

Борисов Алексей Александрович

канд. техн. наук, начальник кафедры, доцент

Фоминич Эдуард Николаевич

д-р техн. наук, профессор

ФГКВОУ ВО Военный институт (инженерно-технический)

«Военная академия материально-технического обеспечения

им. генерала армии А.В. Хрулева» Минобороны России

г. Санкт-Петербург

**РОЛЬ ВОЕННОГО ИНСТИТУТА (ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО)
В СОЗДАНИИ И РАЗВИТИИ ТЕОРИЙ НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
ВОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

***Аннотация:** интенсивное строительство, развитие и совершенствование объектов военной инфраструктуры, начавшееся во второй половине XX века в связи с созданием и активным развитием ракетно-ядерного оружия и необходимостью защиты от него, а также резко возросшая роль специальных фортификационных сооружений в структуре этих объектов выдвинули в начале 60-х годов на качественно новый уровень проблему надежного снабжения их электроэнергией. Это связано с необходимостью бесперебойного энергетического обеспечения боевой деятельности специальных военных объектов, боеготовности в мирное время и в условиях войны при атаке данных объектов всех современных средств поражения вероятного противника. В статье представлены основные научные результаты Военного института (инженерно-технического) по данной проблеме.*

***Ключевые слова:** система электроснабжения, специальное фортификационное сооружение, ядерный взрыв, сейсмическое воздействие, электромагнитный импульс.*

В пятидесятых годах XX века в военном деле происходит научно-техническая революция, связанная с развитием ракетно-ядерного оружия, что привело к

коренным изменениям в структуре и техническом оснащении войск. В этот период возрастает роль специальных военных объектов (боевых ракетных комплексов, комплексов противовоздушной и противоракетной обороны, высокозащищенных командных пунктов, узлов проводной связи, приемных и передающих радиоцентров, аэродромов, пунктов базирования кораблей ВМФ и др.), возводимых заблаговременно в мирное время методами капитального строительства. Значительно усложнились существующие и появились принципиально новые специальные сооружения, качественно изменились технические системы и оборудование военных объектов. Одновременно существенно ужесточились требования к обустройству и расквартированию войск. Это привело к коренному изменению характера всего строительства в Министерстве обороны (МО), значительно расширились его задачи, увеличились объемы. В свою очередь, интенсификация строительства специальных объектов, их развитие и совершенствование выдвинули на качественно новый уровень проблему надежного снабжения их электроэнергией. Актуальность данной проблемы была обусловлена масштабным насыщением рассматриваемых объектов современными, в то время, системами вооружения и военной техники, техническим и технологическим оборудованием, преимущественно электротехнического и радиоэлектронного типа.

Это привело к необходимости поиска новых принципов и технических решения построения систем электроснабжения (СЭС) объектов военной инфраструктуры, позволяющих повысить их надежности и живучести в режиме боевого дежурства и выполнения боевой задачи.

Первая, «Временная методика количественной оценки надежности и живучести систем электроснабжения специальных объектов КС МО» (ВМ-НЖЭ 66), была разработана уже в 1966 г. Высшее военное инженерно-техническое Краснознаменное училище (ВВИТКУ) (в настоящий момент Военный инженерно-технический институт (ВИ(ИТ)) совместно с Военно-инженерной академией им. В.В. Куйбышева (ВИА). Научными руководителями выступили А.К. Михайлов и Н.В. Новелла. В ее первой части «Методика количественной оценки надежности систем электроснабжения специальных объектов МО», были использованы

разработанные к тому времени аналитические модели надежности сложных систем, адаптированные к специфике систем электроснабжения.

Для реализации теории надежности СЭС объектов военной инфраструктуры в практике была разработана «Временная методика сбора статистических данных по надежности систем электроснабжения специальных объектов МО», на основе, которой были собраны, обработаны, обобщены и систематизированы статистические данные по надежности электрооборудования и сетей СЭС различных объектов, в том числе с учетом специфики и особенностей функционирования СЭС данных объектов. Эти материалы послужили основой «Справочных данных по интенсивности отказов и восстановлений элементов систем электроснабжения», изданных в 1968 г.

Теоретические исследования надежности сопровождались обширными экспериментальными исследованиями надежности, как отдельных элементов, так и систем электроснабжения в целом. Так, на экспериментальной базе проводились испытания надежности полномасштабной модели СЭС, разрабатываемой для объектов ракетных войск стратегического назначения (РВСН). В 1970-м году группа сотрудников ВИ(ИТ) совместно с представителями Харьковского высшего военного командно-инженерного училища ракетных войск участвовала в приемке и Государственных комплексных испытаниях (ГКИ) автоматизированной СЭС боевого ракетного комплекса в одной из дивизий РВСН, при этом специалисты ВИ(ИТ) осуществляли полный инструментальный контроль параметров и режимов работы СЭС в процессе ГКИ. В последующем группа ученых ВИ(ИТ) по заданию заместителя главкома РВСН провела на одном из боевых ракетных комплексов (БРК) уникальный эксперимент по исследованию кратковременных переходных процессов, приводящих к несанкционированному отключению пусковых установок ракет от СЭС. В результате нештатный режим был устранен [1, с. 398–399].

Одновременно с теоретическими и экспериментальными исследованиями надежности СЭС проводилась большая работа по внедрению методов расчета надежности в практику проектирования. В проектных организациях МО были

созданы специальные группы по расчету надежности систем электроснабжения. Специалистами ВИ(ИТ) совместно с проектными организациями был выполнен расчет надежности электроснабжения многих специальных объектов. Особенно большая работа в этом отношении проводилась для объектов РВСН.

Наиболее полно теория надежности СЭС объектов МО и рекомендации по обеспечению надежности СЭС объектов РВСН были разработаны в докторской диссертации А.К. Михайлова, защищенной в 1971 г. В ней, наряду с общими положениями методологии и математического аппарата для оценки надежности СЭС, были разработаны специальные модели надежности резервированных систем с приоритетом основного элемента, систем электроснабжения с резервными электростанциями, аккумуляторных установок и установок гарантированного питания, а также модели оценки влияния устройств релейной защиты и системной автоматики (РЗА) на надежность СЭС.

Опыт применения расчетов надежности в практике проектирования был обобщен и развит в «Методике оценки надежности систем электроснабжения специальных объектов МО на стадии проектирования», изданной в 1973 г. В этой методике, наряду с аналитическими расчетами надежности, для сложных систем использовался логико-статистический метод анализа надежности, базирующийся на алгебре логики и математическом аппарате статистических испытаний (методе Монте-Карло). Методика была реализована в алгоритмах и программах для ЭВМ. Большой вклад в развитие исследований надежности СЭС объектов МО внесли ученики А.К. Михайлова В.П. Емелин, С.М. Кузнецов, А.А. Розен, Б.Г. Толмачев, С.А. Блинов, защитившие кандидатские диссертации по данной проблеме.

В настоящее время учеными института Методика количественной оценки надежности СЭС объектов военной инфраструктуры перерабатывается с учетом современного развития этой теории, возросших возможностей вычислительной техники и накопленного опыта.

Исследования по проблемам живучести систем электроснабжения СФС при воздействии ядерных боеприпасов и боеприпасов обычного снаряжения в

условиях изменения тактико-технических характеристик ядерных и обычных средств поражения проводились в рамках ряда НИР с 1963 по 1999 г. Проблема живучести по существу включает в себя огромный комплекс работ, связанных с оценкой воздействия воздушной ударной волны и сопутствующих ей факторов на внутреннее оборудование СФС через газовоздушные и жидкостные тракты и защитой от этого воздействия, оценкой сейсмоударного воздействия на СФС и внутреннее оборудование и защитой от него, оценкой воздействия ЭМИ на СФС и их технические системы и защитой от него.

В исследованиях проблемы защиты объектов и размещаемого в них оборудования от сейсмоударного воздействия участвовали практически все специальные кафедры и научно-исследовательские лаборатории (НИЛ) института. Ученые строительных кафедр и НИЛ теоретически и экспериментально исследовали параметры движения сооружений и поведение строительных конструкций при сейсмоударном воздействии. Специалисты-гидротехники изучали поведение жидкостей в ёмкостях и прочность их конструкций при динамических перемещениях жидкостей.

Специалисты по техническим системам исследовали сейсмоударостойкость оборудования. В рамках исследования проблем сейсмоударного воздействия ядерных взрывов на оборудование СФС в научно-исследовательских лабораториях была разработана и реализована в металле серия исследовательских и испытательных сейсмоударных стендов, обеспечивающих первоочередные эксперименты по данному направлению.

Специалистами энергетиками было проведено огромное количество стендовых испытаний стойкости энергетического оборудования к сейсмоударному воздействию. Значительная часть электроэнергетического оборудования и целые электроэнергетические системы в комплексе, а также средства их защиты от сейсмоударного воздействия прошли проверку сейсмоударостойкости на натурных испытаниях ядерного оружия при подземных ядерных взрывах и при крупномасштабных взрывах обычных взрывчатых веществ на полигонах Семипалатинска и Байконура. Испытаниям подвергались дизельэлектрические установки,

трансформаторы, распределительные щиты и пульты управления, аккумуляторные установки, светотехническое оборудование, средства автоматизации и другое оборудование.

Военно-научная и инженерно-техническая информация, полученная непосредственно в результате испытаний в Семипалатинске и на Байконуре, способствовала объективному формированию основных принципов и критериев защиты от сейсмовзрывного воздействия. Испытания дали возможность проверить и уточнить как существующие, так и вновь предложенные методы защиты и на этой основе разработать методики расчёта, объёмно-компоновочные и конструктивные решения СФС, их элементов, внутреннего оборудования и систем.

На основе проведенных исследований, комплекса стендовых и натурных испытаний была разработана серия нормативно-методических документов по обеспечению сейсмоударостойкости и защите энергетического оборудования от сейсмовзрывного воздействия.

С начала 70-х гг. на кафедре электроснабжения и в научно-исследовательской лаборатории №3 начались активные исследования по проблеме защиты военных объектов от электромагнитных импульсов ядерных взрывов (ЭМИ ЯВ). Позднее к этой работе подключились представители кафедр вычислительной техники и программирования, электрооборудования, автоматики и телемеханики. В 1975 г. для решения этой проблемы решением правительства СССР была создана научная кооперация – более 20 организаций МО и промышленности, причем ВИ(ИТ) было определено головной организацией по этой проблеме. Решение указанных задач осуществлялось в рамках ряда комплексных НИР, проводившихся с 1975 по 1995 год.

Совместная работа этих организаций на основе общей целевой установки и единого методического подхода позволила сформулировать общую идеологию защиты, создать методы расчета воздействия, разработать и экспериментально проверить методы и аппаратные средства защиты. Весь комплекс исследований был реализован в серии нормативно-методических документов, а также в создании промышленностью аппаратных средств защиты.

Научное руководство исследованиями по данной проблеме осуществлял доктор технических наук профессор А.К. Михайлов. Его заместителем с 1980 года стал доктор технических наук профессор Э.Н. Фоминич (с 1989 г. он возглавил это направление исследований).

Было очевидно, что решение стоящих задач невозможно без экспериментальных исследований. Поэтому уже в 1976 году на полигоне училища началось строительство новой экспериментальной базы в интересах исследований проблемы защиты объектов от поражающего действия ЭМИ ЯВ. На специальной площадке было построено здание с генераторами импульсных токов (ГИТ), и фрагмент системы электроснабжения – от здания была проложена кабельная линия длиной порядка 300 метров и построена трансформаторная подстанция с распределительными устройствами высокого и низкого напряжения. От ГИТ напряжением 5 и 50 кВ на фрагмент СЭС можно было подавать импульсы тока и изучать характер их распространения по системе.

Там же в 1979 г. началось строительство уникального комплекса электромагнитных стендов с не имеющим в нашей стране аналогов генератором импульсных токов общей энергией 10 МДж и генератором импульсных напряжений на 1,6 МВ. Комплекс был принят в опытную эксплуатацию в 1984 г. и окончательно введен в строй в 1986 г. Он позволил создавать мощное электромагнитное воздействие на электрооборудование военных объектов, испытывать методы и средства защиты от этих опасных воздействий.

Теоретические исследования были связаны с разработкой методов расчета воздействия электромагнитного поля, создаваемого ЭМИ ЯВ в грунте, на кабельные коммуникации электроснабжения и связи. Были разработаны теория и методы расчета амплитудно-временных параметров тока и напряжений, генерируемых в цепях внешних кабельных линий.

Результаты комплексных исследований первого этапа были реализованы в серии временных нормативно-методических документов по защите объектов МО от поражающего действия ЭМИ, что обеспечило первоочередные нужды практики проектирования специальных объектов.

Новый этап исследований охватывает период с 1980 по 1989 г. Для него характерно углубление теоретических обоснований, согласование и уточнение методик расчета и расчетных программ для оценки воздействия ЭМИ и выбора средств защиты. Эти работы проводились практически одновременно с переходом на новые, уточненные параметры ЭМИ ЯВ, что создавало для научных организаций некоторые трудности. В результате этой работы были существенно усовершенствованы сами теоретические основы расчета. Наряду с решением нелинейных дифференциальных уравнений взаимодействия ЭМИ с электропроводными объектами во временной постановке, о которых написано выше, были разработаны и спектральные методы, позволившие лучше анализировать некоторые вопросы воздействия ЭМИ [2, с. 245–246].

Особое внимание на этом этапе уделялось вопросам защиты от ЭМИ подземных СФС большой протяженности и глубокого заложения, рассчитываемых, в том числе и на прямой контакт элементов сооружения с ядерным взрывом. Большое внимание в этот период было уделено вопросам воздействия на специальные объекты МО ЭМИ высотного ядерного взрыва, что особенно актуально для незащищенных и слабо защищенных объектов, а также для внешних систем электроснабжения, управления и связи, как военных, так и гражданских объектов.

Наряду с этим велась практическая отработка методов и средств защиты от ЭМИ, создаваемых в промышленности, широкая экспериментальная проверка, как расчетных методик, так и новых средств защиты. Этой работе в значительной мере способствовал ввод в строй уникальной экспериментальной базы в ВИ(ИТ), на которой и проводился основной объем экспериментов.

В качестве аппаратных средств защиты были предложены искровые газонаполненные и вентильные разрядники повышенной пропускной способности, нелинейные ограничители напряжения, комбинированные защитные устройства, сочетающие в себе нелинейные резисторы с мощными полупроводниковыми коммутаторам, а также взрывные коммутаторы для систем электроснабжения и

связи. Было разработано целое семейство защитных трансформаторов с емкостным экраном различной мощности и типа.

Наряду с защитными аппаратами были разработаны так называемые пассивные меры защиты, приводящие к снижению наводимых в коммуникациях электродвижущей силы, напряжений и токов (параллельная прокладка кабелей, прокладка вдоль кабелей защитных тросов, прокладка кабелей в стальных трубах, применение кабелей с лучшими защитными характеристиками, рациональное заземление электрооборудования и др.). Комбинация пассивных мер с аппаратными средствами позволяла решить основные задачи защиты электрооборудования от поражающего действия ЭМИ.

Работа этого этапа завершилась изданием в 1986–1988 гг. новой редакции комплекса нормативно-методических документов по защите СФС от ЭМИ, включавшего в себя «Нормы проектирования комплексной защиты СФС от ЭМИ ЯВ» и большое число руководств и пособий к ним. Эти документы были разработаны с участием практически всех организаций, работающих над данной проблемой, и отражали их общий и согласованный взгляд. Все документы проходили апробацию в практике проектирования, окончательную доработку и утверждались соответствующими инстанциями.

Таким образом, главным итогом второго этапа работы явилось создание надежной нормативно-методической базы и арсенала методов и технических средств защиты СФС от поражающего действия ЭМИ. Теоретические и экспериментальные исследования сочетались с большой практической работой по научному сопровождению проектов. В результате был накоплен значительный опыт по проектированию новых и реконструкции существующих СФС, прежде всего объектов управления, с учетом современных требований по их защите от ЭМИ.

Большой вклад в решение данной проблемы внесли сотрудники ВИ(ИТ) А.К. Михайлов, Э.Н. Фоминич, В.А. Шестоухов, Р.Н. Остафийчук, В.В. Хромов, А.М. Блохин, Н.П. Вишняков, В.Н. Громов, О.И. Громов, А.А. Егоров, Л.П. Животиков, И.И. Жданович, И.М. Касацкий, В.И. Лаппо, В.В. Матвеев, А.В. Муравьев, С.Е. Назаров, Н.А. Остафийчук, С.А. Остапенко, С.Н. Сумской,

А.В. Трубкин, А.Э. Фоминич, Д.А. Дегтярев, А.А. Борисов, А.В. Исаков, А.В. Мельников, Д.Р. Владимиров, а также сотрудники других организаций, работавших в содружестве с институтом.

В 80-х гг. в целях обеспечения защиты технологического оборудования одного из уникальных объектов СПРН от поражающего действия ЭМИ группой специалистов из ряда организаций МО под руководством А.К. Михайлова была выполнена расчетно-экспериментальная проверка экранирующих свойств строительных конструкций, а также работоспособности специального технического оборудования (СТО) при этом воздействии.

По вопросам ЭМС на базе ВИ(ИТ) было проведено девять Всероссийских научно-технических конференций, вызвавших активный интерес научной общественности не только России, но стран СНГ. В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», при активном участии специалистов университета, разработан «Технический регламент по электромагнитной совместимости».

Кроме того, специалистами ВИ(ИТ) совместно с представителями медицинских служб МО проведены натурные обследования электромагнитной обстановки в СФС, разработаны предложения по ее нормализации, а также по вопросам социальной защиты личного состава объектов, работающих в условиях гипогеомагнитного поля в экранированных сооружениях.

Научные исследования в области теории и практики надежности и живучести СЭС СФС, возглавляемые ВИ(ИТ) получили высокую оценку. За разработку теории надежности и живучести СЭС объектов Министерства обороны и ее внедрение в практику проектирования и строительства СЭС ряда уникальных объектов научному руководителю данной проблемы доктору технических наук профессору Михайлову А.К. в 1985 г. была присуждена Государственная премия СССР. В 1988 г. большой группе сотрудников института (Н.П. Ваучский, В.Н. Громов, Л.П. Животиков, А.К. Михайлов, А.В. Муравьев, Э.Н. Фоминич, В.В. Хромов) была присуждена Премия Совета Министров СССР за разработку

научных проблем и внедрение выдающихся достижений науки и техники в области строительства специальных объектов Министерства обороны.

Список литературы

1. Военный инженерно-технический университет (ВИТУ). – СПб., 1999. – 564 с.
2. Военный инженерно-технический университет. 1939–2009. Исторический очерк. – СПб., 2009. – 689 с.