.А. Практический опыт проектирования, строительства и реконструкции угольных котельных малой мощности по технологии высокотемпературного кипящего слоя. СПб: «Инженерные системы», 2006, № 4 (25).

2. Смирнов А.В., Юферев Ю.В., Воронов В.Ю., Макаров В.П. Технология сжигания угля в высокотемпературном кипящем слое в коммунальных котельных малой мощности. СПб: «Стройпрофиль», 2004. № 4/1

Патент на полезную модель

3. Котлоагрегат для сжигания угля в кипящем слое. Патент на полезную модель. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 20.05.2004 г. №38041, бюл. № 14.

4. Котлоагрегат для сжигания фрезерного торфа и древесных отходов в кипящем слое. Патент на полезную модель. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 27.05.2004 г. №38217, бюл. № 15.

УДК:725.18:624.1:69.035.4

Галушко М. М., Короленок Л. М., Плоцкий П. В.
Galuchko M.M., Korolenok L.M., Plozki P.W.

Влияние грунтовых условий на сейсмостойкость специальных подземных сооружений при воздействии землетрясений

The influence of soil conditions on the seismic resistance of underground structures when subjected to earthquakes

Аннотация:

В статье анализируются разрушения конструкций специальных подземных сооружений при землетрясениях: условия разрушений и повреждений подземных сооружений, их последствия, причины влияния грунтовых условий на сейсмостойкость сооружений. Рассматриваются схемы деформирования специальных подземных сооружений при землетрясениях; описывается расчетная схема и отмечены основные аспекты их поведения при сейсмических воздействиях.

Abstract:

The article analyzes the destruction of special underground structures constructions during earthquakes: terms of destruction and damage of underground structures, their consequences, causes of soil conditions influence on seismic stability of structures. Special underground structures deformation schemes during earthquakes are discussed; design scheme is described, and the key aspects of their behavior under seismic impact are touched upon.

Ключевые слова:

Специальные подземные сооружения, сейсмика, сейсмостойкость, землетрясения, обделка, горный массив, динамика, разрушения.

Keywords:

Special underground structures, seismic, seismic resistance, earthquake, lining, mountain range, dynamics, destruction.

В сложных горно-геологических условиях происходит усиление интенсивности воздействия сейсмических волн, которые вызывают повреждение специальных подземных сооружений и снижают их эксплуатационные качества.

Специальные подземные сооружения (СПС) предназначены для защиты особо важных государственных объектов от сейсмозрывных нагрузок высокой интенсивности, которые значительно превышают нагрузки от природного сейсма. Однако, как показывают проведенные исследования, СПС при воздействии сильных землетрясений получают повреждения, которые снижают их защитные свойства. При повторных воздействиях происходит накопление ущерба. Поэтому при проектировании ответственных подземных сооружений, размещаемых в сейсмически активных регионах, безусловно, с одной стороны, необходимо учитывать возможность землетрясений и принимать меры, снижающие вероятность их выхода из строя. С другой стороны, необходимо разрабатывать методики по оценке накапливаемого ущерба и снижения защищенности СПС.

На территории РФ сильные землетрясения бывают главным образом вдоль южных и восточных границ. Землетрясения причиняют ущерб государственному, в том числе и военным объектам, и поэтому главной целью

исследований в области сейсмостойкого строительства является изыскание условий, при которых землетрясения перестанут быть стихийными бедствиями.

Анализ разрушений конструкций при землетрясениях показывает, что подземные сооружения в меньшей степени повреждаются из-за колебаний горных массивов, чем наземные. Они не входят в резонанс при сейсмических воздействиях, подобно наземным сооружениям, а реагируют на землетрясения таким же образом, как окружающий их массив грунта. Масса тоннелей не оказывает влияния на параметры сейсмических волн, так как погонная масса тоннеля мало отличается от замещенной им погонной массы грунта. С другой стороны, подземные сооружения обладают большим коэффициентом демпфирования, поскольку энергия рассеивается в окружающий массив грунта, что существенно уменьшает колебания.

Тем не менее некоторые подземные сооружения испытали значительные повреждения во время крупных землетрясений в прошлом столетии, в том числе Сан-Францисское (США, 1906 г.), Токийское (Япония, 1923 г.), Чилийское (1943 г.), в Кобе (Япония, 1995 год), в Чи-Чи (Тайвань, 1999 год) и в Коджаэли (Турция, 1999 год) [4].

Разрушения и повреждения обделок ПС наиболее часто проявляются в следующих условиях: при пересечении зон разломов; в местах изменения жесткости конструкций (например, соединение вертикальной шахты и горизонтального тоннеля или примыкание входного тоннеля к основному объему); в местах пересечения границ слоев грунта с существенно различными жесткостями; при всплывании тоннелей из-за разжижения грунтов; из-за больших поперечных, перпендикулярных оси тоннеля деформаций грунта, возникающих при распространении сейсмических волн. С другой стороны, разрушение конструкций подземных сооружений, расположенных в приповерхностной зоне, может привести к катастрофическим последствиям не только в подземной части, но и на поверхности горного массива. Здесь можно выделить две причины влияния грунтовых условий на сейсмостойкость сооружений. Первая связана с динамическими характеристиками грунтов в поверхностных слоях, располагающихся на коренных породах. Вторая определяется несущей способностью самих дисперсных грунтов повреждающихся при колебаниях и снижающих по этой причине несущую способность основания. Установлено, что при неблагоприятных сочетаниях характеристик собственных колебаний поверхностных слоев с характеристиками вынужденных колебаний коренных пород возможно возникновение резонансных явлений, усиливающих колебания этих поверхностных слоев. В настоящее время более интенсивное движение грунта в поверхностных слоях по сравнению с глубинными слоями, установлено как теоретически, так и экспериментальными исследованиями [7, 8, 9].

Поэтому своевременная и достоверная оценка напряженно-деформируемого состояния (НДС) грунтового массива в окрестности горной выработки при воздействии сейсмических нагрузок имеет большое практическое значение. Такая оценка НДС горного массива в последнее время проводится на основе имитационного моделирования, путем прогонки расчетных моделей на ЭВМ.

В специальных подземных сооружениях (СПС), возводимых в скальных грунтах, основным несущим и защитным элементом является горный массив, вмещающий выработку. На конструкции обделок в этом случае возлагаются лишь подкрепляющая и предохранительная функции. При этом конструктивная схема обделки назначается в зависимости от прочностных характеристик горной породы. Накопленный опыт строительства СПС в сейсмических регионах, а также данные по изучению их поведения в условиях землетрясений позволяют выделить некоторые общие закономерности, касающиеся характера деформирования вмещающих пород и обделок. На основе этих закономерностей можно предположить вероятную схему разрушения сооружения, а в конечном итоге подобрать расчетную модель и принять решение по конструктивному устройству крепи.

Различают две принципиальные схемы деформирования и разрушения подземных сооружений при землетрясениях. Первая схема (условно ее будем называть «сдвиговой») характерна в случаях, когда в горном массиве в результате сейсмического воздействия происходят значительные сдвиговые деформации. В прочных породах такие сдвиги обычно происходят по существующим трещинам, разломам и дайкам. Разновидностью сдвига в неоднородных горных массивах, включающих нескальные породы, является сброс, т.е. случай, когда происходит большое смещение грунта вследствие его разжижения и оползания. Таким образом, сдвиг горного массива проявляется обычно в зонах, которые могут определяться инженерно-геологическими или сейсмологическими методами. На практике эти места только фиксируются, так как трудно запроектировать обделку, конструкция которой позволяла бы исключить крупные смещения в горном массиве. Подвижки грунта в зонах разломов нельзя предотвратить (эти зоны желательно обходить), однако можно уменьшить их негативное воздействие. Разрушения в данных случаях, как правило, имеют локальный характер. Для этого следует применять различные способы сейсмозащиты: использовать шарнирные соединения, податливые стыки, упругие сейсмоизолирующие слои. Однако необходимо отметить, что расчет и строительство тоннелей, устойчивых к воздействиям такого рода, возможен, но стоимость подобных сейсмозащитных устройств достаточно высока.

Ко второй схеме деформирования (разрушения) относятся случаи, когда горный массив, вмещающий сооружение, при землетрясениях не теряет своей сплошности и деформируется как континуум (такую схему деформирования будем называть «континуальной»). При этой схеме возможны лишь локальные нарушения сплошности,

которые проявляются в виде разрушений и вывалов в наиболее напряженных зонах приконтурного массива. Причиной локальных разрушений также могут быть чрезмерные сдвиговые напряжения. Однако в отличие от первой схемы эти напряжения не вызываются взаимными смещениями частей горного массива, характеризующихся большими размерами, а возникают в результате взаимодействия сейсмических волн напряжений с выработкой, являющейся концентратором напряжений. При проектировании подземных сооружений в горных массивах, деформирование которых может быть подчинено «континуальной» схеме, крепь конструируется из условий обеспечения ее прочности и рассчитывается на механическое воздействие природных сейсмических волн.

Природные сейсмические волны при распространении от очага землетрясения в общем случае вызывают пространственное движение, как поверхностных слоев грунтового массива, так и сооружений, в нем расположенных. В этой связи желательна пространственная постановка задачи, которая позволила бы сформулировать математическую модель, наиболее полно отражающую реальную физическую картину. Однако проведенный анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что создание практических методик прямого динамического расчета подземных сооружений в трехмерной постановке затруднено рядом факторов, в том числе и ограниченными возможностями современных ЭВМ. Кроме того, следует иметь в виду, что существуют более приоритетные проблемы, которые желательно учитывать при расчетах на сейсмические воздействия. Одной из таких проблем является, например, учет взаимодействия между конструкцией обделки ПС и вмещающим массивом грунта. Поэтому часто задача формулируется в двумерной постановке, но с включением в расчетную область не только конструкции обделки, но и примыкающего грунтового массива.

В соответствии с принятыми предпосылками в область решения включаются конструкция подземного сооружения и массив вмещающих пород. Моделирование процесса взаимодействия сейсмических волн с сооружением осуществляется в плоской постановке. В качестве расчетной схемы конструкции принимается кольцо обделки произвольной формы, мысленно вырезаемая из сооружения двумя плоскостями, перпендикулярными его продольной оси. Толщина вырезаемого слоя грунта в направлении продольной оси сооружения назначается равной соответствующему размеру конструкции. Размеры области грунта принимаются из условия исключения влияния отраженных волн от боковых границ на динамику конструкции. Практика вычислительных экспериментов, показывает, что этот размер должен составлять не менее 400 м. Этот размер может быть уменьшен при наличии в алгоритме расчета специальных процедур, обеспечивающих дренирование сейсмических волн через границы расчетной области. Верхняя граница области решения определяется конфигурацией дневной поверхности грунта. При проектировании ПС в мягких грунтах вертикальный размер расчетной области обычно ограничивается отметками залегания скального основания.

Направление распространения сейсмических волн полагается нормальным к продольной оси сооружения. Моделирование природного сейсмического воздействия осуществляется путем соответствующего возмущения нижней границы расчетной области. Закон колебательного процесса задается синтезированной акселерограммой. По мнению многих специалистов в области сейсмического строительства только с помощью синтеза акселерограмм прогнозируемых вариантов сейсмического воздействия можно получить обобщенный расчетный (наиболее неблагоприятный) вариант загрузки [1,3]. Амплитудные параметры синтезированной акселерограммы задаются суммой гармоник, изменяющихся во времени по закону синуса:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^N a_i \sin\left(\frac{\pi t}{\tau}\right); \quad t \in [0, \tau]$$

Здесь N – число гармоник;

a_i – максимальная амплитуда ускорений, задаваемая для каждой из гармоник;

t – текущее время;

τ – время воздействия.

Для определения спектров расчетных сейсмических воздействий используется метод К. Канаи, который широко применяется в настоящее время во многих странах. В соответствии с положениями этого метода магнитуда и расположение эпицентра прогнозируемого землетрясения определяются на основе параметров прошлых землетрясений.

В основе алгоритма численного решения задачи лежит пошаговое совместное интегрирование разрешающих уравнений, описывающих динамическое поведение вмещающего горного массива и конструкции обделки СПС. Динамическое поведение грунтовой среды, подверженной воздействию сейсмических волн, описывается уравнениями механики сплошной среды, а конструкции системой дифференциальных уравнений второго порядка МКЭ. Для описания свойств нескального грунта за пределами упругости используется ассоциированный закон течения пластических сред [8].

Анализируя реакцию СПС на сейсмические воздействия, можно отметить следующие основные аспекты их поведения:

1. Подземные сооружения разрушаются не так сильно, как наземные конструкции.
2. Повреждения тоннелей уменьшаются с увеличением глубины заложения.

3. Подземные сооружения, построенные в мягких грунтах, подвержены воздействию подземных толчков в большей степени, чем тоннели, построенные в скальных породах.
4. Тоннели с замкнутыми обделками кругового (симметричного) очертания являются более сейсмостойкими по сравнению с другими конструкциями обделок.
5. Правильный выбор толщины (жесткости) тоннельной обделки с учетом жесткости окружающего массива грунта может существенно снизить влияние колебаний горных пород на конструкцию тоннеля.
6. Продолжительность сильных колебаний при землетрясении имеет большое значение, так как она может вызвать усталостное повреждение и, следовательно, большие деформации.
7. Колебания обделок СПС зависят от длины сейсмических волн, особенно если длина волны составляет от одного до четырех диаметров тоннельной обделки.
8. Наибольшие разрушения СПС претерпевали вблизи порталов тоннелей из-за нестабильности склонов.

При проектировании СПС предназначенных для размещения особо важных государственных и военных объектов можно считать полезными ряд правил, установленных при анализе последствий землетрясений:

При посадке СПС в горном массиве следует отдавать предпочтение участкам грунтов однородных по сейсмической жесткости, избегать мест с повышенной трещиноватостью, зон тектонических разломов и даек, а также склонов, сложенных слабыми и не цементированными грунтами, стремиться к вариантам с глубоким заложением сооружений.

В СПС, располагаемых в сейсмически активных регионах, обязательно применение замкнутой обделки. Необходимо предусматривать конструктивные антисейсмические мероприятия в соответствии с требованиями норм для сейсмических районов.

Пересечение блоком СПС действующих тектонических дислокаций следует предусматривать вкrest их простирацию с применением соответствующих конструктивных решений.

На припортальных участках входных галерей, где защитная толща грунта меньше трех наибольших размеров поперечного сечения выработки, следует применять железобетонные обделки.

Таким образом, нами рассмотрены основные аспекты проектирования в сейсмически активных районах СПС, предназначенных для размещения особо важных государственных и военных объектов; указано на необходимость оценки напряженно-деформированного состояния грунтового массива в окрестности горной выработки при воздействии сейсмических нагрузок; отмечены основные аспекты поведения СПС при сейсмических воздействиях.

Список литературы:

1. Айзенберг Я.М., Делгина М.М., Залилов К.Ю., Уранова С.К. Построение региональных расчетных моделей сейсмического движения грунта в виде ансамблей искусственных акселерограмм. М.: ЦНИИСК- им. Кучеренко, 1985.
2. Жуков В.В., Котенко В.Ф., Коротких Ю.Г. Динамическое деформирование и разрушение массива горных пород. Л.: Наука, 1979. - 165 с.
3. Залилов К.Ю. Методика генерирования синтетических акселерограмм и их использование в расчетах нелинейных и нестационарных систем: Труды ЦНИИСК им. Кучеренко. Исследование по теории сейсмостойкости сооружений, - 1986.
4. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. М: Стройиздат, 1978. 311 с.
5. Рашидов Т.Р., Дорман И.Я., Йшанходаев А.А., Афендииков Л.С, Гелман Я.Г., Оганесов Г.И. Сейсмостойкость тоннельных конструкций метрополитенов. М.; Транспорт, 1975. 120 с.
6. Штейнбругге К., Моран Д. Инженерный анализ последствий землетрясений 1952 г. в Южной Калифорнии. М.: Гостройиздат. 1957. – 270 с.
7. Уилкинс М.Л. Расчет упругопластических течений. В кН.: Вычислительные методы в гидродинамике. М.: Мир, 1967.
8. Койтер В.Т. Общие теоремы теории упругопластических сред. М.: Изд.иностр.лит., 1961. 79 с.

УДК 355.7

*Вакуненко В.А (ВИ(ИТ)), Авраменко А.А. (в/ч 25801), Щемелилин А.И. (ВИ(ИТ)).
Vakunenko V.A. (MI(IT)), Avramenko A.A., Schemelinin A.I. (MI(IT))*

К вопросу разработки комплекса долговременного хранения и использования криогенных компонентов топлива в специальных фортификационных сооружениях

On the development of long-term storage complex and use of cryogenic propellants in special fortified structures

Аннотация:

В статье кратко представлены новые конструктивно-технологические решения специальных фортификационных сооружений, обеспечивающие бесперебойное функционирование в режиме полной изоляции.

Abstract:

This article summarizes new design and technological solutions of specialized fortified structures to ensure smooth functioning in the regime of complete isolation.

Ключевые слова: *сжиженный природный газ, СПГ, специальные фортификационные сооружения, патент на изобретение, конструктивно-технологические решения, комплекс долговременного хранения.*

Keywords: *liquefied natural gas, LNG, special fortifications, patent, design and technological solutions, complex long-term storage.*

Использование сжиженного природного газа (СПГ) в автономных режимах функционирования специальных фортификационных сооружений (СФС) является перспективным направлением развития строительства новых специальных объектов и модернизации существующих. Данное утверждение подкреплено рядом научных трудов отечественных и зарубежных учёных и специалистов [2, 3, 5]. В статье кратко рассмотрены инновационные конструктивно-технологические решения СФС при использовании газопоршневых двигателей (предлагается использовать во вновь строящихся СФС). Указанные решения были взяты за основу при подготовке патента на изобретение [1].

Технический результат, который может быть получен при осуществлении изобретения, заключается в снижении теплопритоков к криогенным емкостям за счет использования теплоизоляции помещений в которых они размещены [4], в обеспечении бездренажного (без выброса паров криогенного топлива в окружающую среду) хранения криогенных компонентов топлива внутри подземного СФС, а также в обеспечении возможности производства электроэнергии энергетической установкой, расположенной внутри СФС, при нарушении энергообеспечения СФС от внешней электросети и отсутствии связи СФС с атмосферным воздухом.

Комплекс долговременного хранения и использования криогенных компонентов топлива работает следующим образом.

Внутри сооружения 1 из железобетона, разделенного на два помещения 2 и 3 теплоизолированной стенкой 4, в емкостях 5 и 6 заблаговременно запасается необходимое количество сжиженного природного газа и жидкого кислорода, соответственно.

В повседневном режиме эксплуатации СФС 21 для исключения потерь сжиженного природного газа за счет теплопритоков к криогенной емкости 5 периодически включаются криогенная машина Стирлинга 8 за счет подвода электроэнергии к электроприводу 10 от внешней электросети (на рис. 1 условно не показана). Пары сжиженного природного газа засасываются из газовой полости емкости 5 в конденсатор 9 криогенной машины Стирлинга 8, где охлаждаются и сжижаются, после чего сливаются самотеком в емкость 5.

В повседневном режиме эксплуатации специального фортификационного сооружения 21 для исключения потерь жидкого кислорода за счет теплопритоков к криогенной емкости 6 периодически включаются криогенная машина Стирлинга 14 за счет подвода электроэнергии к электроприводу 16 от внешней электросети. Пары жидкого кислорода засасываются из газовой полости емкости 6 в конденсатор 15 криогенной машины Стирлинга 14, где охлаждаются и сжижаются, после чего сливаются самотеком в емкость 6.

Работа криогенных машин Стирлинга 8 и 14, использующих электроэнергию от внешней сети, обеспечивает бесконечно долго бездренажное (без потерь) хранение криогенных компонентов топлива (сжиженного природного газа и жидкого кислорода) в СФС 21 в повседневном режиме его эксплуатации.

Для уменьшения теплопритоков от объектов, расположенных в СФС 21 в повседневном режиме эксплуатации, сооружение 1 покрыто слоем теплоизоляции 20.

При применении вероятным противником высокоточного оружия, внешнее электроснабжение и подача атмосферного воздуха в СФС 21 может быть прекращено из-за разрушений вокруг него. В этом случае СФС 21 начинает работать в режиме полной изоляции за счет запасов материальных сред (прежде всего топлива), заблаговременно запасенных внутри сооружения 21.

Для обеспечения работы энергетической установки 7 в режиме полной изоляции, открывается запорно-регулирующая аппаратура 13 и 19, которая обеспечивает подачу сжиженного природного газа и жидкого кислорода из емкостей 5 и 6 в теплообменники-испарители 11 и 17, соответственно. За счет теплопритоков от внутреннего пространства помещений 2 и 3, сжиженный природный газ и жидкий кислород испаряются и по линиям подачи криогенных компонентов топлива, соответственно 12 и 18, газообразные природный газ и кислород поступают в энергетическую установку 7 в качестве горючего и окислителя, соответственно.

В качестве энергетической установки 7, работающей на криогенных компонентах топлива – сжиженном природном газе и жидком кислороде (криогенные жидкости), могут применяться газопоршневые двигатели внутреннего сгорания, двигатели Стирлинга, газовые турбины и газодизельные двигатели.

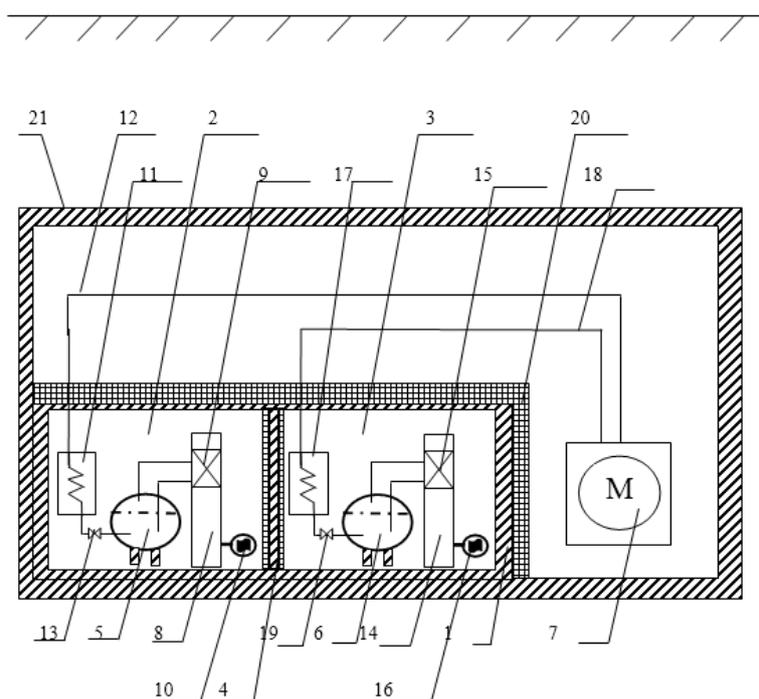


Рис. 1. Комплекс долговременного хранения и использования криогенных компонентов топлива

1 – сооружение из ж/б; 2,3 – помещения; 4 – теплоизоляционная стенка;
5,6 – емкости с СПГ и жидким кислородом; 7 – энергетическая установка;
8 – криогенная машина Стирлинга; 9 – конденсатор; 10 – электропривод;

11 - теплообменники-испарители; 12 - линии подачи криогенных компонентов топлива; 13 - запорно-регулирующая аппаратура; 14 – криогенная машина Стирлинга; 15 – конденсатор криогенной машины Стирлинга; 16 – электропривод;
17 - теплообменники-испарители; 18 - линии подачи криогенных компонентов топлива; 19 - запорно-регулирующая аппаратура; 20 – слой теплоизоляции; 21 – СФС.

Таким образом, применение сжиженного природного газа и предлагаемых нами конструктивно-технологических решений обеспечит следующие преимущества по сравнению с традиционными конструктивными схемами, использующими дизельную энергетическую установку в автономных режимах:

- покрытие энергетических потребностей СФС в режиме полной изоляции;
- уменьшение мощности холодильной машины;
- экономия мощности дизель-электрической установки (ДЭУ);
- уменьшение массы теплоаккумулирующего вещества (ТАВ).

Список литературы:

1. Патент РФ №2232342 от 2004.07.10, МПК F17C 1/00, B65G 5/00, «ПХ СПГ».

2. Одишария Г.Э, Сафонов В.С., Тарабрин В.А. Тепловые процессы в низкотемпературных изотермических хранилищах сжиженных газов// Газовая промышленность. – 1982. - № 11. - С. 43-46. – 132 с.
 3. Саруев А.Л. Прочность оборудования газонефтепроводов и хранилищ. Конспект лекций. ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – Томск.: ТПУ. - 2009. – 51 С.
 4. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: Изд-во стандартов. - 2012. – 56 с.
 5. Рахманин А.И. Обеспечение безопасности резервуаров для хранения сжиженного природного газа с учетом негативных эксплуатационных факторов, дисс. к.т.н., М, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина. - 2014. - 137 с.
- УДК 355.7:621.316.97

Отходы и их переработка. Вторичное сырье. Ресурсосбережение

УДК 355.7

Сухарь Г.А., Бондарев А. В.
Suchar G.A., Bondarev A.V.

К вопросу выбора показателей энергоэффективности объектов военной инфраструктуры

On the choice of the energy performance of military infrastructure facilities

Аннотация:

В настоящей статье производится анализ нормативно-методического обеспечения энергетической паспортизации с позиции выбора показателей энергетической эффективности в энергетическом паспорте объектов военной инфраструктуры.

Abstract :

This article deals with normative and methodical provision analysis of electrical equipment certification in terms of energy efficiency indicators in energy performance certificate of military infrastructure objects.

Ключевые слова: *показатели энергетической эффективности, энергетические ресурсы, удельные показатели энергопотребления, энергетический паспорт.*

Keywords: *indicators of energy efficiency, energy resources, specific energy consumption, electrical equipment certification.*

Согласно Федеральному закону № 261–ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ», информацию о показателях энергетической эффективности организации необходимо включать в энергетический паспорт, составленный по результатам энергетического обследования. Однако конкретного описания показателей в законе не приводится. В ст. 14 закона приведены требования к значениям целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В настоящее время, существует методика расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях, используемая для расчета целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, утвержденная приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 07 июня 2010 г. № 2734.

Вопрос заключается в том, что в Требованиях к энергетическому паспорту, утвержденные Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 19 апреля 2010 г. № 1825, не устанавливаются расчетные формулы для показателей энергетической эффективности. В стандартный бланк энергетического паспорта «Сведения о показателях энергетической эффективности» (Приложение № 13 Требований к энергетическому паспорту [5 НД]) необходимо вносить следующие фактические и расчетно-нормативные значения показателей энергетической эффективности:

- 1) по номенклатуре основной и дополнительной продукции;
- 2) по видам проводимых работ;
- 3) по видам оказываемых услуг;
- 4) по основным энергоемким технологическим процессам;
- 5) по основному технологическому оборудованию.

Объекты военных городков, представленные административными, жилыми, лечебными, зданиями и зданиями образовательных учреждений, не имеют энергоемкого оборудования для выпуска продукции и не осуществляют производство и транспортировку топливно-энергетических ресурсов и воды. Следовательно, при выборе показателей энергетической эффективности необходимо сосредоточить внимание на следующих видах расхода энергетических ресурсов и воды объектами организаций:

- 1) тепла;
- 2) электрической энергии;
- 3) горячей воды;
- 4) холодной воды;
- 5) топлива (газа, угля, мазута, печного топлива, дизельного топлива, дров), при наличии на балансе организации собственного источника теплоснабжения или жилищного фонда с газоснабжением.

В Правилах установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 186, к показателям, характеризующим выполнение требований энергетической эффективности, относятся показатели, характеризующие годовые удельные величины расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении, в том числе:

- нормируемые показатели суммарных удельных годовых расходов тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, включая расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию (отдельной строкой), а также максимально допустимые величины отклонений от нормируемых показателей;
- показатель удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды.

Показатели энергетической эффективности, определенные в Правилах [6 НД], указываются в относительных данных на единицу площади или единицу объема отапливаемого здания, строения, сооружения в единицах учета энергии в зависимости от характеристик архитектурно-строительного решения и категории здания, строения, сооружения и вносятся в энергетический паспорт здания.

Таким образом, показатели энергетической эффективности объектов военной инфраструктуры:

- 1) должны характеризовать годовые величины расхода энергетических ресурсов;
- 2) должны быть удельными, рассчитанными на единицу площади и объема здания;
- 3) должны включать, по крайней мере, суммарный удельный расход тепловой энергии и удельный расход электрической энергии.

Энергоэффективность здания, по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», характеризуется показателем тепловой эффективности, который численно равен удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период [1 ЖС]. Главным показателем является класс энергетической эффективности здания.

Согласно СНиП 23-02-2003 и Требованиям энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, утвержденных Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 мая 2010 г. № 2627, класс энергетической эффективности здания определяется исходя из величины отклонения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ или $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$, от нормируемого значения.

Таким образом, одними из главных показателей энергетической эффективности здания являются класс его энергетической эффективности и сведения о нормативном и фактическом удельном расходе тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период [1 ЖС, 3 ЖС], и эти показатели, безусловно, необходимо вносить в энергетический паспорт рассматриваемого объекта.

В Методике расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [8 НД] целевые показатели региональных и муниципальных программ разбиты на группы. В группе С представлены целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в бюджетном секторе; в группе D - целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищном фонде. Для выбора показателей энергетической эффективности объектов военной инфраструктуры интерес представляют следующие расчетные и фактические значения целевых показателей [8 НД]:

- удельный расход тепловой энергии здания на 1 кв. метр общей площади, расчеты за которую осуществляются с применением расчетных способов, $\text{Гкал}/\text{м}^2$;
- удельный расход воды на обеспечение здания, расчеты за которую осуществляются с применением расчетных способов, на 1 чел., $\text{м}^3/\text{чел.}$;
- удельный расход электрической энергии на обеспечении здания, расчеты за которую осуществляются с применением расчетных способов, на 1 чел., $\text{кВтч}/\text{чел.}$;
- удельный расход электрической энергии в жилых домах, расчеты за которую осуществляются с применением расчетных способов (нормативов потребления), (в расчете на 1 кв. метр общей площади), $\text{кВтч}/\text{м}^2$;

- удельный расход природного газа в жилых домах, расчеты за который осуществляются с применением расчетных способов (нормативов потребления), (в расчете на 1 кв. метр общей площади), тыс.м³/м²;
- удельный расход тепловой энергии здания на 1 кв. метр общей площади, расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета, Гкал/м²;
- удельный расход воды на снабжение бюджетного учреждения, расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета, на 1 чел., м³/чел.;
- удельный расход электрической энергии на обеспечение бюджетного учреждения, расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета, на 1 чел., кВтч/чел.;
- удельный расход электрической энергии в жилых домах, расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета (в части многоквартирных домов - с использованием коллективных (общедомовых) приборов учета) (в расчете на 1 кв. метр общей площади), кВтч/м²;
- удельный расход природного газа в жилых домах, расчеты за который осуществляются с использованием приборов учета (в части многоквартирных домов- с использованием индивидуальных и общих (для коммунальной квартиры) приборов учета), (в расчете на 1 кв. метр общей площади), тыс. м³/м².

Представленные целевые показатели являются фактическими и расчетно-нормативными годовыми величинами [8 НД]:

- 1) суммарного удельного расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитанного на 1 кв. метр общей площади;
- 2) удельного расхода воды, рассчитанного на 1 человека;
- 3) удельного расхода электрической энергии, рассчитанного на 1 человека для бюджетного учреждения и на 1 кв. метр для жилищного фонда;
- 4) удельного расхода природного газа в жилищном фонде, рассчитанного на 1 кв. метр общей площади.

Эти показатели отражают основные виды потребления ресурсов бюджетными объектами и, следовательно, подходят для использования в энергетическом паспорте зданий военной инфраструктуры, несмотря на имеющийся с этими показателями ряд проблем [1 ЭР].

Опыт работы организаций в области энергетического обследования показывает, что именно целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в административном секторе и жилищном фонде выбираются в качестве показателей энергетической эффективности в энергетических паспортах зданий. Использование целевых показателей в энергетическом паспорте обеспечивает связь энергетических паспортов государственных организаций с государственными программами в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Выводы:

1. Показатели энергетической эффективности объектов военной инфраструктуры, внесенные в энергетический паспорт, должны соответствовать здравому смыслу (в части производственной деятельности предприятия) [1 ЭР] и отражать специфику потребления ресурсов объектами.
2. В качестве показателей энергетической эффективности необходимо использовать годовые удельные величины расхода энергетических ресурсов и воды объектами, рассчитанные на единицу площади, объема, присутствующих человек.
3. Главными показателями энергетической эффективности объектов военной инфраструктуры должны являться классы энергетической эффективности и величины нормативных и фактических удельных расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период, кДж/(м² °С·сут) или кДж/(м³ °С·сут) [4, 5]. В формах энергетического паспорта такие показатели отсутствуют. (В Приложении № 12 Требований к энергетическому паспорту [5 НД] приводятся нормативные и фактические удельные тепловые характеристики зданий, Вт/(м³ °С); в Приложении № 24 приводится расчетная удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³ °С); графы для классов энергетической эффективности зданий в энергетическом паспорте не существует).
4. Показатели энергетической эффективности должны соответствовать вышедшим нормативным документам федерального и регионального уровней, предписывающим организациям иметь в программах энергосбережения вполне конкретные показатели энергетической эффективности [1 ЭР]. Так, в ст. 25 федерального закона об энергосбережении указано, что организации с участием государства или муниципального образования, должны утверждать и реализовывать программы в области энергосбережения, содержащие целевые показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности.
5. При отсутствии иных нормативных документов в качестве показателей энергетической эффективности объектов военной инфраструктуры целесообразно выбирать целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, содержащиеся в Методике [8 НД].
6. Расчетно-нормативные значения целевых показателей в области энергосбережения и энергоэффективности определяются по нормативным документам (СНиП). Методика расчета представлена, например, в работе [9 НД].

7. При наличии на балансе военной организации котельной можно рекомендовать учитывать в энергетическом паспорте, например, такой показатель как удельный расход условного топлива на выработку тепловой энергии, кг.т./Гкал.
8. В энергетическом паспорте военной организации можно было бы рекомендовать использовать в качестве показателя энергетической эффективности годовой удельный расход конечных видов энергоносителей, определяемый суммированием расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию, горячее водоснабжение, электрической энергии на искусственное освещение, охлаждение, технологические и бытовые нужды, энергии сетевого газа (при наличии). Однако в Российской Федерации, в отличие от стран Европейского союза, отсутствует нормативная база для установления такого обобщающего показателя [2 ЖС].
9. Ответственным органам Министерства обороны РФ, необходимо рекомендовать разработать методические указания по заполнению энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования, что снимет многие проблемы, связанные с энергетической паспортизацией, и в частности проблему выбора показателей энергетической эффективности.

Список литературы

Журнальные статьи

1. Ливчак В.И. Энергетический паспорт проекта здания - инструмент повышения его энергоэффективности / В.И. Ливчак // Энергосбережение. - 2010 г. - № 8. - С.38-43.
2. Ливчак В.И. О требованиях энергетической эффективности зданий из приказа № 262 Минрегионразвития России / В.И. Ливчак // Энергосбережение. - 2010 г. - № 5. - С.10-14.
3. Филиппов А.М. Класс энергоэффективности жилых зданий: теория и практика / А.М. Филиппов // Энергосбережение. - 2011 г. - № 4. - С.23-28.

Электронный ресурс

1. Башмаков, И.А. Анализ целевых показателей энергоэффективности, установленных Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1225 / И.А. Башмаков // Электронный журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ». - 2011 г. - № 1 (14). - С. 19-26. - <http://www.energsovet.ru>.
2. Злобин А.А., Медведева И.Ю., Мальцев А.П., Романов Г.А. «Особенности и проблемы методического обеспечения при заполнении форм энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования» // Электронный журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ». - 2011 г. - № 1 (14). - С. 40-42. - http://www.energsovet.ru/bul_stat.phpidd=138.

Нормативные документы

1. ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения» <http://www.energsovet.ru/npb13.html>
2. ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей» <http://www.energsovet.ru/npb15.html>
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2009 г. № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
4. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 07 июня 2010 г. № 273.
5. Требования к энергетическому паспорту, утвержденные Приказом Министерства энергетики РФ от 19 апреля 2010 г. № 182.
6. Правила установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 18.
7. Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, утвержденные приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 мая 2010 г. № 262.
8. Методика расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях. Утверждена приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 07 июня 2010 г. № 273.
9. Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) бюджетных организаций. Утверждена приказом Министра энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области от 13 сентября 2010 г. № 85.

УДК:355.7:621.316

*Борисов А.А., Колесник И.В., Моисеенков П. И.
Borisov A.A., Kolesnik I. V., Moiseenkov P.I.*

Применение двухзонального электрода рабочего заземления с целью защиты от шагового напряжения

Application of bizonal system grounding electrode to protect against voltage step

Аннотация:

Одной из важнейших задач при эксплуатации электроустановок объектов военной инфраструктуры является защита личного состава, оперативного персонала от электротравматизма.

В данной статье предложено конструктивное решение электрода рабочего заземления, которое обеспечивает эффективное снижение шаговых напряжений, возникающих в результате аварийных и внештатных ситуаций.

Также в работе представлена математическая модель, которая позволяет выбирать оптимальную конструкцию электрода рабочего заземления. Приведенные данные экспериментальных исследований доказывают эффективность его применения.

Abstract:

One of the major problems in the operation of electrical equipment is to protect the staff from the electric traumatism.

This article proposes a constructive solution to the electrode ground system, which provides effective reduction of the step voltage resulting from accidents and emergency situations.

The article also discusses mathematical model that allows to choose the optimum design of the electrode ground. Given data of experimental studies proves its effectiveness.

Ключевые слова: *заземление, электрод рабочего заземления, шаговое напряжение, эксперимент.*

Keywords: *grounding, electrode system ground, step voltage, experiment.*

Возникающие внештатные режимы работы (короткие замыкания, несимметричные режимы и др.) в сетях внутреннего и внешнего электроснабжения объектов военного и гражданского назначения представляют опасность как для электрических сетей и сопровождаются перенапряжениями технических средств (ТС), так и для обслуживающего персонала.

Следовательно, одной из важнейших задач при эксплуатации электроустановок остается защита людей, оперативного персонала от электротравматизма.

Наиболее опасными для обслуживающего персонала являются напряжения прикосновения и шаговые напряжения.

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 для защиты от шагового напряжения используются дополнительные средства защиты – диэлектрические боты, диэлектрические коврики. В случае, когда использование этих средств не представляется возможным, следует покинуть зону растекания так, чтобы расстояние между стоящими на земле ногами было минимальным – короткими шагами. Однако, наиболее вероятное поражение электрическим током возникает вследствие попадания под шаговое напряжения из - за незнания оперативным персоналом о создавшейся аварийной ситуации и, как следствие, не применении дополнительных средств защиты.

Согласно нормативным документам для обеспечения безопасности оперативного персонала применяется защитное заземление [1,2,3]. Актуальность рассматриваемой научно-технической задачи состоит в том, что стандартные конструкции электрода рабочего заземления не предотвращает вынос потенциала на поверхность грунта и как следствие возникает вероятность попадания под действие шагового напряжения, что приводит к риску поражения электрическим током. Следовательно, существует объективная необходимость разработки конструкции электрода рабочего заземления позволяющего эффективно защищать от шагового напряжения.

Как известно, напряжением шага (шаговым напряжением) называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящиеся одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек. Оно обусловлено электрическим током, протекающим в земле или токопроводящем полу, равно разности потенциалов между двумя точками поверхности земли (пола), находящимися на расстоянии одного шага человека, и зависит от удельного сопротивления грунта и силы протекающего через него тока. Опасное шаговое напряжение может возникнуть, например,

около упавшего на землю провода или вблизи заземлителей электроустановок, при аварийном коротком замыкании на землю. При этом, чем шире шаг, тем больший ток протекает через ноги. Такой путь тока не несет прямой опасности жизни, однако под его действием человек может упасть и путь протекания тока станет опасным для жизни.

Опасность при попадании под шаговое напряжение заключается в возникновении непроизвольных сокращений мышц ног и, как следствие этого, падение человека на землю. В этот момент прекращается действие на человека шагового напряжения и возникает иная, более тяжелая ситуация: вместо нижней петли в теле человека образуется новый, более опасный путь тока, обычно от рук к ногам и создается реальная угроза смертельного поражения током. Величина тока протекающего через тело человека определяется по формуле:

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \beta_1 \beta_2, \quad (1)$$

где: I_h - ток протекающий через тело человека, I_3 - ток протекающий через заземлитель; R_3 - сопротивление заземления, R_h - сопротивление тела человека, β_1 - коэффициент, учитывающий форму заземлителя; β_2 - коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление в цепи человека (обувь, одежда) [4,5,6].

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 для защиты от шагового напряжения используются дополнительные средства защиты – диэлектрические боты, диэлектрические коврики. В случае, когда использование этих средств не представляется возможным, следует покинуть зону растекания так, чтобы расстояние между стоящими на земле ногами было минимальным – короткими шагами. Но наиболее вероятное поражения электрическим током вследствие попадания под шаговое напряжения возникает из-за незнания оперативным персоналом о создавшейся аварийной ситуации и, как следствие, не применении дополнительных средств защиты.

Как было отмечено выше снижения указанных перенапряжений до безопасного для персонала и ТС уровней может быть достигнуто посредством оптимальных конструкций заземляющего устройства (ЗУ).

Для разработки конструкции ЗУ, позволяющей защищать оперативный персонал от шаговых напряжений необходимо рассмотреть процесс растекания тока в земле. При замыкании фазы на землю и выносе потенциала протяженным токопроводящим предметом на поверхности земли появляется значительный электрический потенциал.

Рассмотрим процесс растекания тока в земле при работе заземлителей, падении на землю оборванного провода, замыкании фазы на землю в результате повреждения изоляции.

Представим заземлитель-электрод полушаровой формы. Примем допущение, что грунт во всем объеме однороден и обладает одинаковым удельным сопротивлением ρ (Ом·м). Удельное сопротивление грунта - это сопротивление 1 м³ грунта, к противоположным граням которого приложены измерительные электроды. Плотность тока при его распространении по полушаровой поверхности:

$$j = \frac{I_3}{2\pi x^2}, \text{ А/м}^2, \quad (2)$$

где: I_3 - сила тока замыкания на землю, А; x - расстояние от электрода до расчетной точки, м.

С другой стороны, плотность тока по закону Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}, \quad (3)$$

где: $\sigma = 1/\rho$ [Ом⁻¹м⁻¹] – удельная электропроводность.

E - напряженность электрического поля, В/м.

Падение напряжения в слое:

$$dU_x = E dx = i \rho dx = \frac{I_3 \rho}{2\pi r^2} dx, \quad (4)$$

Потенциал в любой точке на расстоянии r от электрода определяется интегрированием:

$$\varphi = \int_r^\infty dU_x = \int_r^\infty \frac{I_3 \rho}{2\pi r^2} dx = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \int_r^\infty \frac{dx}{x^2} = \frac{I_3 \rho}{2\pi r}. \quad (5)$$

Последнее выражение является уравнением гиперболы. На рисунке 1 представлена зависимость значения потенциала на поверхности земли на различном расстоянии от электрода ЗУ. Из рисунка 1 видно, что максимальный потенциал будет на электроде. Область нулевого потенциала на поверхности земли начинается на расстоянии около 20 м от электрода, следовательно, вблизи работающего электрода ЗУ существует опасность поражения электрическим током [6,7].

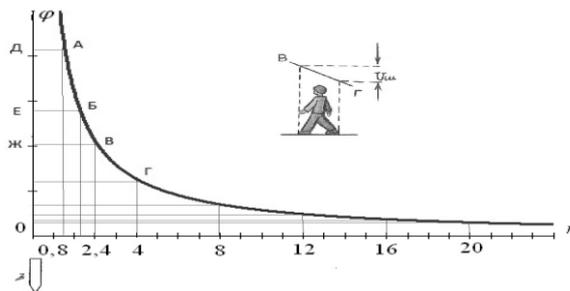


Рис. 1. Потенциал на поверхности земли на различном расстоянии от электрода ЗУ

О - точка нахождения заземлителя, через который протекает ток однофазного замыкания на землю, М - точка на расстояниях, больших 20 метров заземлителя, А, Б, В, Г и т. д. - точки определяющие величину напряжения по отношению к земле вблизи заземлителя, при протекании через него тока замыкания на землю, отрезки АД, БЕ, ВЖ и т. д. определяют уровень падения напряжения между точками.

Рассмотрим процесс поражения шаговым напряжением. При стекании тока от упавшего провода на землю или работе ЗУ происходит процесс растекания тока и спад потенциала. Как было отмечено выше человек, двигаясь по полю растекания тока, может попасть под шаговое напряжение.

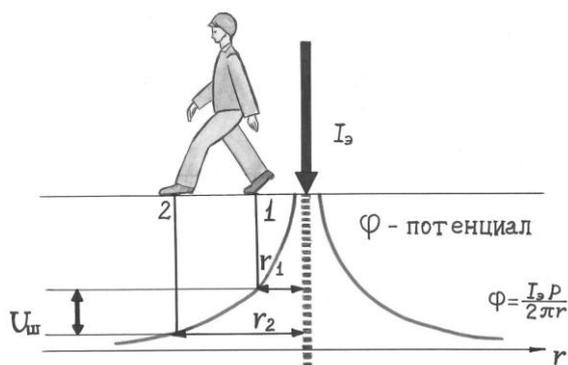


Рис. 2 а. Процесс поражения шаговым напряжением при стекании тока от упавшего провода в землю

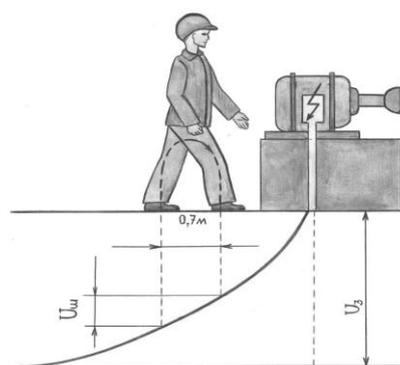


Рис. 2 б. Процесс поражения шаговым напряжением при работе ЗУ

1- точка высокого потенциала φ_{r1} , 2 - точка низкого потенциала φ_{r2} , $U_{ш}$ - шаговое напряжение (

$U_{1-2} = \varphi_{r1} - \varphi_{r2}$), r_1 - расстояние от точки 1 до места упавшего провода, r_2 - расстояние от точки 2 до места упавшего провода.

Напряжение между двумя точками на поверхности земли равно разности потенциалов точек 1 и 2:

$$U_{1-2} = \varphi_{r1} - \varphi_{r2} \tag{6}$$

Оно соответствует шаговому напряжению:

$$U_{ш} = \frac{I_3 \rho}{2\pi r_1} - \frac{I_3 \rho}{2\pi r_2} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right) \tag{7}$$

В данном случае ток, проходящий через человека равен:

$$I_h = \frac{U_{ш}}{R_h + R_{об}}, \quad (8)$$

где: R_3 - сопротивление тела человека, Ом; $R_{об}$ - сопротивление обуви, Ом.

Из характера кривой спада потенциала видно, что шаговое напряжение убывает по мере удаления от заземлителя и увеличивается при приближении к нему [6,7,8].

Таким образом, при аварийных ситуациях наибольшее напряжение шага будет вблизи заземлителя и особенно, когда человек одной ногой стоит над заземлителем, а другой - на расстоянии шага от него.

Если человек находится вне поля растекания на одной эквипотенциальной линии, то напряжение шага равно нулю.

Исходя из вышеизложенного, возникает объективная необходимость разработки конструкции ЗУ, которая позволяет предотвратить вынос потенциала на поверхность грунта. При этом ЗУ должно соответствовать требованиям государственных стандартов, правил устройства электроустановок, строительных норм и правил и других нормативно - технических документов, обеспечивающих условия безопасности людей, эксплуатационные режимы работы и защиту электроустановок [9].

Для снижения величины шагового напряжения целесообразно использовать конструкцию электрода рабочего заземления, известного по патенту РФ: RU 2416137 от 10.04.2011 года [10]. Данный электрод выполнен двухзональным и содержит расположенный в скважине металлический токовод с влагозащитной и электроизоляционной оболочкой верхней зоны и токопроводящей поверхностью нижней зоны.

На рисунке 3 а. представлена конструкция электрода рабочего заземления в перфорированной обсадной трубе. На рисунке 3 б – конструкция с контейнером из сетки.

Свои функции электрод рабочего заземления выполняет следующим образом. Электрический ток, протекающий из сети электроснабжения в одножильный кабель и гидроизолированное соединение, поступает на расположенный в глубине скважины - металлический токовод нижней зоны.

От токовода электрический ток через углеродистую засыпку перетекает к водоносному слою (грунтовым водам) и далее через отверстия обсадной трубы или через отверстия контейнера из сетки непосредственно к грунту и далее растекается в массиве грунта. Растекание электрического тока в грунте по направлению к его поверхности происходит по сферическим потенциальным оболочкам, что существенно предотвращает вынос потенциала на поверхность грунта. Данная конструкция соответствует требованиям правил технической эксплуатации электроустановок потребителей.

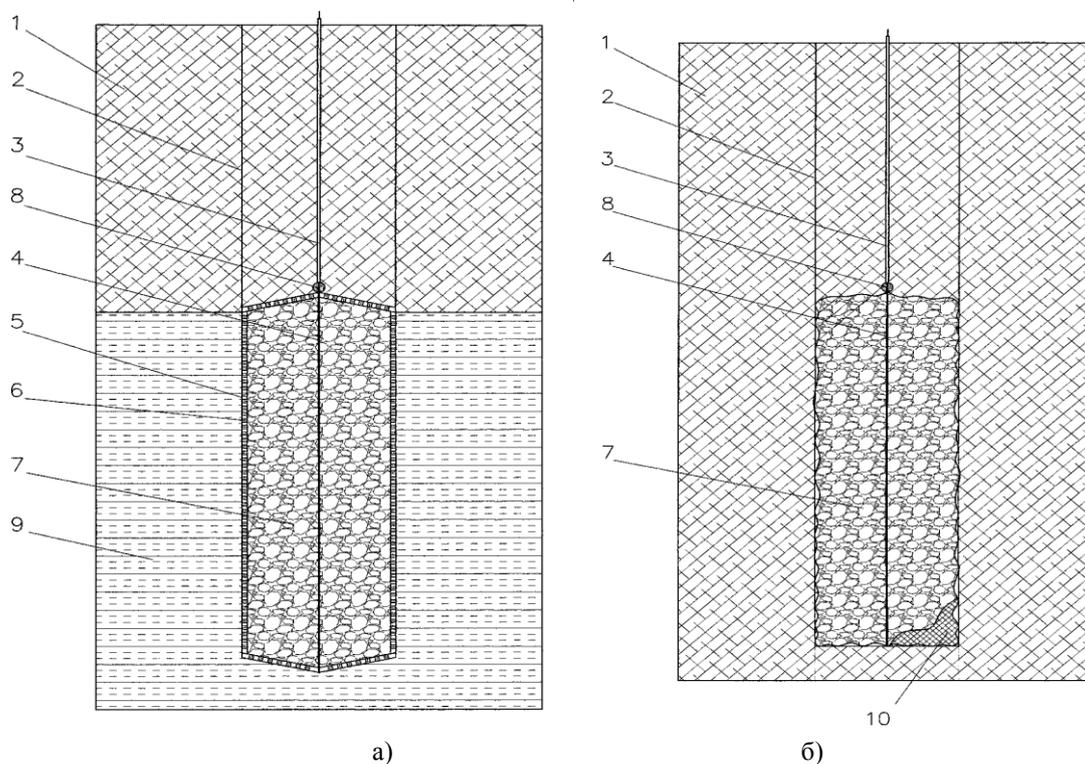


Рис. 3. Конструкция электрода рабочего заземления:
а) - в перфорированной обсадной трубе,
б) - конструкция с контейнером из сетки

- 1 – грунт, 2 – скважина, 3 – электрический кабель, 4 – металлический электрод,
 5 – обсадная труба, 6 – отверстия в обсадной трубе, 7 – углеродистая засыпка,
 8 – место соединения, 9 – водоносный слой, 10 – контейнер из сетки.

Применение одножильного электрического кабеля в качестве токовода верхней зоны позволяет существенно повысить его надежность и значительно уменьшить величину шагового напряжения, что обеспечивает защиту оперативного персонала от поражения электрическим током [10,11,12].

Внешний вид конструкции электрода рабочего заземления представлен на рисунке 4.

Для теоретической проверки эффективности работы разработанной конструкции ЗУ необходимо выполнить моделирование процесса растекания тока в грунте при использовании предлагаемой конструкции ЗУ.

Физическое моделирование влияния изолирования боковой поверхности заземления на величину шагового напряжения проведем на простейшей модели. Рассмотрим точечный заряд на изоляторе. Сравним шаговое напряжение этого заряда на поверхности среды (земли) при размещении его на самой поверхности и при его заглублении, что соответствует разработанной конструкции ЗУ.

Величина напряженности E электростатического поля точечного заряда q в диэлектрической среде в точке наблюдения, расположенной на расстоянии R от места размещения заряда, вычисляется по формуле:

$$E = E(R) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^3}; \quad (9)$$

где: ϵ_0 – электрическая постоянная, ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость среды [5,7,8].

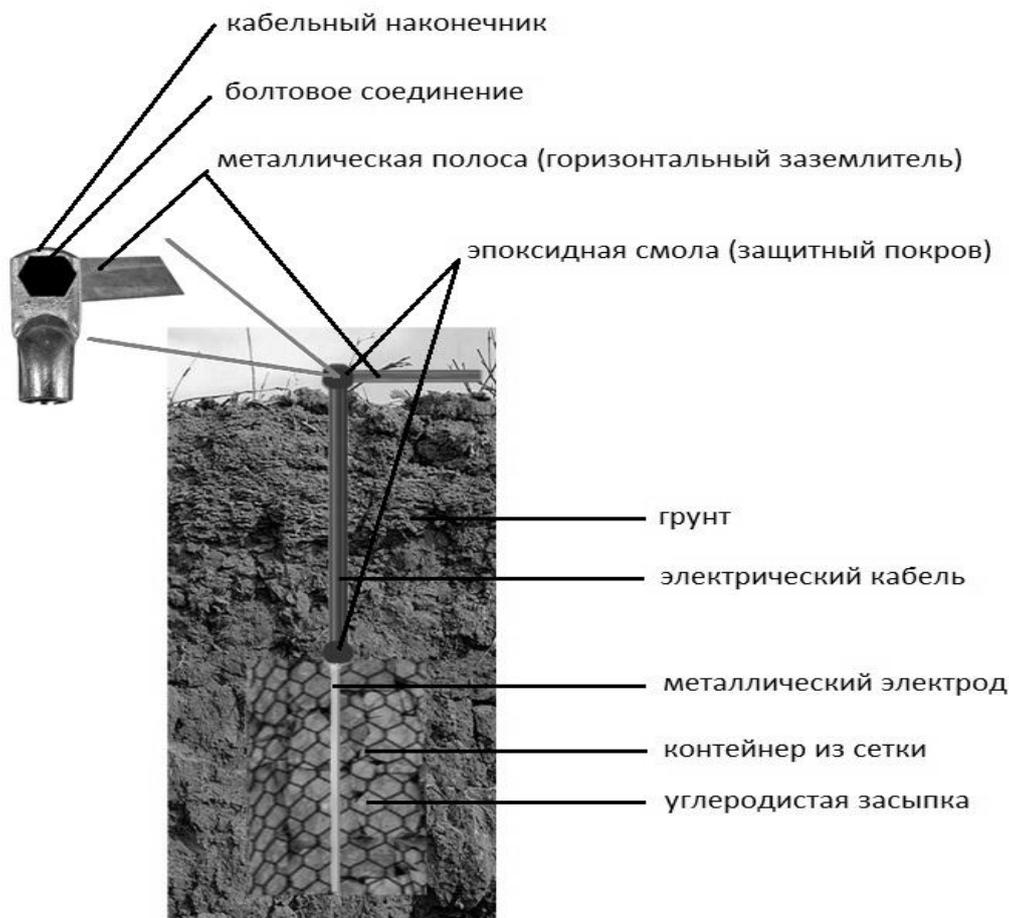


Рис. 4. Внешний вид конструкции электрода рабочего заземления

Пусть точечный заряд q заглублен на глубину h в диэлектрическую среду, которая занимает полупространство $z \leq 0$. Введем цилиндрическую систему координат, ось C которой проходит через точку размещения заряда и ортогональна поверхности полупространства, уравнение которой $z = 0$ (рис.5).

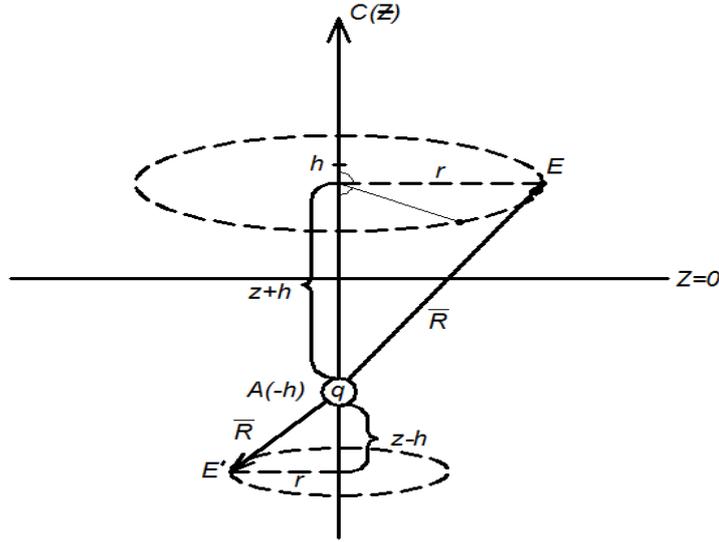


Рис. 5. Цилиндрическая система координат

Напряженность электростатического поля $E = E(r, z)$ для точечного заряда q , расположенного на оси C в точке $A(-h)$ в этом полупространстве ищем, используя метод отражения. Здесь r – полярный радиус в цилиндрической системе координат для точки наблюдения. Введем фиктивный заряд q на этой же оси в точке $B(h)$. Для напряженности электростатического поля в среде имеем

$$E = E(r, z) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{((z+h)^2 + r^2)^{3/2}} + \frac{1}{((z-h)^2 + r^2)^{3/2}} \right), \quad (10)$$

где учтено, что расстояния от точек размещения зарядов до точки наблюдения в среде находятся по формулам

$$R_1^2 = r^2 + (z+h)^2 \quad \text{и} \quad R_2^2 = r^2 + (z-h)^2, \quad \text{где } z \leq 0.$$

Для распределения величины напряженности электростатического поля на поверхности полупространства $E_h = E_h(r)$ для точечного заряда q , размещенного в среде на глубине h , получим, полагая в формуле (10) $z = 0$,

$$E_h = E(r, 0) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon(h^2 + r^2)^{3/2}}. \quad (11)$$

Для наибольшего шагового напряжения $\Delta E_h(r)$ между двумя точками на поверхности полупространства, отстоящих на расстоянии dr , получим

$$\Delta E_h(r) = E_h(r+dr) - E_h(r) \quad (12)$$

Вычислим величину $\Delta E_h(r)$, используя приближенную формулу

$$\Delta E_h(r) \approx \frac{dE_h}{dr} dr = -\frac{3qr dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon(h^2 + r^2)^{5/2}}. \quad (13)$$

В частности, если заряд q находится на поверхности полупространства ($h = 0$), то для шагового напряжения в этом случае $\Delta E_0(r)$ получим

$$\Delta E_0(r) \approx -\frac{3q dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon r^4}. \quad (14)$$

Введём в рассмотрение коэффициент:

$$T = T_h(r) = \frac{\Delta E_h(r)}{\Delta E_0(r)} \quad (15)$$

показывающий во сколько раз изменяется наибольшее шаговое напряжение на поверхности полупространства для шага dr , при расположении заряда на глубине h и при его размещении на поверхности полупространства. С учётом формул (13) и (14) для величины $T_h(r)$ из определения (15) получим:

$$T = T_h(r) = \frac{r^5}{(h^2 + r^2)^{5/2}} \quad (16)$$

График зависимости коэффициента $T_h(r)$ от r (м) при некоторых значения h (м) показан на рис. 6.

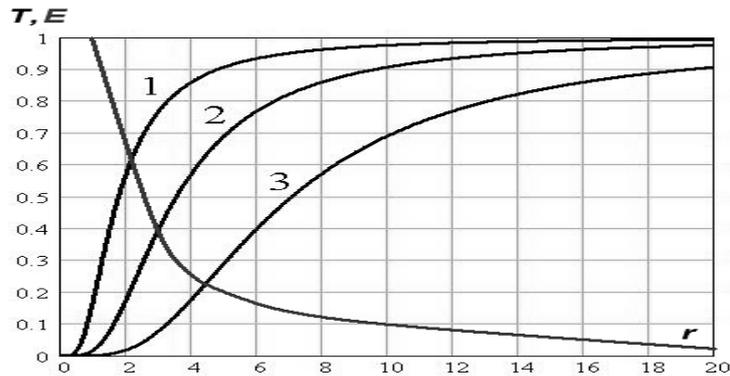


Рис. 6. Зависимость коэффициента ослабления $T = T_h(r)$ шагового напряжения от расстояния r при различных значениях углубления h точечного заряда в грунт; кривая 1 – $h=1$ м, кривая 2 – $h=2$ м, кривая 3 – $h=4$ м

Из приведённых зависимостей видно, что при малых значениях r заглубление заряда существенно снижает шаговое напряжение. При значениях $r \rightarrow \infty$, когда величина $T_h(r) \rightarrow 1$, эффект заглубленности заряда перестаёт сказываться. Однако здесь становятся малыми значения самих напряжений и шаговые напряжения в двух этих случаях размещения заряда, заглубленного и поверхностного, становятся малыми [13,14].

Это теоретически доказывает существенное повышение эффективности заземлителя путем снижения шаговых напряжений на поверхности земли.

Кроме того разработанная математическая модель, позволяет выбирать оптимальную конструкцию электрода рабочего заземления.

С целью подтверждения эффективности использования предложенной конструкции так же был проведен натурный эксперимент.

Измерение удельного сопротивления грунта произведено при использовании четырех электродов, размещенных линейно на равных расстояниях (метод Веннера).

Далее было проведено измерение распределения потенциала на поверхности грунта при работе ЗУ в режиме замыкания на землю стандартной (ЭСК) и разработанной конструкции (ЭРК).

На рисунке 7 представлены фрагменты монтажа экспериментальной установки и проведения измерений.





Рис. 7. Фрагменты процесса монтажа экспериментальной установки и проведения измерений
Полученные данные в ходе проведения эксперимента представлены в таблице №1 и рисунках 8,9.

Таблица 1

Данные измерения распределения потенциала на поверхности грунта при работе ЗУ в режиме замыкания на землю

ЭРК	Узу №1-зонд	3,16	6,14	9,56	13,52	17,14	17,82	19,36	21,6	23,4
	U0,5м (ЗУ №1)	3,16	2,98	3,43	3,48	3,59	0,74	1,54	2	1,72
ЭСК	Узу№2-зонд	4	10	17,4	24	30	33,6	36,4	38,2	38,6
	U0,5м (ЗУ №2)	4	5,8	7,6	7,42	5,31	3,6	2,8	1,8	0,35

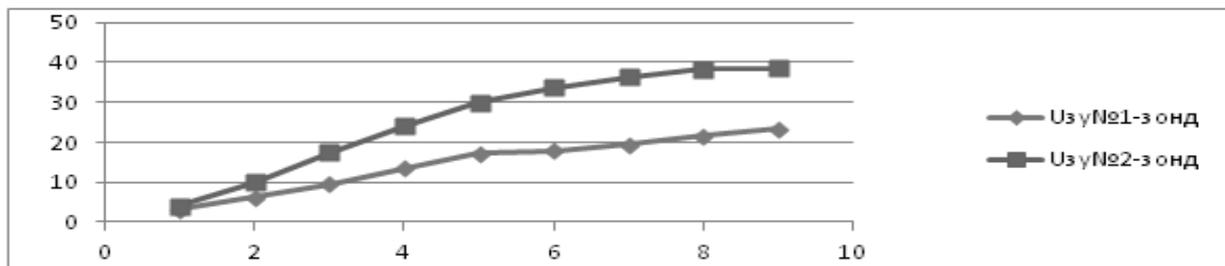


Рис. 8. Разность потенциала между электродом ЗУ и измерительными электродами

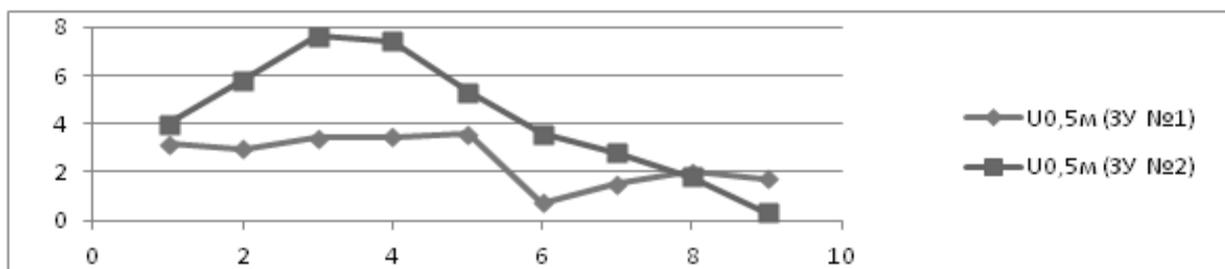


Рис. 9. Разность потенциала между измерительными электродами
на расстоянии 0,5 м

Анализ экспериментальных данных позволяет утверждать, что при использовании ЗУ предлагаемой конструкции наблюдается значительное снижение потенциала на поверхности грунта, а, следовательно, применение данной конструкции в электроустановках эффективно.

Выводы:

1. Одной из важнейших задач при эксплуатации электроустановок является защита людей, оперативного персонала от электротравматизма.

Практика показала, что стандартные конструкции электрода рабочего заземления не обеспечивают предотвращения выноса потенциала на поверхность грунта и как следствие возникает вероятность попадания под действие шагового напряжения, что приводит к риску поражения электрическим током. Следовательно, существует объективная необходимость разработки конструкции электрода рабочего заземления позволяющего эффективно защищать от шагового напряжения.

2. Для снижения величины шагового напряжения целесообразно использовать разработанную конструкцию двухзонального электрода рабочего заземления, который обеспечивает эффективное снижение шаговых напряжений, возникающих в результате аварийных и внештатных ситуаций.

Разработанная математическая модель и экспериментальные исследования доказывают эффективность его применения.

При этом ЗУ соответствует требованиям государственных стандартов, правил устройства электроустановок, строительных норм и правил и других нормативно - технических документов, обеспечивающих условия безопасности людей, эксплуатационные режимы работы и защиту электроустановок.

3. В заключение хочется отметить, что в любой отрасли, в том числе и в энергетике существует такой термин как «техника безопасности» — он появился не просто так, каждая строчка свода правил по соблюдению и обеспечению безопасности на действующих и находящихся в резерве электроустановках имеет свою историю, которая связана с каким либо происшествием. Поэтому не стоит пренебрегать простыми советами, и предлагаемыми конструктивными решениями по защите от поражения электрическим током, что позволяет избежать несчастных случаев при эксплуатации электроустановок.

Список литературы:

1. ГОСТ 12-1-009-76 -1999. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения.
2. ГОСТ Р МЭК 61140-2000. Защита от поражения электрическим током.
3. Правила устройства электроустановок. Издание 7. М., Издательство НЦ ЭНАС 2005 г
4. Гомзиков Э.А. Безопасность жизнедеятельности. Образовательный компьютерный проект. СПб., 2001 г.
5. Техника высоких напряжений под редакцией Ларионова В.П., Москва., Атомиздат., 1989г.
6. Тарова Л.С., Сергеева Е.А., Дмитриев В.М., Бояршинов А.В., Михайлов В.Б.; Мозжухин А.Б. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: Учеб. Пособие /. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Ч. 1. 64 с. ISBN 5-8265-0295-9.
7. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. 5-е изд. Т.1. – СПб.; Питер, 2009.-512 с.: ил. ISBN 978-5-388-00410-9.
8. Фармаковский В.Л. Теоретические основы электротехники. Ч.1. Физические основы электротехники. Теория электрических и магнитных цепей постоянного тока. Однофазные цепи. ЛВВИСУ. – 1991. 360 с.
9. Борисов А. А. , Савчук А. Д., Хромов В. В., Пителин Д. А. Специальное заземляющее устройство для защиты технических средств и персонала от перенапряжений. 9-й международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. Труды симпозиума. 13–16 сентября 2011 года, – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова, 2011 – 617 с. 73 – 74 с.
10. Патент РФ: RU 2416137 от 10.04.2011 года, МПК H01R4/66, Электрод рабочего заземления, Авторы: Борисов А.А., Громов О.И., Савчук А.Д., Хромов В.В.
11. Борисов А.А., Савчук А.Д., Парахин Ю.Н. Средства защиты оперативного персонала от влияния шаговых напряжений. Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов V-й Международной научно - практической конференции: в 2 т. /под. ред. А.И. Сидорова – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012.–Т.1.– 353 с. ISBN 978-5-696-04315-9 (т.1) – 353 с., 79-87 с.
12. Борисов А.А., Панасюк И.В., Савчук Н.А. Специальная конструкция электрода рабочего заземления, обеспечивающая защиту от шагового напряжения. Сборник докладов VII научно - технической конференции молодых специалистов по радиоэлектронике. ОАО «Авангард» – СПб.: «Аграф+», 2014.– 68 с., 45- 49 с.
13. Лукьянов В.Д., Борисов А.А., Савчук А. Д. Повышение эффективности заземлителя снижением влияния шаговых напряжений Сборник научных трудов Военного инженерно- технического института и Военной академии тыла и транспорта имени генерала армии А.В. Хрулева. Выпуск 10. Научные проблемы специальных и фортификационных комплексов, обустройства войск, управления производственной деятельностью строительных предприятий, материально - технического обеспечения ВС РФ и социологии образования в вузах МО РФ.– СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 560 с.: ил. 240 – 245 с.
14. Борисов А.А., Панасюк И.В. Электрод рабочего заземления. АВТОНОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА - ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА: сборник докладов научно- технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, заслуженного работника высшей школы РФ, д.т.н. профессора Кривова В.Г / ВИ(ИТ) СПб., 2014.– 256 с., 139-142 с.

Программное обеспечение адаптивной обучающей системы для группового обучения курсантов в рамках военно-инженерной подготовки

Adaptive teaching system programming support for military engineer group training

Аннотация:

В связи с растущими потребностями в выпускниках военно-инженерных специальностей, готовых к различным аспектам профессиональной деятельности, способных к самообразованию и постоянной переподготовке, предлагается технология разработки и внедрения в образовательный процесс военного вуза программной реализации адаптивной обучающей системы для проведения практических занятий по дисциплине «Взрывное дело».

Abstract:

The technology of elaboration and implementation into the higher educational process of adaptive teaching system programming realization for practical teaching with a specialization in “Blasting work” is suggested due to the increasing demands in military engineers who are ready for different aspects of professional activities, and are capable of self-education, constant training and retraining.

Ключевые слова: *адаптивная обучающая система, визуальная среда быстрой разработки приложений, автоматизированное рабочее место.*

Keywords: *adaptive teaching system, quick visual application design environment, automated working place.*

Одним из путей повышения эффективности образовательного процесса в военном вузе могло бы стать широкое внедрение новых информационно-образовательных технологий. Их основу составляет использование новейших компьютерных технологий, в совокупности с современными методиками и приемами, для создания обучающих систем, включающих фундаментальные и специальные дисциплины, которые в комплексе позволяют организовать учебный процесс, максимально наполнив его элементами, обеспечивающими высокое качество и эффективность обучения.

Однако, несмотря на заметные успехи в создании программных продуктов учебного назначения, существует ряд причин, препятствующих широкому использованию подобного рода программ. Главной среди них является неполное соответствие предлагаемого в обучающих системах материала идеям и методам преподавания той или иной дисциплины. Это связано, прежде всего, с низкой адаптивностью, как самих обучающих систем, так и средств их разработки к индивидуальным особенностям обучаемых, предметной области, решаемым задачам и навыкам разработчика.

Проблемы разработки и применения адаптивных обучающих систем (АОС) в образовании и их роль в повышении качества подготовки обучающихся исследовались Волковой С.С., Доржиевым Ц.Ц., Искандеровой А.Б., Кошелевой Н.Н., Мальгиным А.А., Смирновой Е.В., Чикиной Т.Е. и другими исследователями.

Анализ современной научной литературы показал (рис.3), что лишь немногие современные АОС поддерживают групповое обучение [1]. В связи с этим актуальной задачей является разработка программного обеспечения АОС, ориентированного на поддержку такого обучения [2; 3; 4; 5].

Программное обеспечение АОС было разработано для решения задач по расчету электровзрывных сетей и зарядов для разрушения конструкций при проведении контрольных работ по дисциплине «Взрывное дело».

Для этого в состав программной реализации АОС, по нашему мнению, должны входить автоматизированные рабочие места (АРМ) преподавателя и АРМ курсантов, объединенные в локальную сеть. Работа курсантов на АРМ должна проходить при этом в два этапа:

- 1) предварительное тестирование – для определения уровня индивидуальных знаний и формирования, исходя из этого уровня подгрупп курсантов с равными уровнями знаний для второго этапа обучения (рис.1);
- 2) групповое обучение – для формирования навыков в совместном решении задач в составе сформированных на первом этапе подгрупп (рис.2).

Программное обеспечение АРМ обучающегося должно включать программные модули:

- «Знаний» - для хранения программных баз знаний по учебной дисциплине «Взрывное дело» (рис.3);
- «Обучающийся» – для регистрации распределения курсантов по учебным потокам, авторизации доступа к ПО АОС и формализации результатов обучения (рис.4);

- «Преподаватель» - для управления процессом обучения;
- «Интерфейс» - для реализации в АОС диалога с курсантами, а также для сетевого взаимодействия между ними на этапе группового обучения.

Контрольная №1 по дисциплине "Взрывное дело" Авторизация: 1. иванов

Курс ТЕМА Уч.группа Ф.И.О. Пароль

2 Электровзрывные сети 222 1. иванов ****

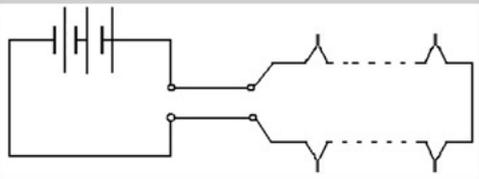
Выход: 1. иванов

Следующий вопрос № 8

Завершить тест

Вопрос № 7

В каком из вариантов правильное подключение четырех ЭДП в последовательную ЭВС. Жилы магистральных проводов обозначены: (M1) и (M2). Провода ЭДП обозначены в формате: (№ ЭДП - № провода ЭДП). Подключение одного провода к другому обозначено знаком "+".
Примеры: (3#2)+(4#1); - соединение второго провода третьего детонатора с первым проводом четвертого детонатора. (M1)+(2#1); - соединение первой жилы магистральных проводов с первым проводом второго детонатора.



Варианты ответов

(1 # 2)+(3 # 1); (2 # 2)+(4 # 1); (3 # 2)+(2 # 1); (M1)+(2 # 1); (M2)+(4 # 2);

(1 # 2)+(3 # 1); (2 # 2)+(4 # 1); (4 # 2)+(1 # 1); (M1)+(2 # 1); (M2)+(3 # 2);

(1 # 2)+(2 # 1); (2 # 2)+(3 # 1); (4 # 2)+(1 # 1); (M1)+(4 # 1); (M2)+(2 # 2);

(1 # 2)+(3 # 1); (2 # 2)+(4 # 1); (3 # 2)+(2 # 1); (M1)+(1 # 1); (M2)+(2 # 2);

(1 # 2)+(3 # 1); (2 # 2)+(1 # 1); (3 # 2)+(4 # 1); (M1)+(2 # 1); (M2)+(4 # 2);

Результаты теста

Осталось времени, с: 576

Время решения теста, с: 24

Общая оценка:

Выберите правильные варианты ответов и нажмите <Следующий вопрос № 8>

Рис.1. Форма интерфейса предварительного тестирования.

Контрольная №1 по дисциплине "Взрывное дело" Авторизация: 1. иванов

Курс ТЕМА Уч.группа Ф.И.О. Пароль

2 Расчет ЭВС 222 1. иванов ****

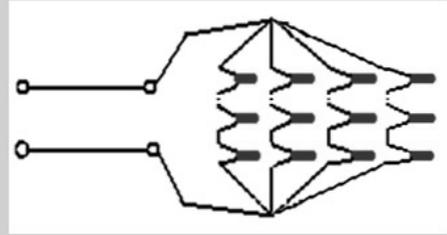
Выход: 1. иванов

Начать тест

Завершить тест

Вопрос

Определите параметры электровзрывной сети со смешанным соединением ЭДП при взрывании источником переменного тока. Исходные данные - длина магистральных проводов (СП-1) = 108 м; длина участковых проводов одной ветви (СПП-1) = 9 м; количество ЭДП в одной ветви = 131; количество ветвей ЭВС = 4;



Варианты ответов

сопротивление магистральных проводов, ом =

2.7

сопротивление участковых проводов одной ветви, ом =

0.338

общее сопротивление ЭВС, ом =

84.659

сила тока необходимая для взрывания ЭВС, а =

6

напряжение источника тока необходимое для взрывания ЭВС, в =

507.956

Результаты теста

Осталось времени, с: ТЕСТ

Время решения теста, с: 221

Общая оценка: **5** (балл:4.96)

Рис.2. Форма интерфейса группового обучения.

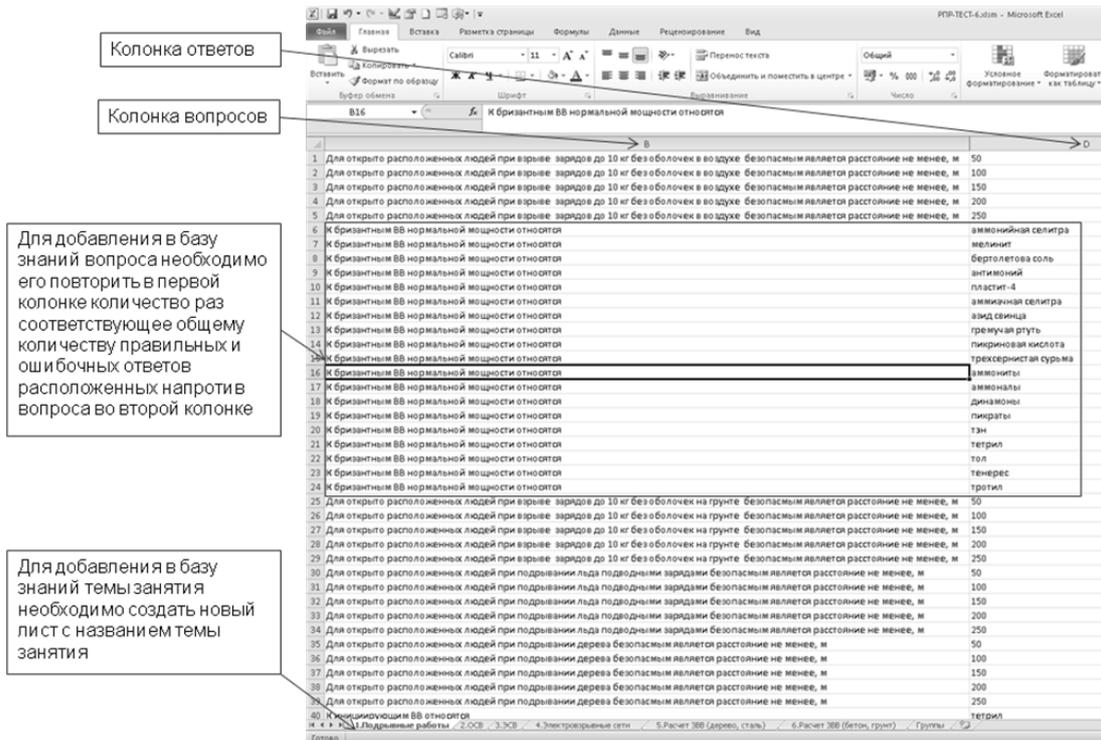


Рис.3. Форма модуля «Знаний».

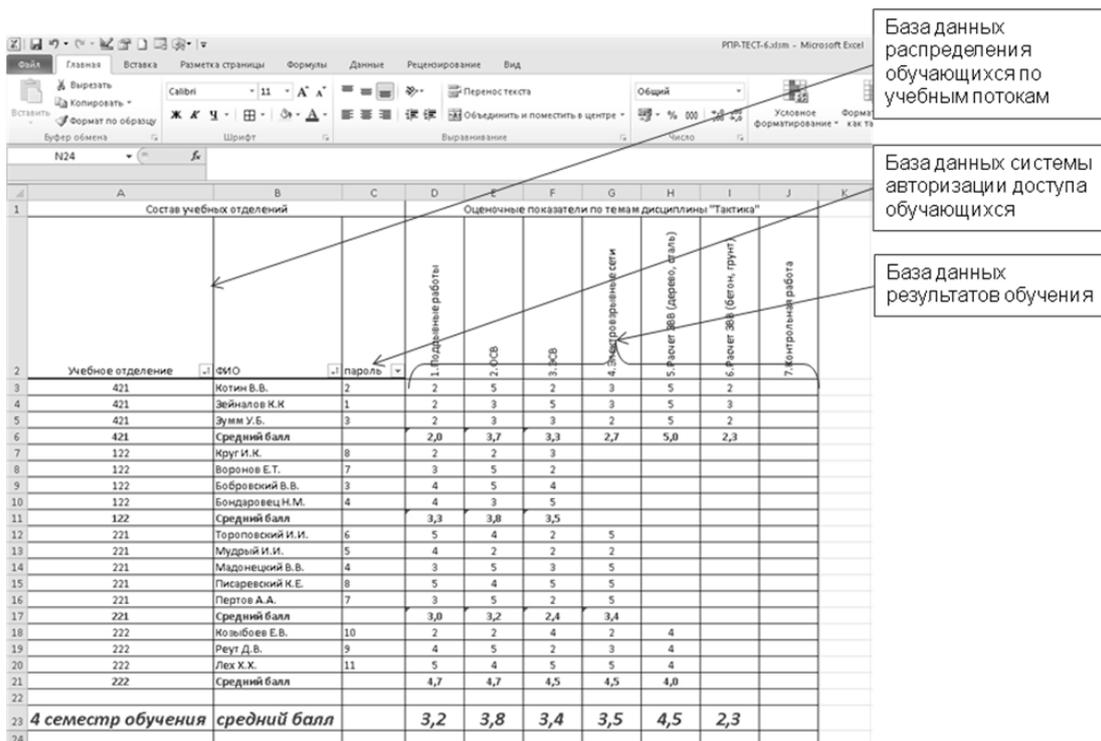


Рис.4. Форма модуля «Обучающийся»

Модуль «Знаний» должен включать фактуальную и операционную базы знаний по предметной области.

Модуль «Обучающийся» должен включать базы данных: распределения курсантов по учебным потокам; авторизации доступа; результатов обучения.

Модуль «Преподаватель» должен включать подмодули:

- «Предварительное тестирование» – для определения индивидуального уровня знаний курсантов и формирования, исходя из этого уровня списков, равных по качественному составу подгрупп обучающихся;

- «Групповое обучение» – для решения сформированными подгруппами курсантов общих задач по предметной области и определения групповых и индивидуальных оценок обучающихся.

Подмодуль «Предварительного тестирования» должен состоять из следующих подпрограмм:

- «Формирование исходных данных, имеющих низкую вероятность повторения, для предварительного тестирования»;
- «Проверка решений и определения предварительных оценок курсантов»;
- «Регистрация предварительных результатов, ошибок и оценочных показателей курсантов в базе данных»;
- «Формирования списков, равных по качественному составу подгрупп курсантов».

Подмодуль «Группового обучения» должен состоять из подпрограмм:

- «Формирование многовариантных исходных данных, имеющих низкую вероятность повторения, для решения учебными подгруппами общих задач»;
- «Распределение отдельных частей решения общей задачи курсантов в подгруппе»;
- «Сетевое взаимодействие отдельных автоматизированных рабочих мест внутри учебных подгрупп, для совместного решения общих задач»;
- «Проверка решения задач подгруппами курсантов и определения групповых и индивидуальных оценок»;
- «Регистрации результатов, ошибок и оценочных показателей курсантов в базе данных».

Модуль «Интерфейс» должен включать подмодули:

- «Интерфейс предварительного тестирования» - для регистрации пользователей, выбора темы занятия, запуска процедуры предварительного тестирования, выдачи вопросов и ввода ответов курсантов, выдачи результатов предварительного тестирования и сформированных списков, равных по качественному составу подгрупп курсантов;

«Интерфейс группового обучения» - для планирования распределения отдельных частей решения общей задачи курсантам в подгруппе, запуска процедуры решения задач, выдачи исходных данных и ввода результатов решения задач, выдачи групповых и индивидуальных оценок курсантов.

Программное обеспечение АРМ преподавателя должно включать программные модули:

- «Формирование (редактирование) программных баз знаний по учебной дисциплине»;
- «Формирование (редактирование) программных баз данных распределения обучающихся по учебным потокам, авторизации доступа и результатов обучения»;
- «Контроль выполнения заданий обучающимися»;
- «Интерфейс преподавателя».

Программная реализация АОС была разработана с использованием визуальной среды быстрой разработки приложений Visual Basic Application (VBA) Microsoft Excel [6]. Выбор среды разработки приложения продиктован широкой доступностью, распространенностью и независимостью от используемой компьютерной платформы, а так же широкими инструментальными возможностями объектно-ориентированного языка программирования VBA.

Модуль «Знаний» АОС был реализован в объеме учебного материала для проведения контрольных работ по дисциплине «Взрывное дело»: №1 «Расчет электровзрывных сетей и подбор источников тока»; №2 «Расчет зарядов для разрушения конструкций из различных материалов».

Содержание модуля «Знаний» позволяет применять программное обеспечение АОС без доработки для дипломного проектирования курсантов по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений», а также для послевузовского обучения офицеров в системе повышения квалификации.

Для применения АОС на учебных занятиях преподаватель открывает со своего автоматизированного рабочего места доступ к программному обеспечению АОС, напоминает тему занятия, объявляет об установленном времени и о начале предварительного тестирования.

Обучающиеся со своих автоматизированных рабочих мест запускают программное обеспечение с сервера, проходят авторизацию, выбирают тему занятия и запускают процедуру предварительного тестирования.

По завершению предварительного тестирования оценочные показатели выдаются через интерфейсы автоматизированных рабочих мест преподавателя и обучающихся и сохраняются в программной базе данных результатов обучения. В соответствии с полученными на предварительном тестировании баллами АОС позволяет распределить курсантов на подгруппы, имеющие близкие по значению средние баллы. Каждой подгруппе через интерфейс АОС выдаются исходные данные для решения общей задачи, сгенерированные программным обеспечением и имеющие низкую вероятность повторения. Используя сетевое взаимодействие, курсанты в подгруппах производят совместное решение задач. По истечении установленного времени преподаватель со своего АРМ считывает результаты решения задач подгруппами, объявляет оценки и дает рекомендации по дополнительному изучению материалов занятия.

Применение АОС позволяет решать задачи с практически не повторяющимися исходными данными, повысить объективность оценки обучающихся и сэкономить время преподавателя на трудоемкую проверку работ.

Научной новизной работы является создание адаптивной обучающей системы, поддерживающей групповое обучение.

Таким образом, внедрение программного обеспечения АОС, по нашему мнению, обеспечит рост качества и эффективности образовательного процесса. В связи с этим, на кафедре тактики и общевоенных дисциплин Военного института (инженерно-технического) ведется дальнейшая работа по формированию программных баз знаний по учебным дисциплинам.

Список литературы

1. Ивлева Е.В. Разработка и исследование интеллектуальных контролирующих систем с настраиваемой нечеткой экспертной подсистемой выставления оценок: Диссертация к.т.н.: 05.13.11 / Е.В. Ивлева Е.В.- Рязань, 2004.- 173 с.
2. Добряков А.А. Экспертно-аналитический метод оценки качества образовательных систем на основе нечетко-множественного подхода / А.А. Добряков, В.М. Милова // Качество. Инновации. Образование, 2007.- С. 36 - 41.
3. Кравченко Ю.А. Моделирование познавательных стилей на основе свойств интеллектуальных агентов / Ю.А. Кравченко // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование».- М.: МГУ им. Н.В.Ломоносова, 2010, С. 85 – 95.
4. Добряков А.А. Тенденции и современные подходы к компетентностной подготовке специалистов технического профиля/ А.А. Добряков // Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования».– М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. – 56 с.
5. Рыбина Г.В. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы / Г.В. Рыбина // Искусственный интеллект и принятие решений, 2008. С. 22 – 46.
6. Гарнаев А.Ю. MS Excel 2002 разработка приложений. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 768 с.

УДК 355.55:355.232.6

*Вишнякова С.А.
Vishniakova S.A.*

Компетентностный подход в тематическом планировании по русскому языку при подготовке иностранных специалистов инженерно-строительного профиля

Competence-based approach in the thematic of the Russian language in the training of foreign specialists of civil engineering profile

Аннотация:

Рассмотрены три группы ключевых педагогических компетенций: учебно-познавательная, социального взаимодействия, компетенция ценностно-мотивационной сферы. Показано наполнение этих групп в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования «Строительство уникальных зданий и сооружений». Показана реализация каждой группы компетенций в курсе русского языка для иностранных слушателей.

Abstract:

Three groups of key pedagogical skills: value system and motivational sphere competence, teaching cognitive, and social interaction ones. Displaying content of these groups in the Federal state educational standard of higher education «Construction of unique buildings and structures» is revealed. Each group of competencies in the Russian language courses for foreigners is realized.

***Ключевые слова:** русский язык как иностранный, компетенция, тематический план, учебно-познавательная, социальное взаимодействие, аксиологическая ориентированность.*

***Keywords:** Russian as a foreign language, competence, thematic plan, educational and cognitive, social interaction, axiological orientation.*

В современных условиях образования качество обучения выдвигается на первый план. В связи с этим актуальным является компетентностный подход к обучению, который выражается в формировании иноязычной

коммуникативной компетенции, т. е. способности осуществлять иноязычное межличностное и межкультурное общение с носителями языка, предполагает реальное практическое владение иностранным языком [1, с.105].

Учет компетентного подхода при составлении тематического планирования основного курса обучения иностранных учащихся помогает стимулировать качество обучения.

Основываясь на классификациях, предложенных А.В. Хуторским [12], И.А. Зимней [7], В.М. Авдеевым [1], выделим 3 группы ключевых компетенций, отраженных в тематическом планировании: 1) учебно-познавательные, 2) социального взаимодействия, 3) ценностно-мотивационные.

Цель статьи – показать наполнение этих групп компетенциями, предложенными в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования – «Строительство уникальных зданий и сооружений» [13], и проанализировать реализацию каждой группы компетенций в курсе русского языка для иностранных слушателей.

Одной из важнейших является группа компетенций, относящихся к познавательной сфере – учебно-познавательные компетенции. Если обратиться к термину «учебно-познавательная компетенция», то, по мнению А.В. Хуторского, под ним понимается совокупность компетенций ученика в сфере самостоятельной познавательной деятельности, включающей элементы логической, методологической, общеучебной деятельности [15]. Нельзя не согласиться и с мнением С.Г. Воровщикова, который понимает эту компетенцию как «лично-осмысленный опыт успешного осуществления учебно-познавательной деятельности [5, с. 32]. В основе данной компетенции лежат учебно-познавательные умения и владение способами получения и применения знаний.

О.О. Парфенова в составе учебно-познавательной компетенции выделяет:

- умение осуществлять планирование, анализ, рефлексия, самооценку своей деятельности;
- умение выдвигать гипотезы, ставить вопросы к наблюдаемым фактам и явлениям, оценивать начальные данные и планируемый результат;
- владение навыками использования измерительной техники, специальных приборов, применение методов статистики и теории вероятностей;
- умение работать со справочной литературой, инструкциями;
- умение оформить результаты своей деятельности, представить их на современном уровне;
- создание целостной картины мира на основе собственного опыта [9].

Обучаясь русскому языку как иностранному, курсанты и слушатели должны приобрести общекультурные и профессиональные компетенции (далее ОК и ПК). И.К. Гапочка определяет их как умения и навыки, необходимые для слушания лекций, чтения научной литературы и литературы по общеобразовательным дисциплинам; получение навыков и умений, необходимых для участия в семинарах, лабораторных работах, для сдачи зачетов и экзаменов, общения во внеучебных ситуациях, решения бытовых вопросов, оформления личных документов [6].

В процессе формирования и развития учебно-познавательной компетенции учащиеся овладевают навыками продуктивной деятельности, учатся решать проблемные ситуации, получают возможность выразить себя творчески и проявить познавательную активность (С.Г. Воровщиков, А.И. Забалуева, И.А. Зимняя, Н.А. Насташук, О.О. Парфенова, Т.В. Ткач, А.В. Хуторской, Е.В. Ятаева).

В этой связи, показателем сформированности учебно-познавательной компетенции, по мнению И.А. Зимней, являются следующие умения:

- правильно ставить перед собой и решить познавательные задачи;
- планировать учебный процесс;
- искать нестандартные способы решения проблемных ситуаций;
- организовывать учебно-познавательную деятельность и самостоятельно оценивать ее [7].

К первой группе компетенций относится и информационная компетенция. Она «обеспечивает навыки деятельности ученика по отношению к информации, содержащейся в учебных предметах и образовательных областях, а также в окружающем мире» [15, 2002]. Кроме того данная компетенция определяет способность учащихся «интерпретировать, систематизировать, критически оценивать, анализировать полученную информацию с позиции решаемой профессиональной задачи; использовать и обрабатывать полученную информацию при реализации профессиональной деятельности; представлять ее в различных форматах» [3, с. 16].

Первая группа компетенций помогает иностранцу будущему инженеру-строителю овладеть языком специальности, снимает трудности чтения общетехнических и узкоспециальных текстов на русском языке, трудности слушания учебных лекций по профилю обучения.

В анализируемом тематическом плане группе учебно-познавательная компетенция соответствует одной из центральных общекультурных компетенций – «Владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения, умением анализировать логику рассуждений и высказываний» (ОК-7) [13, с.6].

Указанная компетенция включает в себя ряд составляющих. Так, обобщение и анализ, умение применять рассуждение – логические приемы, которые необходимы при освоении всех тем программы, будь то выявление субъектно-предикатных отношений, анализ модификаций предложений или характеристика процесса или предмета, явления. Данная компетенция формируется и в работе над аудированием фрагментов лекций, заложенном в 4 семестре в блоках «Тактика» и «Строительные материалы».

Составляющая ОК-7 – прогнозирование – необходимо тоже на каждом занятии в работе с текстом как прогнозирование развития информации текста.

Безусловно, критическое мышление курсантов необходимо развивать. Приведем лишь некоторые примеры, возможность которых заложена в тематическом плане. Так, критическое осмысление необходимо, например, при изучении темы «Реферирование», где курсанты обучаются составлению реферата-обзора. В тематическом плане предложены для сопоставления 2 статьи: «Экологический кризис» и «Природные ресурсы земли и глобальные проблемы человечества» [11, с.23-25]. Критическое мышление в этом случае необходимо, чтобы выявить похожие взгляды разных авторов на проблему экологии и найти отличительные особенности 2-х концепций.

Другим примером применения критического мышления может быть проблемная ситуация в модуле «Философия» при изучении текста «Сократ»: в структуре занятия в рубрике «Это интересно» может быть размышление по поводу 2-х точек зрения на отношение к врагу, приписываемое Сократу Ксенофонтом и Платоном. Приведем проблемную ситуацию:

Платон и Ксенофонт во многих отношениях представляют учение Сократа различно. Например, у Ксенофонта Сократ разделяет общее мнение, что врагам надо делать больше зла, чем они могли бы сделать; а у Платона Сократ, вопреки общему мнению, говорит, что не следует платить обидой и злом никому на свете, какое бы зло ни сделали люди. Отсюда в науке возник вопрос: который из них представляет учение Сократа в более чистом виде? [12, с.19-28].

Вопрос курсантам: «Какая точка зрения, из двух существующих, на отношение к врагу правильна? Почему?», «Можно ли в наше время найти примеры подтверждения выбранной точки зрения?», «Прокомментируйте примеры».

Или: при знакомстве с текстом по философии «Милетская школа» может быть проблемная ситуация: исходя из принципа сохранения «ничто не возникает из ничего», милетцы полагали единое вечное, бесконечное, «божественное» первоначало видимого многообразия вещей, источник жизни и существования космоса.

Вопрос курсантам: «Как в современной жизни вы бы объяснили высказывание «ничто не возникает из ничего»?

Что касается такой черты ОК-7, как систематизация, то ярче всего она проявляется в теме «Классификация предмета» и представлена в блоках модуля «Язык специальности» в текстах: «Родовидовая специфика войск» (классификация подразделений сухопутных войск); «Архитектура» (классификация строительных сооружений); «Огневая подготовка из стрелкового оружия» (виды стрелкового оружия в целом и их деление по признаку назначения); «Строительные материалы» и в других текстах, предусмотренных тематическим планом основного курса обучения.

Вторая общекультурная компетенция, заложенная в группе учебно-познавательная компетенция – умение создавать и редактировать тексты профессионального назначения (ОК-5) [13, с.8]. На создание текста направлены следующие виды деятельности, отраженные в тематическом плане: составление плана, аннотирование, реферирование, конспектирование, расспрос, обмен мнениями. На редактирование направлены следующие приемы, отраженные в тематическом плане: устранение лишних наречий, устранение усилителей, уточнение общих мест, гипонимизация, замена составных сказуемых, упрощение отглагольных существительных, устранение клише и канцеляризмов, замена сложных оборотов.

К группе учебно-познавательная компетенция и относятся профессиональные компетенции, работа над которыми также заложена в тематическом плане. Прежде всего, это «Способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества» (ПК-2) [13, с.10]. Данная компетенция формируется почти во всех модулях тематического плана: «Язык специальности», «Экономика», «Экология», «Безопасность жизнедеятельности», «Наука в XXI веке».

Другая компетенция, относящаяся к группе учебно-познавательная компетенция и заложенная в тематическом планировании – «Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации...» (ПК-5) [там же]. Названная компетенция находит воплощение в темах: Конспектирование, Тезирование, Реферирование, Аннотирование. Мы рассмотрели компетенции ОК-7 и ОК-5, ПК-5, относящиеся к учебно-познавательным компетенциям.

Рассмотрим далее то, какие компетенции в тематическом плане образуют вторую их группу – компетенции социального взаимодействия.

О необходимости формирования компетенций социального взаимодействия у учащихся высших учебных заведений пишут такие отечественные и зарубежные исследователи, как Г.М. Андреева, В.И. Байденко, О.М. Бобиенко, М.В. Гуковская, И.Г. Захарова, И.А. Зимняя, Н.П. Клушина, В.А. Соломонов, А.В. Хуторской, R. Hinsch, U.P. Kanning, F. Bastians, E. Nagels. Важное суждение по этому поводу высказывает И.А. Зимняя, отмечая, что именно эта компетенция

обеспечивает нормальную жизнедеятельность человека в социуме и является целостным результатом профессионального образования [7, с. 22].

По мнению В.И. Байденко, в состав компетенции социального взаимодействия входят следующие аспекты:

- письменная и устная коммуникация на родном языке;
- искусство риторики способность устной презентации;
- знание второго языка и понимание культур и обычаев других стран;
- навыки межличностных отношений;
- способность работать в международной среде;
- организационные способности, готовность и способность к лидерству;
- социальная коммуникативность (социальное взаимодействие, социальная интерактивность, социальное одобрение, коммуникативная компетентность);
- умение слушать;
- умение работать в команде;
- способность к кооперации в рамках междисциплинарных команд;
- способность учитывать точки зрения и интересы других;
- менеджмент конфликтов [3, с. 37-38].

По мнению В.И. Байденко, к компетенции социального взаимодействия, в числе других, относится такой аспект, как понимание культур и обычаев других стран [2, с. 37-38]. Именно поэтому при обучении курсантов нами уделяется самое серьёзное внимание знакомству с русскими традициями праздников.

Нельзя не отметить, что данный аспект соответствует принципу аксиологической ориентированности обучения, который концентрирует внимание на организации процесса обучения согласно ценностным ориентирам своей и инокультуры: нравственным закономерностям, мировоззренческим установкам, культурологическим образцам своего и чужого национального опыта (Сластенин В.А., Никандров В.И., Фурманова В.П., Кирьякова А.В.).

Компетенция социального взаимодействия конкретизируется в содержании тематического плана общекультурной компетенцией – «Уважение к историческому наследию и культурным традициям, толерантность к другой культуре» (ОК-6) [13, с. 6]. Знакомство с историческим наследием заложено в тематическом плане в 4 и 5 семестрах. В 4 семестре в модуле «Военная история» изучаются тексты о великих русских полководцах: «А.В. Суворов», «М.И. Кутузов». В 5 семестре в модуле «Военная история» изучаются тексты об истории Великой Отечественной войны: «М. Калашников – создатель супероружия XX века»; «Танк Т-34 в годы Великой Отечественной войны», «Блокада Ленинграда», «Сталинградская битва», «Завершение Великой Отечественной войны». В 6 семестре в модуле «Художественный текст» предусмотрена работа над фрагментами текста Б.Н. Полевого «Повесть о настоящем человеке».

Благодаря вдумчивому прочтению перечисленных текстов, курсанты и слушатели иностранных армий воспитывают в себе такие качества характера, как мужество, отвага, сила воли, настойчивость, целеустремленность, самоотверженность. Тексты модулей «Военная история» и «Художественный текст» способствуют аксиологической адаптации иностранных граждан на фоне социальных ценностей российской культуры.

Что касается уважения к культурным традициям, толерантности к другой культуре, то воспитание этих качеств также заложено в тематическом планировании, поскольку включены тексты о достопримечательностях Петербурга. Так, в первом семестре предполагается чтение текста «Город Петра» [8], благодаря которому курсанты знакомятся с Адмиралтейством, Дворцовой площадью, Исаакиевским собором, Летним садом, Невским проспектом, Казанским собором, памятником Екатерине II, Александринским театром. Во втором семестре курсанты изучают тексты: «Русский музей», «Эрмитаж», «Царское село», «Петергоф» [там же]. Кроме работы над текстами, предполагается просмотр кинофрагментов о достопримечательностях Петербурга.

Таким образом, материал, заложенный в тематическом планировании, соответствующий компетенции ОК-6, дает возможность иностранным курсантам познакомиться с шедеврами русской архитектуры, приобщиться к культурным традициям страны обучения, воспитывает уважение и толерантность к инокультуре.

К группе компетенций социального взаимодействия относится и такая профессиональная компетенция, как «способность ориентироваться в базовых положениях экономической теории...» (ПК-1) [13, с.9]. Данная компетенция заложена в тематическом плане в V семестре в модуле «Экономика». На ее формирование направлены тексты: «Производство», «Собственность», «Деньги», «Рынок и его роль в экономической жизни» и др.

Мы проанализировали отражение в тематическом плане двух групп компетенций («Учебно-познавательная компетенция» и «Компетенция социального взаимодействия»).

Рассмотрим третью группу компетенций, относящихся к ценностно-мотивационной сфере, а именно компетенцию личностного самосовершенствования.

Компетенция личностного самосовершенствования в числе других параметров имеет такие, как самопознание, развитие необходимых личностных качеств (В.В. Воробьева, И.А. Зимняя, М.В. Кисельман, М.Е. Павловская, В.Ю. Пузыревский, А.В. Хуторской). Среди качеств личностного самосовершенствования важными для иностранных курсантов являются такие, как мужество, отвага, сила воли, целеустремленность. Воспитание этих качеств осуществляется, например, посредством работы над художественным произведением Бориса Полевого «Повесть о настоящем человеке».

В состав компетенции личностного самосовершенствования в ряду других параметров отмечаются забота о собственном здоровье и вопросы, связанные с основами безопасности жизнедеятельности [3, с. 129], чему соответствует компетенция: «...владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий» (ПК-8) [13, с.7]. В тематическом плане в 8 семестре в модуле «Безопасность жизнедеятельности» включены тексты «Общие положения безопасности жизнедеятельности», «Понятие риска», «Безопасность и принципы технической защиты человека».

Итак, предлагаемый нами тематический план дает возможность преподавателю работать над тремя группами ключевых компетенций, на развитие которых должна быть нацелена педагогическая поддержка:

- 1) учебно-познавательные компетенции (ОК-7 и ОК-5, ПК-5);
- 2) компетенциями социального взаимодействия (ОК-6, ПК-1),
- 3) компетенциями ценностно-мотивационной сферы (ПК-8).

Формирование и развитие в рамках педагогической поддержки перечисленных компетенций поможет иностранным курсантам и слушателям избегать проблем в ценностно-мотивационной, познавательной и социально-психологической сферах адаптации.

Список литературы

1. Авдеев В.М. Педагогическая система формирования ключевых образовательных компетенций старшеклассников: Автореф. дис... канд. пед. наук. -Тамбов, 2007. 24 с.
2. Байденко В.И. Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентностного подхода) // Высшее образование в России. 2004. № 11. С. 4 – 12.
3. Байденко В.И. Выявление состава компетенций выпускников вузов как необходимый этап проектирования ГОС ВПО нового поколения: метод. пособие. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. – 72 с.
4. Бобиенко О.М. Ключевые компетенции личности как образовательный результат системы профессионального образования: Автореф. дис. ...канд. пед. наук. – Казань: 2005. – 23 с.
5. Воровщиков С.Г. Компетентностный подход в образовании // Философия образования. 2007. № 2. С. 27 - 31.
6. Гапочка И.К., Куриленко В.Б., Титова Л.А. Государственный стандарт по русскому языку как иностранному. Второй уровень владения русским языком в учебно-профессиональной сфере. Для учащихся естественнонаучного, медико-биологического и инженерно-технического профилей. – М., Изд-во РУДН, 2003.
7. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата современного образования // Интернет-журнал "Эйдос". 2006. [Электронный ресурс] <http://www.eidos.ru/journal/2006/0505.htm>.
8. Зимняя И.А., Лаптева М.Д., Морозова Н.А. Социальные компетентности в контексте государственных образовательных стандартов и проекта TUNING // Высшее образование сегодня. 2007. №11. С.22 - 27.
9. Парфенова О.О. Формирование ключевых компетенций на уроках информатики и во внеклассной деятельности // Интернет-журнал "Эйдос".- 2011. №10. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/2011/1023-05.htm>.
10. Потапурченко З.Н., Ушакова Ю.Ю. - С-Пб. М.: Русский язык, 2014.
11. Реферирование научного текста: Методические рекомендации по курсу «Русский язык и культура речи» / Казан. гос. ун-т; Филол. фак-т; Каф. совр. рус. яз.; Сост.: А.В.Бастриков, Е.М.Бастрикова. - Казань: Казан.гос. ун-т, 2005. С.23-25.
12. Соболевский С.И. Ксенофонт, его жизнь и сочинения: с. 5-15; Введение: с. 19-28. [Электронный ресурс] <http://elar.uniyar.ac.ru/jspui/handle/123456789/1206>.
13. ФГОС ВПО по специальности 08.05.01 (271101) «Строительство уникальных зданий и сооружений». Приказ Министерства образования и науки РФ от 24. 12.2010 г.
14. Фурманова В.П. Межкультурная коммуникация и культурно-языковая прагматика в теории и практике преподавания иностранных языков. Дисс. ... д-р пед. наук. М., 1994.
15. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты//

ВОЕННО-ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ

Исследования и разработки в области эффективности, надежности и боевого использования вооружения и военной техники

УДК 355.71

*Кондратьев В.С., Гайнуллин М.М., Гончаров П.С.
Kondratiev V.S., Gaynullin M.M., Gonsharov P.S.*

Инженерная методика расчета прохождения излучения видимой части спектра через атмосферу

**Engineering methods of calculating the passage of radiation
Visible spectrum through the atmosphere**

Аннотация:

В статье показана актуальность разработки инженерной методики расчета прохождения излучения через атмосферу, решена проблема создания инженерной методики, которая позволяет в полевых условиях и в экстремальных ситуациях оценить возможность поиска и поражения цели.

Разработана упрощенная схема расчета прохождения излучения в атмосфере, выведена формула расчета отраженного от цели сигнала

Abstract:

The article shows the urgency of development of methods of engineering calculation of radiation transmission through the atmosphere, it also solves the problem of engineering methodology creation that allows to evaluate the ability of search and target destruction in field conditions and in extreme situations.

A simplified scheme of the radiation transmission calculation in the atmosphere is developed; the formula of calculation of the signal reflected from the target is derived.

Ключевые слова: *цель и параметры цели, излучение и источник излучения, атмосфера и различные параметры атмосферы, оптические квантовые генератор*

Keywords: *the purpose and parameters of the target, the radiation and the radiation source, atmosphere, and various atmospheric parameters, optical quantum generators*

Существующие схемы расчета прохождения излучения в атмосфере достаточно трудоемки. Множество расчетных схем обнаружения целей и методов их поражения, методик различных оптических параметров атмосферы и целей имеют общий недостаток – это либо сложность и громоздкость этих методов, либо необходимость применения вычислительной техники.

Открытие оптических квантовых генераторов (далее – ОКГ) позволило по новому решать проблемы наведения на цели и возможного их поражения. Монохроматичность излучения во многом увеличила чувствительность приемников, а проблема прохождения излучения через атмосферу стала более острой и актуальной при необходимости делать оценки и прикидочные расчеты всех случаев получения сигналов от целей в полевых условиях, где вычислительная техника отсутствует. Кратко проанализируем основные методики и дадим им общую характеристику.

Самый общий подход – это методика изучения прохождения электромагнитных волн через атмосферу аналитическим путем решения системы дифференциальных уравнений Максвелла-Лоренца [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \rho v + \frac{1}{c} \dot{\vec{E}} \\ \operatorname{div} \vec{E} = 4\pi \bar{\rho} \\ \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \dot{\vec{H}} \\ \operatorname{div} \vec{H} = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\vec{H}; \vec{E}$ – усредненные напряженности магнитной и электрической компоненты электромагнитного поля; $\bar{\rho}$ – усредненная плотности зарядов; $rot \vec{H}$ – ротор магнитной компоненты; $div \vec{E}$ – дивергенция усредненного электрического поля \vec{E} ; $rot \vec{E}$ – ротор электрической компоненты поля \vec{E} ; $div \vec{H}$ – дивергенция усредненной магнитной компоненты поля \vec{H} .

Уравнения Максвелла-Лоренца, применимые к любым видам электромагнитного излучения от радио диапазона до светового, рентгеновского и γ -излучения.

Решение уравнений Максвелла-Лоренца позволяет получать самую общую и самую подробную картину происходящих электромагнитных явлений.

В наихудшем, наиболее сложном случае прохождения электромагнитного излучения через атмосферу, случай турбулентной атмосферы с примесями частиц в виде механических частиц, снега, дождя, пыли при строгом подходе при аналитическом методе решения проблемы необходимо решать не только систему уравнений (1), но к этому решению присовокупить и решение уравнения Стокса [1]

$$\vec{F} = 6\pi\eta r \vec{G}, \quad (2)$$

где \vec{F} – сила Стокса, η – вязкость среды, r – размер тела (турбулентности), \vec{G} – скорость движения в турбулентной среде.

Такой общий подход является универсальным, правильным и общим, но он очень трудоемкий, требующий для каждого конкретного приложения исполнителей с высокой квалификацией, не обладает наглядностью и на практике неприменим.

Исторически, еще до уравнений Максвелла, в основном для видимой части спектра велись исследования и были получены формулы для расчета основных оптических характеристик атмосферы. Основными из этих достижений являются закон Релея, закон Стефана Больцмана, закон Вина.

Необходимо отметить два факта. Первое – закон Стефана-Больцмана имеет экспоненциальный вид и второе – в соответствии с этим законом формулы Френеля для коэффициента отражения имеют вид [2]:

$$R(\theta) = \frac{1}{2} \left[\frac{m^2 \cos \theta_0 - \sqrt{m^2 - 1 + \cos^2 \theta_0}}{m^2 \cos \theta_0 + \sqrt{m^2 - 1 + \cos^2 \theta_0}} \right]^2 + \left[\frac{\cos \theta_0 - \sqrt{m^2 - 1 + \cos^2 \theta_0}}{\cos \theta_0 + \sqrt{\cos \theta_0 + \sqrt{m^2 - 1 + \cos^2 \theta_0}}} \right] \quad (3)$$

где m – коэффициент преломления в соответствии с законом Снеллиуса; $\sin \theta_0 = m \sin \theta_r$, θ_0 – угол падения, а θ_r – угол преломления [4]. Но в этих формулах, которые, конечно, проще процедуры решения уравнений Максвелла-Лоренца в совокупности с решениями закона Стокса для турбулентных случаев, много проблем с самими оптическими характеристиками, процедурой решения и анализом всех сложных физических процессов прохождения излучения через атмосферу. Авторы этих исследований справедливо интересуют сложные физические процессы на атомарно-молекулярном уровне прохождения излучения через атмосферу, и интересуется совокупность, в том числе и спектральная, поглощения и пропускания излучения атомами и молекулами воздуха, молекулами воды и примесей и т.п. процессы. Бесспорно – это интересно, важно, полезно и нужно, но для практики, для инженерного приложения остается открытым вопрос, как для проблем наведения, локации и обнаружения целей и их защиты рассчитать такие воздействия. Особенно в боевых и близких к боевым случаям оценить ситуацию крайне важно и в этих случаях делать оценки и расчеты необходимо и тут уже не до ожиданий данных с вычислительных и аналитических центров, а реальный пользователь должен быть в состоянии быстро понять обстановку и сделать практические выводы.

Предлагается упрощенная инженерная методика расчета требуемых характеристик, как источников излучения для обнаружения и в дальнейшем поражения целей, так и возможных параметров целей при различных природных условиях, которая как раз и предназначена для решения задачи наглядности и простоты сложного физического процесса. Предшественником такой инженерной методики является совокупность всех известных по литературе источников.

Анализ основной литературы по атмосфере подсказывает и возможную инженерную методику зависимости основных оптических характеристик – коэффициента поглощения, коэффициента пропускания, зависимость плотности атмосферы от высоты над поверхностью Земли [2].

В приземном слое атмосферы основная компонента воздуха – это соединения углерода CO и CO₂ и они вносят основной вклад в коэффициент поглощения излучения видимой части спектра. Этот коэффициент поглощения описывается уравнением Больцмана [2].

$$N_{vj} = N_v g_j e^{-\frac{E_j - E_0}{k_B T}} \quad (4)$$

где N_v – заселенность V -го колебательного уровня; g_j – статистический вес j -го вращательного уровня; E_0 и E_j – энергия основного и возбужденного вращательного состояния молекул.

Вид формулы Больцмана показывает, что характер изменения коэффициента поглощения атмосферы может быть, и, видимо, должен быть экспоненциальным.

Да и вид барометрической формулы [2]

$$p(z) = p(0) \exp\left(-\frac{z}{H}\right) \quad (5)$$

где $p(z)$ – давление в данной точке; $p(0)$ – давление на поверхности Земли; z – высота подъема в рассматриваемой точке показывает и предсказывает экспоненциальную зависимость оптических характеристик атмосферы в зависимости от высоты.

Получим зависимость коэффициента поглощения в зависимости от высоты подъема над поверхностью Земли.

Рассматриваемый коэффициент поглощения плавно меняется с высотой. Математически это может быть описано формулой

$$\frac{dn}{dH} = kn \quad , \quad (6)$$

где n – коэффициент поглощения; H – высота подъема от поверхности Земли; k – коэффициент, постоянная величина, которую в данный момент можно принять за постоянную.

Преобразуем выражение (6) и проинтегрируем его. Получим:

$$\frac{dn}{n} = kdH; \int \frac{dn}{n} = \int kdH; \ln n = kH - C. \quad (7)$$

Примем C за $\ln n_0$, где n_0 – коэффициент поглощения на уровне моря у поверхности Земли. Тогда:

$$\ln \frac{n}{n_0} = kH \quad , \quad (8)$$

Откуда

$$\frac{n}{n_0} = e^{kH} \quad \text{или} \quad n = n_0 e^{kH} \quad (9)$$

Из формулы (9) видно, что соответствующей оптический коэффициент имеет максимальное значение n_0 – на уровне мирового океана, а это значит с высотой коэффициент $n(H)$ может только уменьшаться. Отсюда следует, что формула (9) должна иметь коэффициент k отрицательной величиной, как в формуле (5) в барометрической формуле. В литературе оптические коэффициенты даются, по существу, только сугубо положительными, поэтому окончательный вид формулы (9) должен иметь вид:

$$n = n_0 e^{-kH}. \quad (10)$$

В целом эта функциональная зависимость является естественной, потому что она следует и из закона Больцмана [2], и из барометрической формулы. В формуле (10) самым сложным является коэффициент k . Этот коэффициент в разных условиях, в разных состояниях атмосферы разных и диапазон изменения его очень широкий. Возможны два пути использования этого коэффициента.

Первый путь – это попытаться усреднить его и выработать одно значение, усредненное, для грубых прикидочных расчетов.

Второй путь – создать таблицу для наиболее типичных, часто встречающихся случаев атмосферных явлений.

Описанный выше подход и вывод экспоненциальной формулы справедлив не только для коэффициента поглощения, но и для коэффициентов отражения и преломления световых волн в атмосфере. На стадии разработки

инженерной модели подходы к усреднению оптических характеристик и созданию таблицы справедливы, практически, и для всех оптических характеристик атмосферы.

Аналогичная математическая зависимость в инженерном варианте будет и для коэффициента преломления светового сигнала. Для этого коэффициента формула будет иметь вид:

$$n_{\text{преломл}} = n_{\text{пр.0}} - e^{k_{\text{пр}}H}, \quad (11)$$

где $n_{\text{преломл}}$ – коэффициент преломления; $n_{\text{пр.0}}$ – коэффициент преломления на уровне Земли; $k_{\text{пр}}$ – аналогичный предыдущему суммарный коэффициент преломления, несущий в себе основную трудность проблемы; H – высота подъема над поверхностью Земли.

Представленная математическая зависимость коэффициента преломления в функции зависимости этого коэффициента от высоты подъема позволяет достаточно легко получить оценку для величины «угла отсечки», того угла, после которого отраженный сигнал не дойдет до приемника из-за полного внутреннего отражения в приземном слое атмосферы. Это особый возможный случай, названный так авторами, когда по объективным природным причинам отраженный от цели сигнал не достигнет приемника излучения и цель, тем самым, окажется вне зоны воздействия, вне зоны поражения. В самом деле, в законе преломления

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (12)$$

в случае полного внутреннего отражения $\sin \alpha_2 = 1$, а n_2 и n_1 в соответствии с формулой (11) даст выражение $e^{(k_{\text{пр}} - k_{\text{пр.0}})H}$ и, в итоге, получим формулу

$$\sin \alpha_1 = e^{(n_{\text{пр}} - n_{\text{пр.0}})H} \quad (13)$$

В формуле (13) можно правую часть разложить в ряд и получим удобную для оценок формулу для $\sin \alpha$ в виде

$$\sin \alpha = 1 - (n_{\text{пр.0}} - n_{\text{пр}})H \quad (14)$$

Из формулы (14) следует, что «угол отсечки» будет равен модулю величины

$$(n_{\text{пр.0}} - n_{\text{пр}})H \quad (15)$$

Практически таким приемом можно проинтегрировать закон преломления и получить элементарную формулу для оценки «угла отсечки». Вся трудность этих оценок будет состоять в правильном и адекватном определении коэффициентов $n_{\text{пр.0}}$ и $n_{\text{пр}}$. А вся диалектика рассуждений об аналогичном коэффициенте для поглощения в атмосфере справедлива и в этом случае.

Усредненный коэффициент и таблица коэффициентов может быть создана по литературным источникам, либо определена экспериментально. Но путь эксперимента долгий, затратный и поэтому ограничимся только созданием коэффициента по литературным источникам.

Кроме того, при разработке инженерной модели расчета необходимо и должны рассматриваться параллельно и возможные пути защиты объектов от возможных воздействий потенциального противника на наши цели.

Из этих возможных путей защиты очевидны два наиболее простых. Это «угол отсечки» и «воздушное водяное одеяло», что, скажем, для локационной станции для радиодиапазона не страшно, а в видимой части спектра существенно.

Необходимо отметить, что для решения комплексной тактической задачи существенным является и характер отражения сигнала от цели. Крайние полюсные типы отражения от цели – это зеркальное и диффузное отражения. Зеркальное – маловероятно, а диффузное – скорее всего. При диффузном отражении снижение уровня сигнала будет существенным и это тоже нужно учитывать.

Кроме того тактика применения этих методик играет очень большую, если не главную роль. В самом деле, если цель подсвечивается при зенитных углах, то все приведенные рассуждения и зависимости оптических характеристик от высоты подъема от поверхности Земли имеют место быть и оправданы. А если подсветка идет при углах близких к горизонту и отраженный от цели сигнал идет под углом близким к горизонту, то оптические характеристики практически не будут зависеть от высоты, не говоря уже о том, что из-за «угла отсечки» отраженный сигнал может вообще не быть принятым приёмником.

Короче говоря, тактика применения методик является специальной самостоятельной задачей, также как методики защиты цели от оптического излучения и обе эти проблемы связаны с инженерной методикой, но должны быть объектом специального изучения.

Варианты решения этих проблем могут быть очень разнообразны. Рассмотрим наиболее важные и типовые. Облучение лазером возможно со стационарной позиции и в хорошую, ясную погоду дистанции облучения могут составлять десятки и даже сотни километров. Установка должна возвышаться над горизонтом значительно и этого можно добиться либо размещая установки на горе, либо создавая специальную ферму, либо использовать какие-то локационные маяки, мачты и т.п. Для этих целей возможно и использование аэростата, и воздушного шара с лазером подсветки на борту.

Возможна другая схема подсветки, когда излучатель находится на самолете или другом летательном аппарате и отраженный лазерный сигнал попадает на приемник и снаряд или ракета по этому сигналу идет к цели.

Тактически и в этом случае есть разные варианты – подсветка в зенитном, вертикальном варианте, подсветка в горизонтальном варианте и промежуточный вариант условно под углом в 45 градусов к горизонту.

Кроме того, для величины уровня сигнала на приемнике важно знать и потери сигнала на цели. Две крайние возможные характеристики цели – это зеркальная цель и диффузная. Зеркальная цель маловероятна и для анализа не интересна, диффузная – вероятнее всего. При диффузной цели сигнал на приемник из-за рассеяния на цели ослабляется либо в 4π раз, либо, в крайне маловероятном случае, в 2π раз и это не считая случая, когда сигнал ослабляется еще более значительно из-за специального поглощающего покрытия цели для предотвращения возможности ее облучения лазером.

В рассматриваемой инженерной модели разумно провести проверочные расчеты «угла отсечки» и уровней сигналов на выходе после облучения условной цели.

Необходимо отметить, что в литературе очень противоречивые данные по оптическим характеристикам атмосферы. Это происходит из-за объективной сложности природных явлений, с одной стороны, и отсутствием необходимости эти данные получать в цифровом виде (в виде таблиц и базы данных), с другой стороны. Часто в литературе это представлено в виде графиков, а обработка графических данных менее точна и, тем самым, менее эффективна.

Тем не менее, сделаем цифровой расчет «угла отсечки» на основании данных работ [4,5]. В этом расчете примем за коэффициент преломления коэффициент ослабления, поглощения и обратного рассеяния [4,5]. Расчет будет производиться для $\lambda = 5,3$ мкм – это вторая гармоника гелий-неонового ОКГ с $\lambda = 10,6$ мкм.

По формуле (14) в результате расчета по данным [4,5] получим $\sin \alpha = 0,85$, что означает, что $\alpha \approx 60^\circ$, а, значит, угол отсечки будет $\approx 30^\circ$.

Расчет производился из расчета подсветки с расстояния 5 км от цели.

Оценим и потери излучения ОКГ при сканировании диффузной цели.

Потери излучения на дистанции облучения 5 км и потери в атмосфере отраженного сигнала от цели к приемнику головки самонаведения будут составлять $0,1522 \times 2 = 0,3044$, т.е. $\approx 30\%$ от номинальной, исходной мощности сигнала.

Из предположения диффузного отражения с апертурой $2\pi R^2$ на расстоянии 5 км от цели потери сигнала будут $2 \cdot 3,14 (5 \cdot 10^3)^2 \approx 6,28 \cdot 25 \cdot 10^6 \approx 1,5 \cdot 10^8$, а суммарные потери атмосфера + цель будут $0,3 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \approx 0,5 \cdot 10^8$, т.е. другими словами сигнал будет ослаблен по сравнению с исходным в $0,5 \cdot 10^8$ раз. Поскольку приемники достаточно чувствительны, то это ослабление даст возможность приемнику уверенно зафиксировать сигнал. Для наглядности покажем на рисунке приведенный пример с «углом отсечки».

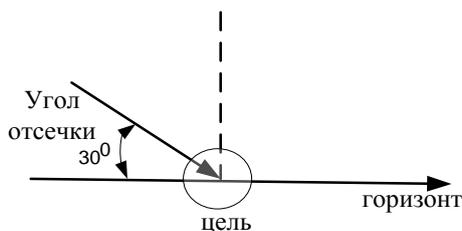


Рис.1

Из рисунка видно, что, если угол наклона излучения подсветки по отношению к горизонту меньше 30° , то такое излучение может не попасть на приемник из-за полного внутреннего отражения.

Предложенная инженерная методика позволяет быстро сделать оценку ситуации, принять необходимые меры безопасности, менять тактику нападения и избежать непредвиденных неожиданностей. Ранее такая методика не предлагалась. Она может быть использована на стадии проектирования, как целей, так и методов их поражения, а также как проверочная для определения результатов, полученных другими способами.

Для наглядности поясним результаты оценки рисунками и рассмотрим возможные случаи.

Возможны два принципиально различных вида полного внутреннего отражения с «углом отсечки»:

1. Объект облучается извне (с самолета, горы, башни, летящего шара и т.п.);
2. Объект облучается с Земли, излучатель работает по объекту и облучение попадает на приемник, стационарно установленный или на движущемся носителе (самолете или ракете).

Принципиальная схема системы подсветки с подсветкой извне приведена на рис.2. Необходимо отметить, что в случае диффузного характера отраженного излучения от цели, а таких целей большинство, из-за полного внутреннего отражения и «угла отсечки» отраженный сигнал будет распространяться в угле 360° по азимуту.

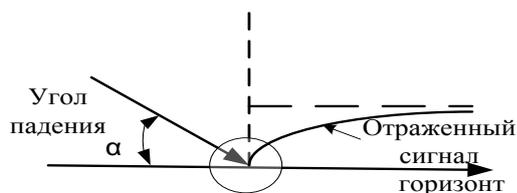


Рис. 2

Во втором случае, т.е. в случае, когда облучение ведется с Земли, из-за перехода излучения из слоев с большим коэффициентом преломления в слои с более низким коэффициентом преломления происходит отклонение луча от первоначального направления. Это может сказаться на снижении вероятности попадания излучения на приемник, тем более что, как правило, апертура приемника узкая, что может существенно сказаться на надежности приема сигнала. Особенно эта опасность велика, когда угол наклона излучения по удаленным объектам не превышает 30° над горизонтом. В этом случае возможен и «угол отсечки», когда на высоте от поверхности Земли излучение пойдет параллельно горизонту и, если приемник будет выше этой высоты, то излучение не достигнет приемника.

И в первом, и во втором случае траектория светового луча будет не прямолинейная, а искривленная, гиперболическая и это искривление будет из-за преломления, а в критических углах может привести к непопаданию излучения на приемник.

Для облучения с Земли схематическая картина будет иметь вид:

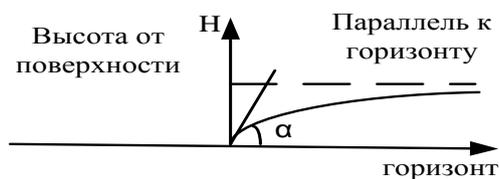


Рис. 3

Интерес представляет вычисление двух параметров – угла α и высоты H . Эти оба параметра критичны, и знание их позволит понять, в каких случаях задача попадания излучения на приемник выполнима, а в каких принципиально невозможна.

Из приведенного выше расчета следует, что угол α может колебаться в интервале $0 < \alpha < 30^\circ$.

При углах α , изменяющихся в диапазоне $0 \leq \alpha \leq 30^\circ$ по отношению к горизонту, сигнал пойдет параллельно горизонту и, если приемник будет выше высоты H , то излучение не попадет в приемник.

Рассмотрим в цифрах возможные случаи и критические величины в таких ситуациях. При угле $\alpha = 30^\circ$ к горизонту и на высоте $H = 1$ км при удалении приемника от излучателя на расстояние 1,7 км излучение будет параллельно горизонту. Это видно из рис. 4.

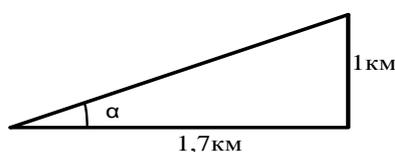


Рис. 4

Отсюда следует, что «угол отсечки» не даст возможности излучению попасть на приемник при нахождении приемника на высотах выше 1 км и дальности более 1,7 км от излучателя.

Приведенные цифровые данные можно считать практическими рекомендациями по использованию их в световой локации, в информационных технологиях, в системах наведения по лучу ОКГ и т.п. применениях.

Суммируя все вышесказанное, авторы отмечают следующие важнейшие результаты предлагаемой инженерной методики:

1. Простота расчетов и численных оценок.
2. Критические случаи с учетом наличия в определенных случаях «угла отсечки».
3. Возможность использования аналитических данных в определении тактики применения оптических квантовых генераторов в рассматриваемой тематике.

Список литературы:

1. Фриш С.Э., Тимофеева А.В. Курс общей физики т. 1, 2: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 457 с.
2. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Основы теоретической атмосферной оптики: учебно-методическое пособие. – СПб.: ПНП «Образование», 2007. – 152 с.
3. Мишин И.В. Исследование оптических характеристик системы земная поверхность-атмосфера методами трехмерного переноса: дисс. ... доктора физмат наук: 01.03.02./ Мишин И.В.; – М.: 1998. – 361 с.
4. Пудовкин О.Л. Дистанционное зондирование Земли из космоса: основы атмосферной оптики. – М.: Магнум ВЕТА, 2013. – 81 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Авраменко Артём Андреевич**, в/ч 25801, заместитель начальника отдела – начальник инженерно-технического отделения, e-mail: techmeyer@mail.ru;
2. **Баблев Сергей Владимирович**, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, преподаватель кафедры; e-mail: bablev@yandex.ru;
3. **Бондарев Алексей Валентинович**, кандидат технических наук, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, преподаватель кафедры, e-mail: bondarev.aspb@mail.ru;
4. **Борисов Алексей Александрович**, кандидат технических наук доцент, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, начальник кафедры, e-mail: emcborisov@mail.ru
5. **Вакуненко Вячеслав Александрович**, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, адъюнкт кафедры фортификации и специальных сооружений, e-mail: vakun@mail.ru.;
6. **Вишнякова Светлана Алексеевна**, доктор педагогических наук профессор, Смольный институт Российской академии образования, профессор кафедры гуманитарно-художественных дисциплин, e-mail: svetavish@mail.ru;
7. **Владимиров Дмитрий Радиевич**, кандидат технических наук, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, старший преподаватель кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: vladimirov-dr@yandex.ru
8. **Гайнуллин Марат Мансурович**, кандидат технических наук доцент, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, заместитель начальника кафедры гидротехнических сооружений, строительных конструкций и механики твердого тела, e-mail: marat-2304@mail.ru;
9. **Галушко Михаил Михайлович**, кандидат технических наук, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, начальник кафедры, e-mail: mig94@mail.ru
10. **Гончаров Павел Сергеевич**, кандидат технических наук; Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, начальник отдела, e-mail: gps-12@mail.ru;
11. **Колесник Иван Владимирович**, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, преподаватель кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: ivanelectric12@gmail.com
12. **Кондратьев Владислав Сергеевич**, кандидат технических наук доцент, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, преподаватель кафедры гидротехнических сооружений, строительных конструкций и механики твердого тела, e-mail: kvs-36@mail.ru;
13. **Короленок Леонид Михайлович**, кандидат технических наук доцент, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, доцент кафедры, e-mail: kopolenok@mail.ru
14. **Моисеев Павел Игоревич**, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, соискатель, e-mail: p-moiseenkov@yandex.ru
15. **Плоцкий Павел Владимирович**, кандидат технических наук, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, старший преподаватель кафедры, e-mail: plozkipw@mail.ru
16. **Смирнов Александр Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева заведующий кафедрой, e-mail: 9614082@gmail.com;
17. **Сухарь Геннадий Анатольевич**, кандидат технических наук, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, доцент кафедры, e-mail: g-suxar@mail.ru;
18. **Фоминич Эдуард Николаевич**, доктор технических наук, профессор, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, профессор кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: efominich@mail.ru
19. **Хромов Вячеслав Васильевич**, кандидат технических наук старший научный сотрудник, научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела. e-mail: Ohromova@mail.ru
20. **Щемелинин Алексей Иванович**, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, И.О. начальника отдела, e-mail: 3lllex@bk.ru