

Содержание журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» №4(14)		Contents of the journal "MILITARY ENGINEER" №4(14)	
Содержание	1	Contents	1
Редакционная коллегия	2	Editorial Board	2
Энергоснабжение, водоснабжение и теплоснабжение объектов военного назначения <i>Павленок А.М., Сербин Ю.В., Цыганков Д.С.</i>	3	Power, water and heat supply of military facilities <i>Pavlenok A.M., Serbin Y.V., Tsygankov D. S.</i>	3
Обоснование способов реновации автономного электроснабжения специальных комплексов <i>Сайданов В.О., Михайлин А.Б., Лафу Ж.Ж.</i>	12	Autonomous power supply of special complexes renovation methods justification <i>Saidanov V.O., Mikhailin A.B., Lafu Y.Y.</i>	12
Критерии качества систем энергоснабжения на основе автоматизированных электростанций с двигателями внутреннего сгорания		Quality criteria of power supply systems based on automated power plants with internal combustion engines	
Исследования и разработки в области эффективности, надежности и боевого использования вооружения и военной техники <i>Бычкова О.С., Гуков Д.В., Иванов С.М.</i>	26	Research and developments in the field of efficiency, reliability and combat use of weapons and military equipment <i>Bychkova O. S., Gukov D. V., Ivankov S. M.</i>	26
Изменение схемы соединения обмоток силового трансформатора в зависимости от нагрузки в целях снижения потерь	26	Changing the windings connection scheme of the power transformer depending on the load in order to reduce losses	26
Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения <i>Архипов В.Л., Пчелкин В.О.</i>	32	Design, construction and reconstruction of military facilities <i>Arhipov V.L., Pchelkin V.O.</i>	32
Онтологические основы канонических (базовых) функций процесса управления в военно-строительном комплексе Министерства обороны РФ <i>Журавлев А.А., Захаров В.П., Третьяков В.А.</i>	32	Ontological bases of canonical (basic) functions of the management process in the Russian Federation Ministry of Defence military construction complex <i>Zhuravlev A.A., Zaharov V.P., Tretyakov V.A.</i>	32
Улучшение защитных характеристик ограждающих конструкций объектов военной инфраструктуры, путём устройства тонкопленочных покрытий содержащих микросферы	39	Improving the protective characteristics of the military infrastructure enclosing structures by the device thin-film coatings containing microspheres	39
Отходы и их переработка. Вторичное сырье. Ресурсосбережение <i>Саркисов С.В., Чистяков А.Э., Мусатов В.И.</i>	49	Waste and recycling. Secondary raw materials. Resource conservation <i>Sarkisov S.V., Chistyakov A.E., Musatov V.I.</i>	49
Дифференцированный подход к компоновке блочно-модульных очистных сооружений на объектах военной инфраструктуры Вооруженных Сил РФ	49	Differentiated approach to the layout of block-modular treatment facilities at the military infrastructure of the Russian Federation Armed Forces	49
Пожарная безопасность на военных объектах <i>Сухарь Г.А., Белов О. Е, Тинин А.Д.</i>	56	Fire safety at military installations <i>Suchar G.A., Belov O. E., Tinin A.D.</i>	56
Обоснование инженерных решений в вопросе бесперебойного электроснабжения панелей противопожарных устройств зданий и сооружений.	56	Justification of engineering solutions in the issue of uninterrupted power supply of buildings and structures fire protection devices panels	56
Сведения об авторах	63	Information about the authors	63

Главный редактор журнала – Головачёв А.В.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

Коновалов Владимир Борисович, доктор экономических наук профессор

Заместитель председателя редакционной коллегии

Булат Роман Евгеньевич, доктор педагогических наук доцент

Члены редакционной коллегии

Аверьянов Владимир Константинович, доктор техн. наук проф., член-корр. РААСН, засл. деят. науки РФ

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

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, засл. работник высш. шк. РФ

Ивахнюк Григорий Константинович, доктор химических наук профессор

Игнатчик Виктор Сергеевич, доктор технических наук профессор

Казаков Юрий Николаевич, доктор технических наук профессор

Курмышов Василий Михайлович, доктор исторических наук доцент

Маляров Валерий Николаевич, доктор исторических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ

Мухин Владимир Иванович, доктор архитектуры профессор, заслуженный архитектор РФ

Пашкин Сергей Борисович, доктор педагогических наук профессор

Пименова Марина Владимировна, доктор филологических наук профессор

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук профессор

Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук доцент

Смирнов Александр Васильевич, доктор технических наук профессор

Таранцев Александр Алексеевич, доктор технических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ

Третьяков Юрий Александрович, доктор военных наук профессор

Фоминич Эдуард Николаевич, доктор технических наук профессор

Фёдоров Александр Борисович, доктор технических наук доцент

Хомич Владимир Михайлович, кандидат технических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ

Чернобай Михаил Петрович, кандидат педагогических наук профессор, засл. работник физич. культуры РФ

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 ассоциаций саморегулируемых организаций в области инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства «Балтийский строительный комплекс» и «Строительный комплекс Ленинградской области».

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).

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

Выпускающий редактор: Головачёв А.В.

Редактор текстов на английском языке:

Матюшин И.А.

Экспертиза текстов статей на объём заимствований: Зотов А.С.

Дизайн обложки: Панасюк В.Н.

Фото на обложке: Калуга Т.П.

Вёрстка: Байдакова Н.В.

Сдано в набор 01.12.2019

Подписано в печать 02.12.2019

Формат бумаги 60 x 90 1/8

Бумага типографская

Печать офсетная

Заказ №16/26/10/2016.

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/military_engineer/

ООО «АЛЬГИЗ», лицензия ПД №2-69-618

Журнал «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» 2019, №4 (№14)

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

УДК 355.713:621.311.1

Павленок А.М., Сербин Ю.В., Цыганков Д.С.

Pavlenok A.M., Serbin Y.V., Tsygankov D. S.

Обоснование способов реновации автономного электроснабжения специальных комплексов
Autonomous power supply of special complexes renovation methods justification

Аннотация:

Проанализированы современные законодательные и технические требования и обоснованы целесообразные способы реновации существующих комплексов инженерных систем и систем автономного электроснабжения специальных комплексов военного назначения на базе устройств силовой преобразовательной техники и адаптивных систем автоматизированного управления, реализующих энергосберегающие алгоритмы.

Abstract:

Analyzed current legislative and technical requirements and justifies existing complexes of engineering systems renovation appropriate ways and power systems special systems for military use for devices of power Converter technology and adaptive automatic control systems, implementing energy saving algorithms.

Ключевые слова: *система автономного электроснабжения, энергетическая безопасность, энергосбережение в электроустановках, адаптивное интеллектуальное управление.*

Keywords: *Autonomous power supply system, energy security, energy saving in electrical installations, adaptive intelligent control.*

Проводимый в настоящее время в Российской Федерации курс на цифровизацию и интеллектуализацию энергетики, преследующий цели повышения ее эффективности и обеспечение энергетической безопасности России [1], не может не затрагивать такую её важную составляющую как военная энергетика. Военная энергетика – часть энергосистемы государства, обеспечивающая нужды специальных комплексов военного назначения. Обеспечение энергетической безопасности страны, в соответствии с Доктриной обеспечения энергетической безопасности, введенной в действие Указом Президента РФ от 13.05.2019 № 216, «...предусматривается в мирное время, в условиях чрезвычайных ситуаций, в период мобилизации и в военное время» [2]. Одними из наиболее значимых для энергетики РФ на данный момент задачами являются [1, 2]:

- повышение энергоэффективности и снижение энергоемкости экономики России до уровня стран с аналогичными природно-климатическими условиями;
- последовательное ограничение нагрузки топливно-энергетического комплекса (ТЭК) на окружающую среду и климат путем снижения выбросов загрязняющих веществ, сброса загрязненных сточных вод, а также эмиссии парниковых газов, сокращения отходов производства и потребления энергии;
- максимально возможное использование конкурентоспособного отечественного оборудования во всех технологических процессах и проектах, формирование системы перспективных регламентов, стандартов и норм, предусматривающих повышение ответственности за нерациональное и неэффективное расходование энергоресурсов, ликвидацию безучетного пользования энергоресурсами путем полного оснащения приборами учета расхода энергии потребителей, развития автоматизированных систем коммерческого учета электрической и тепловой энергии.

В связи с перечисленными факторами, приоритетными для энергетики Российской Федерации являются энергосберегающие мероприятия, затраты на внедрение которых в нашей стране более чем в два раза экономически выгоднее создания новых энергетических мощностей. За период до 2030 года планируется снижение удельной электроемкости валового внутреннего продукта России - не менее чем в 1,6 раза [1]. При этом предполагается среднее ежегодное снижение удельных потерь и расходов на собственные нужды на предприятиях ТЭК не менее 1% в год по отношению к предыдущему году, что позволит снизить потери в электрических сетях с 13% до 8% от отпуска электроэнергии в сеть.

Военной энергетике в полной мере присущи «болезни» энергосистемы страны, среди которых: высокая степень износа основных фондов энергетических комплексов и объектов; несоответствие технических характеристик установленного оборудования мировому научно-техническому уровню. Одновременно с этим действующими ведомственными нормативными документами Вооруженных Сил РФ первоочередными задачами, решаемыми при создании и эксплуатации технических систем (ТС) специальных комплексов военного назначения (СК) являются задачи: обеспеченности, надежности и живучести ТС, систем внутреннего и автономного электроснабжения (СВнЭ, САЭ), реализация энергосберегающих мероприятий не является первоочередной.

Существенным фактором, влияющим на функционирование объектов военного назначения, является то, что после неоднократного реформирования Энергосистемы Российской Федерации имеет место несоответствие, связанное с возросшими требованиями современной, в том числе военной, техники к качеству электропитания, и тем, что непрерывный процесс генерации, преобразования и распределения электроэнергии реализуется посредством совместно функционирующих электроустановок, находящихся в ведении различных организационно-хозяйственных структур энергетических ведомств, при отсутствии организации, отвечающей в целом

за процесс электроснабжения особо ответственных потребителей (стратегических объектов управления страной и военных объектов) с заданным качеством. Указанное несоответствие усугубляется при электроснабжении удаленных от центров питания объектов с мощными электроприемниками, особенно в ремонтных и аварийных режимах работы Энергосистемы.

Одновременное действие ряда перечисленных выше тенденций, характерных для энергетической системы РФ и учитывающих существенное изменение технического уровня электротехнических изделий, применяемых в составе энергетических объектов Энергосистемы, предприятий промышленности и ЖКХ страны, требует пересмотра подходов к созданию и совершенствованию существующих САЭ СК.

Представляются целесообразными следующие основные пути реновации энергетических объектов военной инфраструктуры.

1. Совершенствование способов, средств и алгоритмов регулирования напряжения в центрах питания, к которым подключены особо ответственные группы потребителей.

Указанные научно обоснованные мероприятия позволят обеспечить снижение потерь электрической энергии в электрических сетях военных объектов, разгрузить питающие и распределительные линии электропередач (ЛЭП) и питающие трансформаторы, повысить устойчивость работы элементов САЭ. Современными средствами регулирования напряжения являются автоматизированные источники реактивной мощности на базе статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности (СТК) с конденсаторными батареями (КБ) и реакторами (см. рис. 1), СТАТКОМОВ и управляемых шунтирующих реакторов с подмагничиванием, обеспечивающие компенсацию потерь напряжения в элементах системы электроснабжения. Дополнительно к таковым следует отнести комплекты оборудования вставок постоянного тока, обеспечивающие гальваническое разделение питающей сети и сетей СВнЭ и САЭ, а также возможность перевода протяжённых питающих линий переменного тока напряжением выше 1000 В на постоянный ток. Подобное инженерное решение позволит более чем в 2 раза повысить пропускную способность ЛЭП при существенном увеличении ее допустимой протяжённости, а также обеспечит возможность «несинхронной» работы энергосистемы и собственных источников СВнЭ и САЭ [3].

2. Применение средств и систем частотного регулирования нагнетателей (насосов, вентиляторов, турбокомпрессоров) на базе полупроводниковых преобразователей частоты (ЧРП) для асинхронного и синхронного электропривода.

Известно, что одним из эффективных способов повышения надежности функционирования ТС являются структурное резервирование и снижение нагрузки на работающие агрегаты. Снижение нагрузки на агрегаты ТС оправдано с точки зрения повышения надежности систем само по себе и

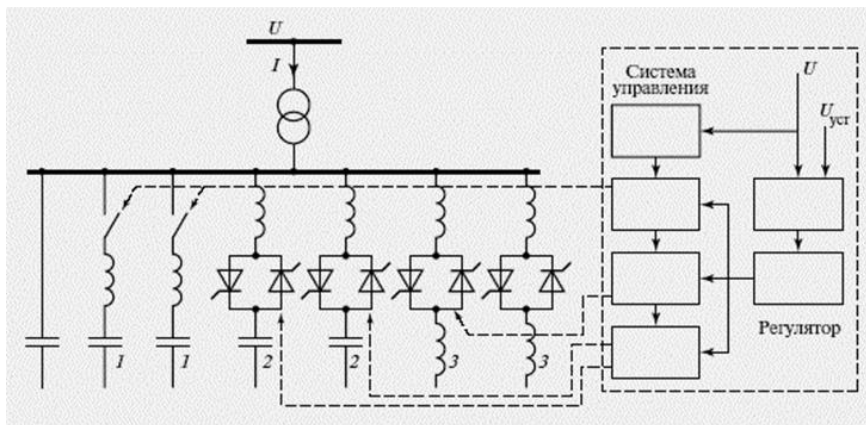


Рисунок 1 – Принципиальная схема комбинированного СТК: 1 - коммутируемая выключателями КБ; 2 – коммутируемая тиристорами КБ; 3 – управляемые тиристорами реакторы.

является следствием изменения нагрузок на ТС современных СК, в том числе при весьма существенном изменении мощности, потребляемой основным оборудованием комплексов, и переводе ряда военных объектов в режим ограниченного функционирования. Особенно важно снижать нагрузку на агрегаты и источники энергии в режимах автономного функционирования сооружений. Подобное позволяет существенно увеличивать продолжительность периода автономной работы объектов при расчетных запасах горюче-смазочных материалов (ГСМ), воды, воздуха.

Использование для целей глубокого регулирования параметров нагнетателей ТС ЧРП безусловно оправдано (см. рис.2) и, кроме того, способствует увеличению эксплуатационной надежности ТС и сооружений в целом: частотные пуск, регулирование и останов нагнетателей существенно снижают вероятность возникновения гидроударов в трубопроводных системах, исключают появление пусковых токов, снижают средние величины нагрузок на источники и элементы САЭ, способствуют увеличению коэффициента мощности энергии, потребляемой частотно-регулируемыми агрегатами (коэффициент мощности ЧРП 0,95 - 0,98, источником реактивной мощности для питающихся от него электродвигателей являются конденсаторы звена постоянного тока преобразователя), что приводит к дополнительному снижению потерь мощности при передаче электроэнергии, ЧРП являются программируемыми средствами, на базе которых возможно построение сложных систем автоматизации.

Одновременно с этим известно [4], что агрегаты целого ряда ТС не нуждаются в частотном регулировании своих параметров, и установка ЧРП приводит в этих случаях лишь к дополнительным потерям электроэнергии в них порядка 3-4%, и наоборот, повсеместное применение частотного регулирования на стадии реконструкции может приводить к таким существенным снижениям нагрузки, которые становятся причиной закоксовывания дизельных двигателей одиночно работающих агрегатов САЭ.

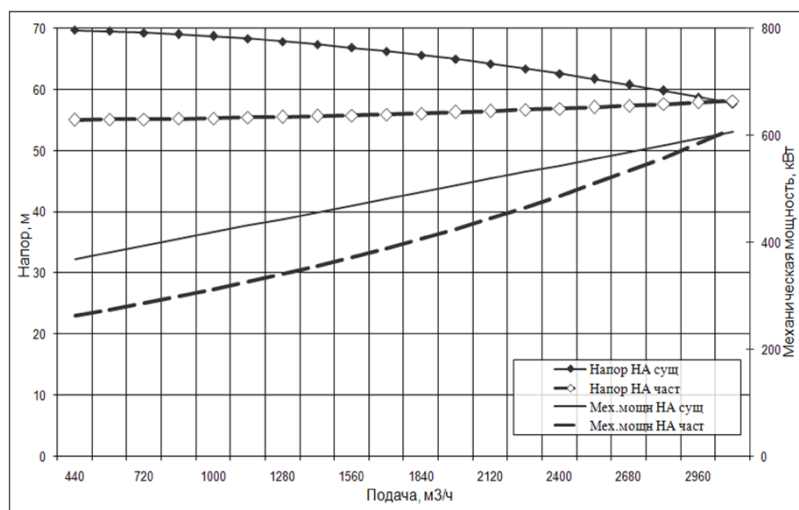


Рисунок 2 - Сравнение характеристик агрегата СЭ 2500-65 при дроссельном и частотном регулировании

Кроме того, при суммарной установленной мощности ЧРП более чем 65% от номинальной мощности питающего трансформатора возникают проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) - искажение формы кривой напряжения в питающей сети становятся недопустимыми (см. рис. 3). Последнее связано с тем, что, например, полупроводниковый преобразователь стандартного исполнения с входным трехфазным выпрямительным мостом потребляет из сети ток с суммарным коэффициентом гармоник по току $THD_I = 24,5\%$ [5]. Проблемы ЭМС особо остро проявляются в случаях питания потребителей объекта от САЭ с источниками ограниченной мощности, и приводят к перегреву трансформаторов, ускоренному старению изоляции кабельных линий и электродвигателей общепромышленного исполнения, сбоям в работе оборудования систем измерения, управления и релейной защиты САЭ, выходу из строя дорогостоящего оборудования с недостаточным уровнем помеховосприимчивости.

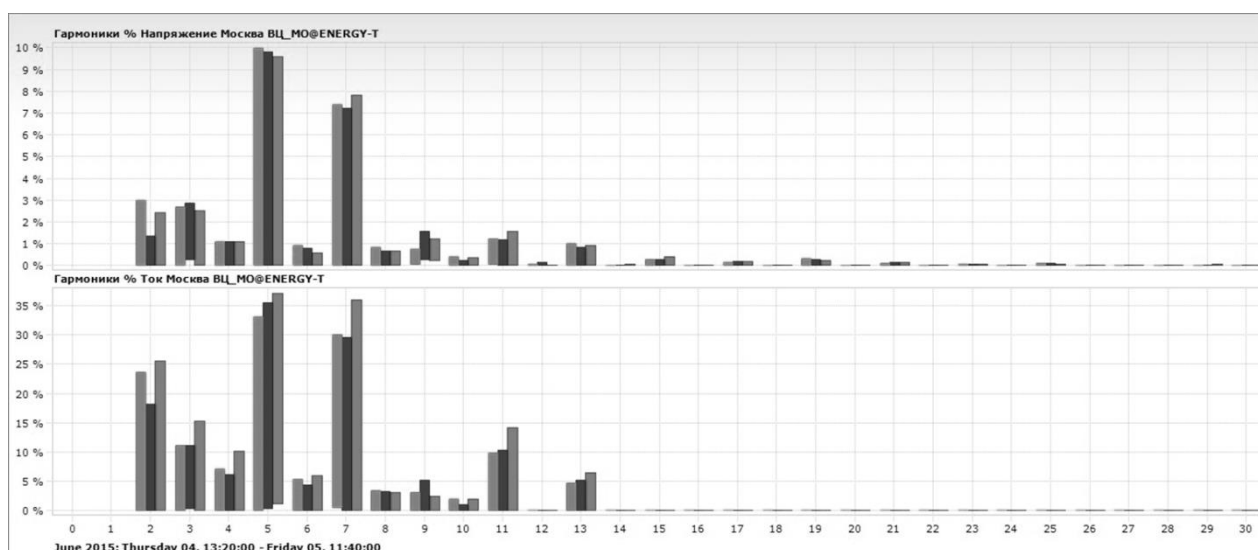


Рисунок 3 - Спектр амплитудных значений гармоник напряжения и тока в процентах от основной гармонике (мощные однофазные ИБП с активными выпрямителями)

Обеспечение необходимого для устойчивого функционирования энергетического оборудования уровня ЭМС принято достигать за счет включения в состав оборудования САЭ фильтро-компенсирующих устройств определённого состава и мощности или универсальных средств компенсации высших гармонических составляющих (ВГС) тока и компенсации реактивной мощности (КРМ) – активных фильтров гармоник [5].

3. Использование устройств стабилизированного питания и систем гарантированного электропитания на базе полупроводниковых средств.

Тенденция увеличения доли технологического оборудования, требующего категорию надежности по электроснабжению 1Б и 1А, при одновременном снижении качества электроэнергии в питающей сети, а также включение в состав электроприемников современных СК мощных вычислителей с удельными плотностями нагрузки 100 кВт на единицу и более, компьютерной и множительной техники, средств автоматики, связи, охранной и пожарной сигнализации, которые могут получать электропитание непосредственно на постоянном токе, хотя и имеют мощные блоки питания (выпрямители) для возможности подключения к сетям переменного тока стандартной частоты, неизбежно приводит к появлению в составе САЭ средств стабилизированного питания, обеспечивающих питание ответственных потребителей электроэнергией требуемого качества при длительных глубоких провалах напряжения и перенапряжениях, при обрывах одной или двух фаз питающего напряжения, а также к широкому внедрению на объектах систем гарантированного электропитания с сетями постоянного тока, обеспечивающих электропитание особо ответственных потребителей при полном прерывании питания от внешней системы электроснабжения. Отдельно необходимо отметить целесообразность применения в составе САЭ аккумулирующих устройств, обеспечивающих бесперебойное питание мощного технологического оборудования при кратковременных прерываниях питания во внешней сети, например, во время срабатывания устройств релейной защиты (РЗ), работы аппаратуры автоматического повторного включения (АПВ) и автоматического включения резерва (АВР) по вводам питания, включая время запуска и подготовки к приему нагрузки автономных резервных источников электроэнергии САЭ [5].

Применение современных систем гарантированного питания позволяет реализовать наивысшую категорию надежности электроснабжения потребителей, обеспечить их электрической энергией с характеристиками лучше, чем в питающей сети, однако недостаточная проработка технического решения на стадии проектирования и некачественная наладка оборудования мощных ИБП с активными выпрямителями может привести к неустойчивой работе системы электропитания, срыву выполнения задачи ответственным оборудованием специального назначения по причине недопустимого роста электромагнитных помех, генерируемых источниками бесперебойного питания в сеть откуда они же получают питание (см. рис.4).

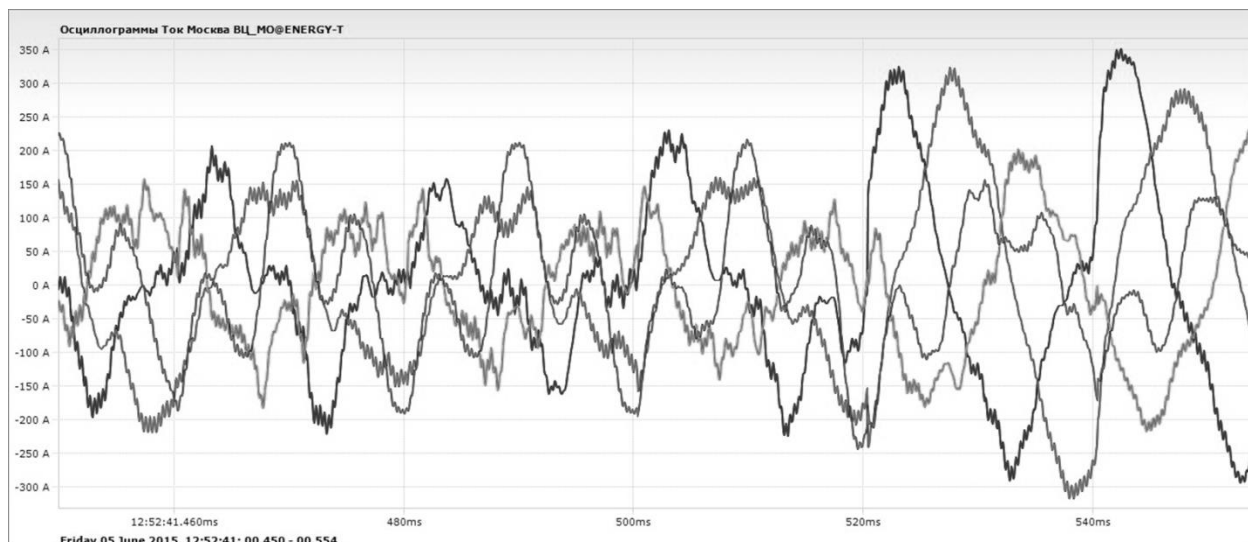


Рисунок 4 - Осциллограмма токов. Наброс нагрузки с 50% на 100% мощности (мощные ИБП с активными выпрямителями)

4. Создание взаимодействующих между собой интеллектуальных автоматизированных систем управления электроснабжением (АСУ Э) и автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) ТС объекта.

Современные интеллектуальные системы управления представляется целесообразным строить на базе цифровой элементной базы, в том числе с использованием цифровых трансформаторов тока и цифровых трансформаторов напряжения в совокупности с адаптивно перенастраиваемыми устройствами релейной защиты и противоаварийной автоматики на уровне объектов, а также средств управления режимами с элементами интеллекта, реализующих оптимальные алгоритмы управления совместно работающим электротехническим оборудованием в масштабе сооружения во всех характерных режимах функционирования ТС и САЭ СК в целом [5].

Внедрению приведенных выше и других новаций на объекты военного назначения должны предшествовать всесторонние испытания серийных образцов техники общепромышленного исполнения, формулирование требований, разработка и испытания оборудования и устройств, соответствующих требованиям, предъявляемым к оборудованию САЭ СК, выполнение комплексных исследований по обоснованию оптимальных структур, типовых технических решений, организации проектирования, монтажа и эксплуатации новой техники, применительно к условиям объектов военного назначения, подготовка и переподготовка специалистов для выполнения перечисленных видов работ.

Одновременно с этим, сами натурные испытания образцов техники и реконструкция должны выполняться в условиях функционирования объектов по назначению с минимальными периодами времени вывода их из режима дежурства на период подключения, отключения оборудования к существующим сетям инженерной инфраструктуры, что предполагает наличие блочно-модульных технических средств, обеспечивающих возможность работы оборудования ТС по ранее принятой схеме и совместно с новым оборудованием. Переходные модули должны обеспечивать изменение

состава работающего оборудования вручную (работающее-новое) и автоматически переводить ТС в безопасное состояние при отказе вновь установленного оборудования.

Фрагмент структурной схемы одного из вариантов решения гибридной САЭ СК приведен на рисунке 5.

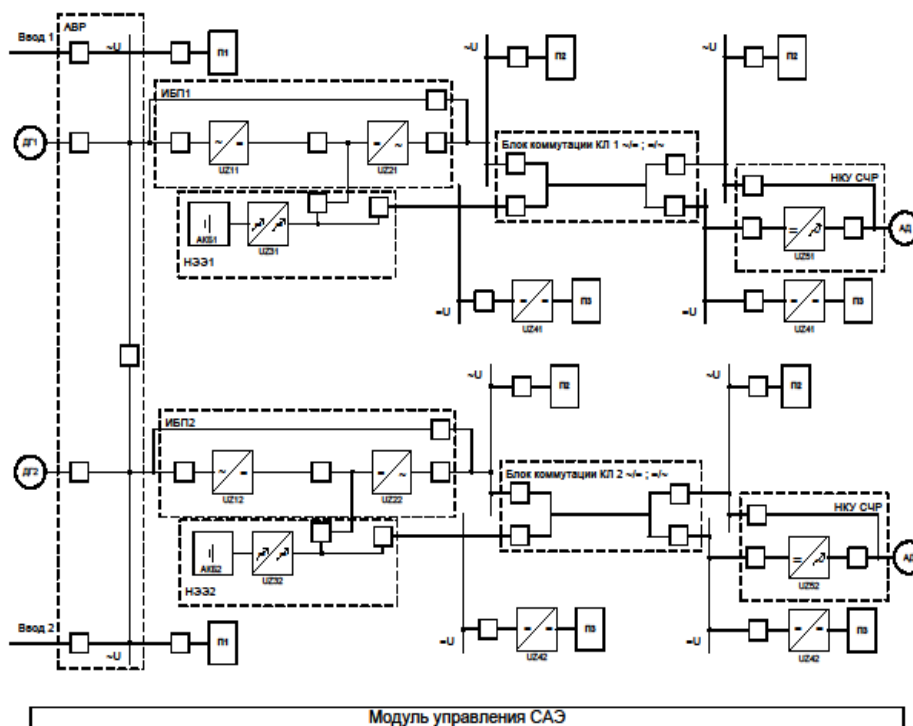


Рисунок 5- Структурная схема гибридной САЭ СК (фрагмент)

В составе структуры предложено применить:

- блок интеллектуального АВР на гибридных коммутационных аппаратах, обеспечивающих максимально быстрое переключение питающих вводов, а также возможность подключения автономных резервных дизель-генераторов (ДГ), что позволит обеспечить питание потребителей категории 1Б и 1В (П1);

- мощные устройства стабилизированного питания ИБП1 (ИБП2), обеспечивающие бесперебойность питания потребителей категории 1А на переменном токе (П2) и на постоянном токе (П3) при глубоких провалах напряжения и перенапряжениях, а также при прекращении питания по одной или двум фазам питающего напряжения без использования внешнего накопителя электрической энергии НЭЭ1 (НЭЭ2) и с использованием указанных накопителей при полном прерывании электропитания или сверхглубоких изменениях параметров электроэнергии в питающей сети;

- блоки коммутации кабельных линий с напряжения переменного тока на напряжение постоянного тока, что позволит использовать существующие ЛЭП для передачи большей мощности с минимальными потерями;

- низковольтные комплектные устройства систем частотного регулирования (НКУ СЧР) на базе инверторов и коммутационной сборки, которые позволят подключать электродвигатели нагнетателей (АД) напрямую к питающей сети переменного тока или посредством инвертора к сетям постоянного тока.

- модуль управления САЭ на базе цифровых средств, включенный в иерархическую структуру систем автоматизации объекта, управляющий всеми перечисленными блоками электротехнического оборудования ТС и САЭ с использованием интеллектуальных алгоритмов управления.

Кафедра «Электроснабжения, электрооборудования и автоматизации» ВИ(ИТ) ВА МТО приступила к выполнению научно-исследовательской работе, направленной на совершенствование схемно-структурных решений комплексов ТС и САЭ СК. Особенностью разрабатываемых решений является, кроме прочего, возможность поэтапного проведения реконструкции при минимизации продолжительности вывода объектов из режима дежурства.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р – М., 2009. – 117 с.

2. Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации. Утверждения Указом Президента Российской Федерации 13.05.2019 № 216. – М., 2019. – 20 с.

3. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов/ Ю.С. Железко. - М.: ЭНАС, 2009. - 456 с.

4. Сербин Ю.В. Проекты систем частотного регулирования для энергетических объектов ЦБП и объектов-аналогов. Автоматизированный электропривод: сборник трудов международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 20-21 мая 2010 года / под ред. Проф. А.Н. Иванова; ГОУВПО СПб ГТУ РП. - СПб., 2010. – С.23-57.

5. Сербин Ю.В. и др. Система интеллектуального управления автономными энергетическими комплексами с возобновляемыми источниками энергии для специальных объектов удаленных районов и Арктической зоны Российской Федерации: отчет о НИР (заключительный): в 9-ти книгах / ОАО «Авангард»; рук. Сербин Ю.В.; исполн.: Качкин А.А. [и др.]. – СПб., 2016. – Инв. № ГГО.008714.

Сайданов В.О., Михайлин А.Б., Лафу Ж.Ж.

Saidanov V.O., Mikhailin A.B., Lafu Y.Y.

**Критерии качества систем энергоснабжения на основе
автоматизированных электростанций с двигателями внутреннего сгорания**
**Quality criteria of power supply systems based on automated power plants with internal combustion
engines**

Аннотация:

В статье рассмотрены проблемы обоснования корректных критериев качества систем электроснабжения и автоматизированных электростанций на базе двигателей внутреннего сгорания с позиций теории эффективности целенаправленных процессов, квалиметрии и практики проектирования.

Показано, что в качестве критериев качества систем электроснабжения и автоматизированных электростанций целесообразно использовать характеристики результативности, ресурсоемкости и оперативности.

Abstract:

The article deals with the problems of the correct power supply systems quality criteria justification and automated power plants based on internal combustion engines from the standpoint of the efficiency of purposeful processes theory, qualimetry and design practice.

It is shown that as criteria for the quality of electricity systems and automated power plants it is advisable to use performance, resource intensity and efficiency.

Ключевые слова: *система электроснабжения, электростанция, двигатель внутреннего сгорания, техническое задание.*

Keywords: *electricity system, power plant, internal combustion engine, technical task.*

Рациональным способом энергоснабжения объектов малой (распределенной) энергетики, в том числе и военной инфраструктуры, является использование стационарных и передвижных автоматизированных электростанций (ЭС) на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1]. ЭС на основе дизельных электроагрегатов (ДЭА) успешно применяются не только для аварийного (резервного) электроснабжения, но и в качестве базовых источников электроэнергии. Каждый из ДЭА, укомплектованный необходимыми обеспечивающими системами, функционально составляет отдельный энергетический модуль ЭС. При этом возможна как параллельная работа автономной

группы энергетических модулей ЭС в локальной сети, так и работа с внешней сетью. Кроме того, возможно исполнение энергетических модулей в виде когенерационных энергоустановок с утилизацией "бросовой" теплоты ДВС, путем дооборудования последних системами комплексной утилизации теплоты (СКУТ) [2].

Очевидными аргументами в пользу выбора ЭС на базе ДВС в качестве источников энергии являются: универсальность их применения по автономности и климатическим условиям; обширная по единичной мощности, типам и опциям номенклатура пакетируемых электроагрегатов; изначальная приспособленность к транспортированию; максимальная заводская готовность ЭС, собираемых из готовых энергетических модулей и минимальный объем строительной подготовки на месте применения. Последнее имеет особое значение при необходимости оперативного решения проблемы энергоснабжения в отдаленных от сетевой и транспортной инфраструктуры районах — типичных для объектов военной инфраструктуры.

Вместе с тем, именно из-за многовариантности используемых электроагрегатов и их опций, специфичности требований к автономности, электросиловому и переключающему оборудованию, противопожарным и другим обеспечивающим системам постоянно расширяется номенклатура произведенного энергетического оборудования. Такое многообразие, объективно обусловленное необходимостью наиболее полного удовлетворения потребностей Заказчика, затрудняет унификацию производимой продукции и порождает свои проблемы.

Одним из направлений разрешения данного противоречия является определение взвешенного компромисса, обеспечивающего, с одной стороны, необходимое потребительское качество ЭС и систем на их основе, а с другой - приемлемую технологичность на основе отработанных в проектировании и производстве решений энергетических модулей.

Понятно, что упомянутый компромисс должен быть в основном определен на этапе формирования технического задания (ТЗ) на систему энергоснабжения (СЭ) в целом или конкретно на ЭС и окончательно достигнут при проектировании СЭ, так как внесение изменений в конструкцию готового модуля не всегда возможно и всегда затратно.

Взвесить упомянутые компромиссные решения невозможно без определенных критериев качества СЭ и ЭС и понятной методики их применения.

В нормативно-технической литературе достаточно полно представлена номенклатура показателей качества, имеющих прямое отношение к данной предметной области. В частности, основной стандарт "Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания" [3] предлагает перечень из 45 позиций. Вместе с тем, в состав только электросиловой части СЭ на основе ЭС с ДВС помимо электроагрегатов входит коммутационная аппаратура, устройства распределения энергии, устройства управления и защиты. "Добавка" номенклатуры показателей, относящихся к этой аппаратуре [4, 5], составляет около 200 показателей.

Значения названных показателей приводятся в технической документации и учитываются при

проектировании как основной аргумент при выборе конкретных комплектующих элементов.

Для примера в таблице 1 приведен перечень тех показателей из упомянутых стандартов, которые называются основными и подлежат обязательному учету.

Таблица 1.

Основные показатели качества функциональных элементов СЭ		
Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания	Устройства комплектные низковольтные	Аппараты электрические высоковольтные
Установившееся отклонение частоты, % Установившееся отклонение напряжения, % Наработка на отказ, ч Назначенный ресурс до капитального ремонта, ч Удельный расход топлива, кг/кВт·ч Удельная масса, кг/кВт	Электродинамическая стойкость, кА Диапазон регулирования, Статическая точность поддержания заданного параметра, % Частота приемистости, Гц Погрешность основного параметра сравнения, % Наработка на отказ, ч Срок службы, лет Удельный показатель номинальной мощности, ВА/дм ³ Удельная масса, кг/ кВт	Номинальный ток, А Максимальное значение аварийного тока цепи, кА Масса, кг Полное время отключения, с Габаритные размеры, мм Коммутационный ресурс, ч Механический ресурс, ч Установленная безотказная наработка, ч

Несмотря на статус "основных", показатели, приведенные в таблице 1, не позволяют непосредственно оценить качество ЭС или СЭ в целом [6-8]. Причина этого состоит в том, что частных характеристик отдельных элементов недостаточно для системной оценки свойств объекта в целом.

Подходящей методологической основой для оценки тех свойств, которые возникают после интеграции элементов в единый комплекс, располагает теория эффективности. В рамках указанной теории качество любой технической системы характеризуется эффективностью процессов ее функционирования. Эффективность как наиболее общее свойство любых целенаправленных процессов (операций) раскрывается через понятие цель операции и объективно выражается степенью достижения этой цели с учетом затрат ресурсов и времени на ее осуществление. Именно результативность, ресурсоемкость и оперативность как фундаментальные операционные свойства являются критериальными и в совокупности используются на практике при оценивании пригодности, превосходства или оптимальности СЭ. Основа методики оценивания эффективности при этом состоит в покомпонентном сопоставлении требуемых и ожидаемых значений показателей целевого результата, а также допустимых и необходимых для этого затрат ресурсов и времени.

Применительно к СЭ на основе ЭС с ДВС существенны три характерных процесса этапа ее жизненного цикла:

- 1 - создание;
- 2 - эксплуатация;
- 3 - перемещение на другой объект или утилизация.

Собственно полезный эффект от СЭ – реализация целевых свойств (генерация электрической энергии или комбинированная выработка электроэнергии и теплоты) происходит в процессе штатной эксплуатации. 1-й и 3-й этапы являются обеспечивающими.

Процесс создания СЭ начинается с формирования ТЗ на проектирование и содержит такие частные подпроцессы, как проектирование СЭ в целом и составляющих ее элементов, закупку и изготовление оборудования, транспортирование готовых модулей, монтаж на месте установки, пусконаладку.

При формировании ТЗ целевой процесс эксплуатации СЭ является прогнозным, поэтому оценка его эффективности неизбежно априорна и содержит элементы неопределенности. Главным источником неопределенности является влияние на эффективность функционирования проектируемой СЭ внешних факторов, к которым относятся: эксплуатационные режимы, качество технического обслуживания, кондиционность расходных материалов, подготовленность персонала, экстремальные внешние условия. Классическое (модельное) исследование эффективности в такой ситуации затруднено из-за отсутствия необходимых данных и дефицита времени на принятие решения. Тем не менее, упомянутая оценка принципиально важна именно на данном этапе (до начала изготовления ЭС и обеспечивающих модулей), так как корректирующие действия при этом наиболее действенны. В такой ситуации проблема неопределенности разрешается путем принятия допущения, состоящего в том, что при применении СЭ все внешние факторы будут находиться в требуемых пределах. При этом фактически происходит замена оценки "классической" эффективности СЭ на оценку ее "потенциальной" эффективности (эффективности в идеальных условиях). В большей степени такая "подмена" правомерна для необслуживаемых элементов автоматики и электросилового оборудования (при внедрении соответствующих защит и блокировок), в меньшей – для электроагрегатов. Поэтому условия эксплуатации электроагрегатов всегда оговариваются.

Практическое значение сделанных выше замечаний и сформулированного допущения состоит, во-первых, в определении условий, на которых системные характеристики свойств СЭ и ЭС могут быть "допущены" в качестве составляющих обобщенной оценки эффективности проектируемых процессов.

Во-вторых, в возможности (хотя бы эвристически) составить список трех групп системных свойств (характеристик) элементов СЭ и ЭС по направлениям их влияния: на целевой результат, затраты ресурсов и затраты времени. Формально строго доказать полноту и достаточность составленных таким образом списков существенных свойств и характеристик не представляется возможным. Тем не менее, это позволяет, по крайней мере, конкретизировать вопросы экспертного опроса, при проведении которого происходит "фильтрация" свойств СЭ и ЭС по признаку существенности их влияния на эффективность характерных процессов. Такая конкретика представляется важной, поскольку многообразие свойств теоретически неограниченно. Действительно, списку из N свойств любого объекта с помощью суффикса "ость" всегда можно

добавить $N + 1$ свойство. То же самое касается и характеристик (показателей). Предлагаемая же простая методика позволяет декомпозировать проблему определения перечня существенных характеристик СЭ на три более простые задачи.

Характеристики результативности (назначения).

Важнейшей системной характеристикой СЭ является главная энергетическая схема. Схема разрабатывается в соответствии с требованиями ПУЭ под заданную мощность потребителей электроэнергии с учетом требуемой категории надежности электроснабжения, режима нейтрали, значений максимальной и минимальной нагрузок, необходимого алгоритма подключения потребителей, требований к учету электроэнергии и мониторингу состояния элементов схемы.

Свои особенности имеют схемы для аварийного, постоянного, резервного или временного электроснабжения потребителей.

Типовые схемы для аварийного электроснабжения показаны на рис. 1.

Первая схема (рис. 1 а) предназначена для гарантированного электроснабжения выделенной группы потребителей. В постоянном режиме электроснабжение осуществляется от шины (секции С1) постоянного (внешнего) электроснабжения, в аварийном - от дизель-генератора ДГ1 ЭС. Автоматический переключатель (АВР) QS1 обеспечивает блокировку (исключение возможности встречного включения ДГ1 на шину внешнего источника), мониторинг напряжений сети и генератора, автоматический запуск и останов электроагрегата с его расхолаживанием. Автоматические выключатели QF1-3 обеспечивают защиту схемы и источников электроснабжения.

Вторая схема (рис. 1 б) предназначена для гарантированного электроснабжения двух групп потребителей, подключенных к шинам гарантированного электроснабжения СН1-2. В постоянном режиме электроснабжение осуществляется в долях (50 на 50 %) от секций С1 и С2 источника внешнего электроснабжения. При "пропадании" напряжения на одной из секций (С1 или С2) секционный переключатель QS4 обеспечивает передачу нагрузки на вторую секцию (схема "крест"). QF1-5 - автоматические выключатели защиты.

При аварии на обеих секциях с помощью АВР (сблокированные переключатели QS1-4) схема обеспечивает электроснабжение от дизель-генератора ДГ1 ЭС.

Третья (каскадная) схема (рис. 1 в) предназначена для гарантированного электроснабжения особой группы потребителей. В постоянном режиме электроснабжение осуществляется от шины (секция С1) постоянного (внешнего) электроснабжения. При аварии С1 обеспечивает переход на электроснабжение от секции С2. При аварии на обеих секциях обеспечивает электроснабжение от дизель-генератора ДГ1 ЭС аналогично первой схеме (рис. 1 а). Схема, в силу структурного резервирования, позволяет обеспечить повышенную категорийность электроснабжения нагрузки при посредственной надежности источников С1 и С2.

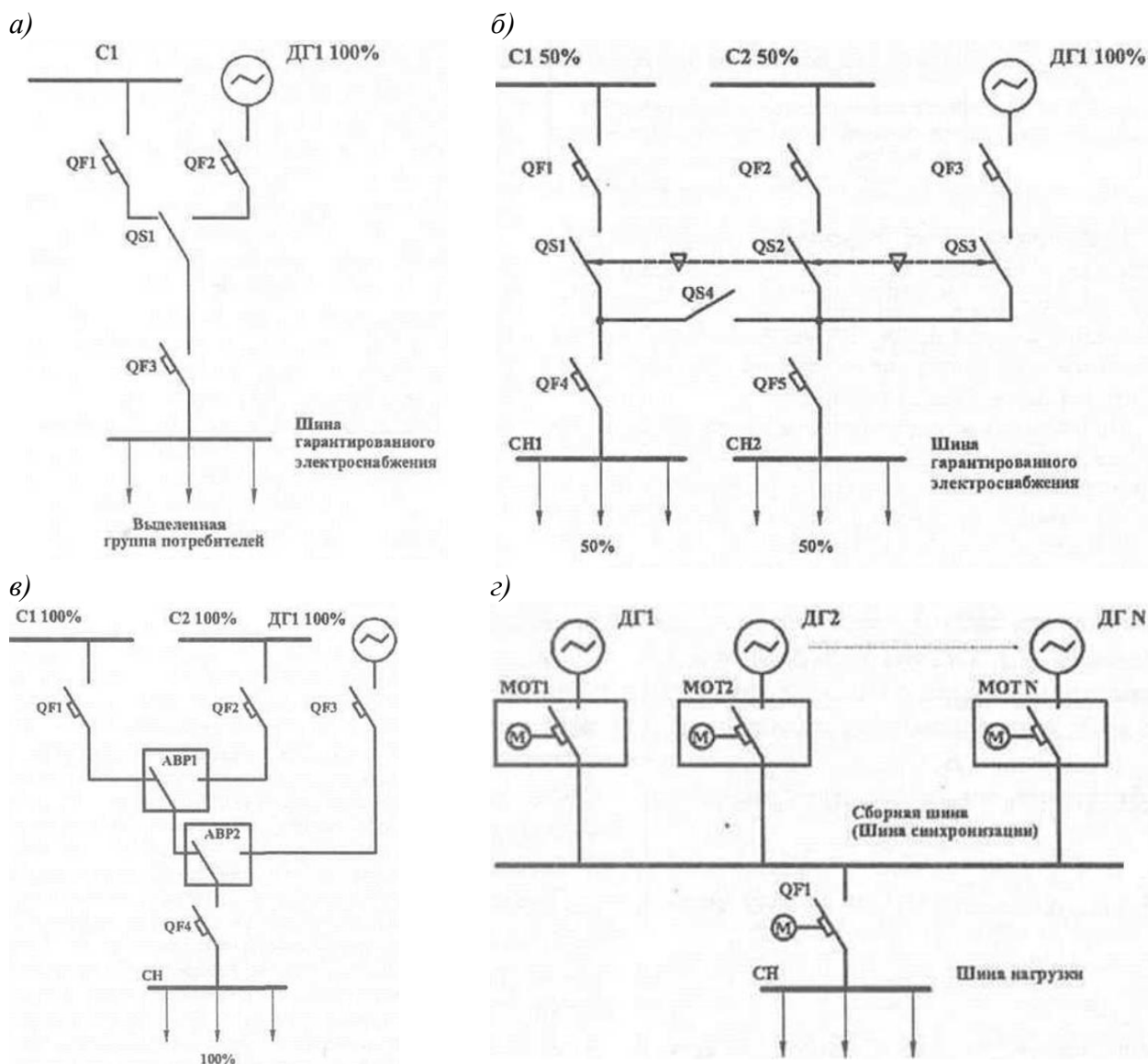


Рис. 1 Типовые схемы для аварийного электроснабжения

Четвертая схема (рис. 1 г) для параллельной работы группы электроагрегатов (дизель-генераторы ДП-N) используется для аварийного электроснабжения мощной нагрузки. Запуск электроагрегатов осуществляется по внешнему сигналу. Подключение агрегатов к сборной шине осуществляется контакторами или автоматическими выключателями с моторным приводом при достижении условий синхронизации. Нагрузка к сборной шине подключается "сборным" автоматическим выключателем QF1 с моторным приводом по сигналу о синхронизации всех электроагрегатов. Последняя схема может быть интегрирована в любую из первых трех схем (рис. 1а-в) при необходимости увеличения мощности.

Основные функциональные элементы, показанные на схемах (рис. 1), размещают внутри ЭС. Тип и мощность ДГ определяют на основе анализа нагрузок потребителя. Особому анализу подлежат нагрузки с "нелинейными" свойствами: тиристорные выпрямители и регуляторы мощности (в том числе и устройства плавного пуска), источники бесперебойного питания, нагрузки с большими

пусковыми токами (двигательные нагрузки). Более высокой нагрузочной способностью при прочих равных условиях обладают атмосферные (безнаддувные) дизели, для которых не характерен недостаток типа "турбоямы". Позитивным в данном случае является повышенный момент инерции сборки: коленчатый вал дизеля - маховик - соединительная муфта - ротор генератора.

Решение проблемы нагрузочной способности за счет выбора переразмеренного ДГ, гарантированно обеспечивающего переходный процесс, имеет существенный недостаток - систематическая недогрузка ДГ снижает его ресурс. Универсальное решение - применение схемы, представленной на рис. 1 г. Такая схема обеспечивает нагрузочную способность за счет суммирования единичной мощности группы электроагрегатов. При снижении активной нагрузки часть электроагрегатов автоматически отключается в соответствии с признаками их приоритета в системе и уставками по минимальной мощности. Изменение системы приоритетов позволяет планировать выработку технического ресурса электроагрегатов.

Компактность компоновки именно аварийных ДГ в СЭ является приоритетным показателем качества СЭ, так как большую часть времени ДГ находятся в "горячем" резерве (дежурный режим с включенными подогревателями охлаждающей жидкости и подзарядом пусковых аккумуляторных батарей).

Рациональным в этом смысле является:

- использование для комплектования ДГ высокооборотных дизелей с высокой удельной мощностью (частота вращения коленчатого вала в номинальном режиме 3000 об/мин) и двухполюсных синхронных генераторов;
- использование дизель-генераторов резервного типа при условии ограничения годовой наработки (500 моточасов);
- комплексирование функций панелей управления ДГ и АВР в одном изделии полностью реализует функции первой схемы (рис. 1а).

Частные показатели схемных решений аварийной СЭ:

- категория надежности электроснабжения (вторая, первая, особая группа первой категории);
- режим нейтрали;
- допустимое время перерыва электроснабжения на переключение, с;
- полная мощность, кВт;
- число электроагрегатов, шт.;
- число энергетических вводов, шт.;
- число секций обеспечиваемой выделенной нагрузки, шт.;
- коэффициент готовности;
- автономность по топливу, ч;
- долговечность, лет.

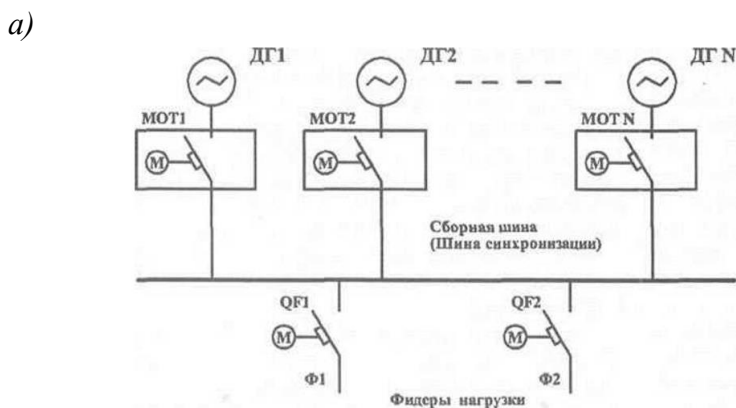
Обобщенная характеристика результативности аварийной СЭ - бинарная. Шкала оценки имеет два пункта: "соответствует требованиям по частным показателям" или "не соответствует".

Типовые схемы для постоянного электроснабжения показаны на рис. 2.

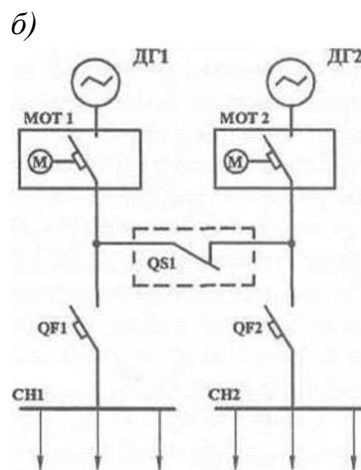
Схема (рис. 2 а) аналогична четвертой схеме, показанной на рис. 1 г. Отличие состоит в фидерах нагрузки $\Phi 1$ и $\Phi 2$, каждый из которых рассчитывается на полный суммарный ток сборной шины. Такое решение позволяет сохранить полное электроснабжение объекта при проведении профилактических работ на кабельных линиях или на вводных секциях распределительного устройства потребителя.

Особенность схемы (рис. 2 б) состоит в сборной шине, которая содержит секционный выключатель $QS1$, позволяющий в аварийном режиме "расчленить" схему на две независимые генерирующие секции. Пунктиром подчеркнуто требование запрещения размыкания $QS1$ в штатном режиме параллельной работы. Это необходимо для исключения встречного включения $ДГ1$ и $ДГ2$ при принудительном включении $QS1$ после его размыкания.

Схема (см. рис. 2 в) с кольцевой сборной шиной, объединяющей три генерирующих модуля. Каждый модуль содержит два электроагрегата: соответственно - $ДГ1$, $ДГ2$; $ДГ3$, $ДГ4$ и $ДГ5$, $ДГ6$. На схеме показано подключение к кольцевой сборной шине двух потребителей, каждый из которых имеет две приемные секции: первый потребитель соответственно $СН1.1$ и $СН1.2$; второй - $СН2.1$ и $СН2.2$. Схема отвечает требованиям первой категории по надежности электроснабжения показанных потребителей, поскольку каждый из них подключен одновременно к двум независимым модулям. Независимость модулей обусловлена возможностью синхронной параллельной работы электроагрегатов при аварийном отключении любого из трех секционных выключателей: $QS1$, $QS2$, $QS3$.



в)



г)

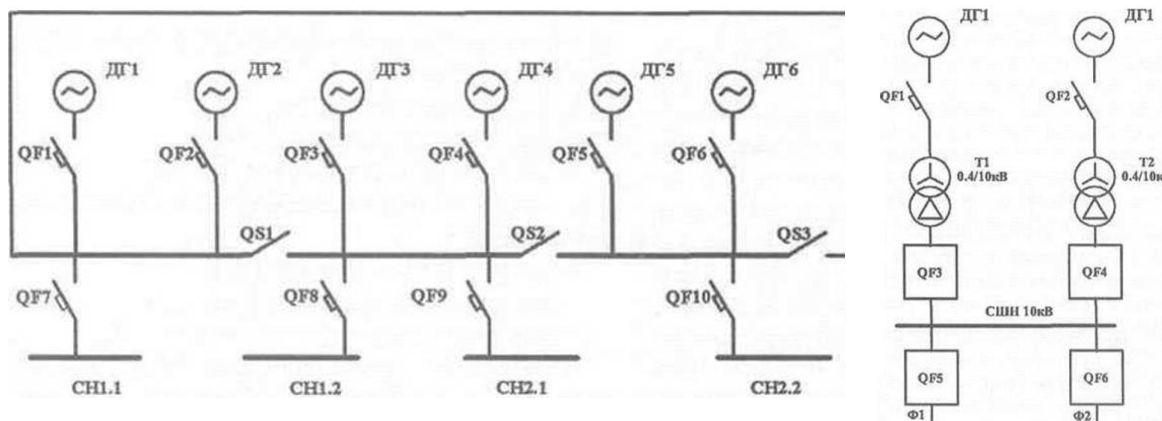


Рис. 2 Типовые схемы для постоянного электроснабжения

На рис. 2 г показан вариант схемы постоянного электроснабжения по типу приведенной на рис. 2 а. Отличие состоит в наличии повышающих трансформаторов Т1, Т2 и высоковольтной сборной шины (10 кВ). Функции выключателей QF1-4 реализованы на высоковольтных ячейках.

Приведенные выше схемы учитывают главную особенность систем постоянного электроснабжения - обеспечение режима рациональной нагрузки электроагрегатов. Оптимальным является режим 70...80 % нагрузки одиночного электроагрегата. При этом обеспечивается минимальное значение показателя удельного расхода топлива и максимальный технический ресурс приводных двигателей. Поэтому типовым решением является обеспечение параллельной работы группы электроагрегатов. Такой режим позволяет осуществлять передачу мощности от одних агрегатов к другим при изменении нагрузки, выключать "лишние" при ее снижении и наоборот - подключать резервные при увеличении. Достаточное число агрегатов позволяет организовать плановое обслуживание с временным выключением из работы отдельных агрегатов и, при необходимости, организацию их восстановительного ремонта. Вместе с тем, наличие избыточных агрегатов снижает коэффициент использования генерирующих мощностей, что ухудшает эффективность СЭ в целом. Минимальное число электроагрегатов в классической системе - 3. При меньшем количестве неизбежен режим снижения мощности СЭ при выводе любого агрегата из системы. Максимальное число агрегатов определяется характером графиков суточной и сезонной нагрузок, а также доступной номенклатурой дизель-генераторов. Условие выбора предполагает исключение длительной работы электроагрегата с нагрузкой менее 30 %. Для параллельной работы предпочтителен выбор электроагрегатов одного типа. В таком случае легче обеспечить качество переходных процессов, а также минимизировать номенклатуру запасных частей и расходных материалов. В крайнем случае (при особо неравномерном графике нагрузок) целесообразно выбирать электроагрегаты двух номиналов мощности, но снабженные двигателями одной серии. В таком случае остается унифицированной, по крайней мере, головка цилиндров и поршневая группа.

Частные показатели схемных решений системы постоянного электроснабжения:

- категория надежности электроснабжения (вторая, первая, особая группа первой категории);
- режим нейтрали;
- схемные и конструктивные решения, позволяющие отключать элементы схемы без полной остановки электростанции (рубильники и выкатные автоматы), ["да", "нет"];
- полная мощность, кВт;
- количество электроагрегатов, шт.;
- степень автоматизации, II, III;
- количество отходящих фидеров, шт.;
- тип счетчиков электрической энергии;
- технический ресурс электроагрегатов, тыс. ч.

Обобщенные показатели результативности системы постоянного электроснабжения:

- себестоимость генерируемой электроэнергии, руб./($\text{кВт} \cdot \text{ч}$);
- коэффициент использования генерирующей мощности (отношение средней мощности к установленной).

Для временного электроснабжения пригодны схемы, показанные на рис. 2 а-г. Простейшим вариантом является схема электроагрегата по 1-й степени автоматизации, применяемая, например, для временного электроснабжения объектов строительства.

Частные показатели те же, что и в предыдущем случае. Категория надежности электроснабжения может быть и третьей.

Прежде чем перейти к схемам для резервного электроснабжения необходимо заметить, что в некоторых ведомственных нормах, например для предприятий связи, в силу особенностей объектов энергоснабжения и сложившейся терминологии понятие "резервный источник электроснабжения" по технической сути отождествляется с аварийным электроснабжением в смысле приведенных выше схем (рис. 1). При этом термин "аварийный источник" не используется. Более того, часто в обиходе используются фразы типа: "...После аварийного отключения сети запускается резервный дизель-генератор...". Обусловленность фразы понятна: до возникновения аварии в сети упомянутый дизель-генератор действительно не работал, был исправен (не находился в состоянии аварии), следовательно, находился в резерве. Вместе с тем, такое чисто терминологическое отождествление порождает на практике некоторые сложности при согласовании энергетических объектов, являющихся по технической сущности "чисто аварийными", но "по инерции" названных резервными. При этом требуются дополнительные письменные разъяснения, несмотря на то, что согласование источников аварийного электроснабжения в органах Ростехнадзора имеет упрощенную процедуру.

В этой связи представляется целесообразным различать соответствующие схемы и источники по признаку режима (алгоритма) включения:

- схема аварийного электроснабжения - автоматически запускает электроагрегат только в

режиме аварии на основной сети. Возможно принудительное (ручное) включение с целью диагностики при проведении технического обслуживания или ремонта. Планировать наработку, как правило, невозможно. Фактическая наработка зависит от случайных факторов и длительности аварий в поддерживаемой сети. Можно оценить лишь наработку при плановом обслуживании;

- схема резервного электроснабжения - предполагает ручной или автоматический запуск электроагрегата при необходимости покрыть дефицит электроэнергии при пиковых нагрузках, плановом отключении или снижении мощности основных источников. Нарботка планируется в зависимости от конкретных условий.

Показанные на рис. 2 схемы с параллельной работой предполагают резервирование электроагрегатов в соответствии с признаками их приоритета по мажоритарной системе. Каждому электроагрегату в такой СЭ при программировании панели управления присваивается определенный признак приоритета - ранг. При этом все агрегаты, ранг которых ниже, чем тот, который назначен для конкретного электроагрегата, являются по отношению к нему резервными.

Характерна схема (рис. 3), на которой показано комплексирование признаков, соответствующих схемам постоянного, аварийного и резервного электроснабжения.

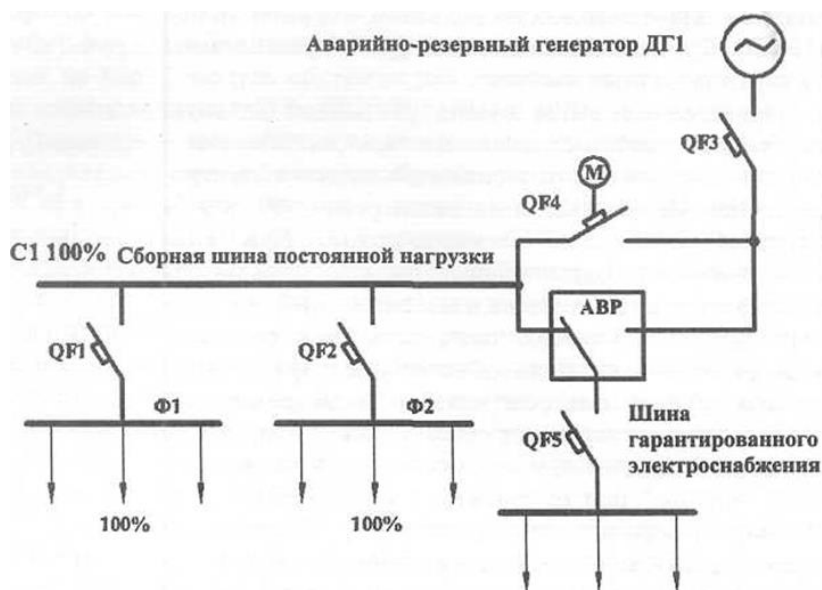


Рис. 3 Универсальная схема системы электроснабжения

Сборная шина C1 на показанной схеме является источником постоянного электроснабжения для фидеров Ф1 и Ф2 (к данной шине подключена группа параллельно работающих газопоршневых электроагрегатов). Первый вход АВР подключен к шине C1, второй - к дизель-генератору ДГ1, который, таким образом, является аварийным источником, обеспечивающим формирование шины гарантированного электроснабжения.

С другой стороны, байпасный автоматический выключатель QF4 с моторным приводом интегрирован в схему между выходом ДГ1 и шиной C1. При этом дизель-генератор ДГ1 может быть

включен принудительно и после выполнения условий синхронизации подключается указанным выключателем к шине постоянного энергоснабжения С1, выполняя, таким образом, функцию резервного источника.

Помимо рассмотренных выше приоритетных системных характеристик энергетических схем, на результат применения СЭ существенно влияют характеристики топливных систем, к частным показателям которых относятся:

- внутренняя гидравлическая (топливная) схема ЭС;
- периферийная топливная система;
- объем расходных баков (линейка унифицированных топливных баков включает баки вместимостью 150, 500, 600, 950, 1000, 3500 и 5000 л);
- технология пополнения и слива топлива;
- схема автоматики топливоснабжения.

Обобщенным показателем является автономность СЭ с ЭС на базе ДВС по топливу [ч, сут].

Характеристики ресурсоемкости.

Схемы, подобные приведенным на рис. 1, 2 и гидравлические топливные схемы являются характеристиками структурно-функционального типа. Их разработка сопровождается компоновкой оборудования внутри энергетических или обеспечивающих модулей ЭС с учетом габаритных размеров, технологических требований к энергетическому оборудованию и обеспечивающим системам, технологичности монтажа и эксплуатационного доступа.

На рис. 4 приведена обобщенная диаграмма, на которой обобщены данные по размещению энергетического оборудования в разработанный ряд унифицированных контейнеров-модулей К25-К98 (в наименовании модулей цифрами обозначена длина контейнеров в дециметрах). Двойная линия обозначает границы компактной (КК) и нормальной (НК) компоновок, обозначение ДТБ - наличие дополнительного топливного бака.

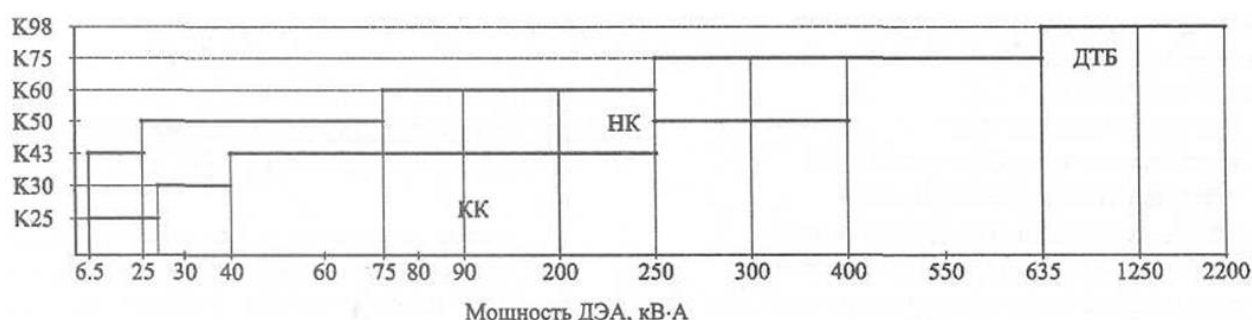


Рис. 4 Обобщенная диаграмма энергетических модулей с ДВС

Проработка схем и компоновка оборудования позволяют составить спецификации оборудования и на этой основе определить стоимость ЭС - основную характеристику ресурсоемкости.

Вторая группа характеристик ресурсоемкости СЭ определяется на этапе детального изучения

условий места предполагаемого размещения ЭС. В результате этого формируется архитектурно-планировочное решение и разрабатывается проект монтажа ЭС.

При этом учитываются:

- удобство транспортирования и монтажа оборудования и технических систем ЭС;
- эксплуатационный доступ к основному и вспомогательному оборудованию ЭС,
- условия охлаждения электроагрегатов, вероятность снежных заносов вентиляционных проемов;
- минимизация длины и условия прокладки кабельных трасс и трубопроводов тепловых сетей, предполагаемое устройство контуров заземления и молниезащиты;
- особенности топливоснабжения, необходимость емкостей аварийного слива топлива, длина и трассировка топливных магистралей;
- противопожарные разрывы;
- экологические условия, в том числе дополнительные требования по акустике и выхлопам;
- особые условия (сейсмичность и защищенность).

При разработке проекта установки возможны уточнения ТЗ на ЭС в части целесообразного размещения кабельных вводов и других элементов конструкции контейнера. В этой связи проектирование установки должно предшествовать формированию ТЗ на ЭС (или, по крайней мере, осуществляться параллельно).

Показателями планировочной ресурсоемкости являются:

- площадь отчуждаемой для СЭ и ЭС территории, м^2 ;
- общая длина кабельных и трубопроводных трасс, м;
- строительный объем зданий и фундаментов, м^3 .

На основании данных показателей и проектных спецификаций определяется стоимость монтажа ЭС и СЭ на их основе.

Характеристики оперативности.

Частные показатели оперативности характеризуют затраты времени на отдельные процессы:

- проектирование и выстраивание кооперации;
- получение комплектующих элементов;
- изготовление технологических монтажных блоков основного и вспомогательного оборудования ЭС;
- сооружение фундаментов и строительной части ЭС;
- транспортирование блоков и оборудования на место монтажа;
- монтаж на объекте и пусконаладку.

Обобщенным показателем является время выполнения всего комплекса работ, сут.

Выводы:

Предлагаемая простая методика позволяет декомпозировать проблему определения перечня существенных характеристик СЭ на три более простые задачи.

В качестве методологической основы для оценки показателей качества систем электроснабжения и электростанций на базе ДВС предложена теория эффективности [9] и опыт ее практического приложения.

Характеристики результативности (назначения) рассмотрены на примерах построения главных энергетических схем СЭ для аварийного, постоянного, резервного или временного электроснабжения потребителей. Характеристики ресурсоемкости позволяют на основе анализа номенклатуры и массо-габаритных характеристик основного и вспомогательного оборудования определить затраты материальных ресурсов и стоимостные показатели СЭ и ЭС. Характеристики оперативности позволяют оценить затраты времени на выполнение всего комплекса работ по созданию СЭ и ЭС на базе ДВС для автономного электроснабжения объектов военной инфраструктуры.

Список литературы:

1. Сайданов В.О., Смолинский С.Н., Булат Р.Е. Концепция децентрализованного энергоснабжения объектов МО РФ и проблемы подготовки военных инженеров-энергетиков // Двигателестроение. – 2015. - № 2(260). – С.28-32.
2. Сайданов В.О., Антипов М.А., Божко В.В. Опыт создания когенерационных энергоустановок на базе отечественных ДВС // Двигателестроение. — 2009. — № 4(238). — С. 11–14.
3. ГОСТ 4.409-85 СПКП. Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Номенклатура показателей.
4. ГОСТ 4.148-85 СПКП. Устройства комплектные низковольтные. Номенклатура показателей.
5. ГОСТ 4.176-85 СПКП. Аппараты электрические высоковольтные. Номенклатура показателей.
6. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
7. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения.
8. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
9. Михайлин А.Б. Критерии качества систем энергоснабжения на основе блочно-контейнерных автоматизированных электростанций. // Научно-технический журнал «Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса» - М., ВНИИОНГ, 2008. - № 6. – с. 34-41.

УДК 355.7:621.314.222

Бычкова О.С., Гуков Д.В., Иванов С.М.

Bychkova O.S., Gukov D.V., Ivankov S.M.

Изменение схемы соединения обмоток силового трансформатора в зависимости от нагрузки в целях снижения потерь

Changing the windings connection scheme of the power transformer depending on the load in order to reduce losses

Аннотация:

В работе предложено снижать намагничивающий ток и магнитные потери в режимах малых нагрузок и холостого хода путем переключения обмоток трансформатора без изменения коэффициента трансформации. В работе была разработана математическая модель для расчёта снижения намагничивающего тока и потерь в стали за счёт переключения обмоток. Расчёты показали, что потери в стали могут быть снижены на 78,5%, при условии работы в режимах холостого хода или малых нагрузок.

Abstract:

It is proposed to reduce the magnetizing current and magnetic losses in low-load and no-load modes by switching the transformer windings without changing the transformation coefficient. A mathematical model was developed to calculate the reduction of magnetizing current and losses in steel due to switching windings. Calculations have shown that losses in steel can be reduced by 78.5%, under the condition of operation in idle or low loads.

Ключевые слова: *режим холостого хода, трансформатор, потери в стали, намагничивающий ток, энергосбережение.*

Keywords: *idle mode, transformer, steel losses, magnetizing current, energy saving.*

Коэффициент полезного действия современных трансформаторов очень велик, и составляет 98-99%, однако при многократной трансформации энергии на пути от источника к потребителю общая мощность трансформаторов в несколько раз превышает генераторную мощность, что приводит к тому, что общие потери энергии в трансформаторах достигают существенных значений.

Например, при установленной трансформаторной мощности по Санкт-Петербургу в 30292 МВА, потери холостого хода трансформаторов достигают 75 МВА (в расчете потери XX 0,25%), по

филиалу Северо-Западный АО «Оборонэнерго» установленная мощность 467,4 МВА - потери холостого хода трансформаторов достигают 1,2 МВА, что в денежном эквиваленте составляет около 30 млн. рублей в год [1].

В целом, потери электроэнергии при передаче и распределении составляют в среднем 12% от потребляемой мощности, однако, потери намагничивания трансформаторов не значительно зависят от фактической нагрузки, а преимущественно зависят от установленной мощности трансформатора.

Потери можно значительно снизить, если изменить схему соединения обмоток трансформатора таким образом, чтобы увеличилось число витков как первичной, так и вторичной обмоток (без изменения коэффициента трансформации). Но это возможно только в случае если трансформатор загружен менее чем на половину своей мощности.

Проанализируем загрузку существующих трансформаторов. Существуют ли такие трансформаторы, которые длительное время недогружены.

При проектировании строительства или реконструкции трансформаторных подстанций, установленная мощность трансформаторов принимается с учетом того, максимально допустимая длительная нагрузка трансформатора не должна превышать $1,05 S_{ном}$ [2] (п. 2.1.20.). Как правило, подстанции строятся двухтрансформаторными [3] (п.6.8), а мощность одного трансформатора выбирается так, чтобы при отключении второго на время ремонта или замены, оставшийся в работе, с учетом допустимой перегрузки обеспечивал питание нагрузки. Таким образом, загрузка трансформатора в нормальном режиме не должна превышать 52,5%.

Существует ряд объектов, где выход на полную мощность предприятия, а, следовательно, полную загрузку трансформаторов составляет незначительный период, по сравнению с полным сроком эксплуатации объекта. Например, новые объекты, где выход на полную мощность рассчитан через 5-10 лет. Объекты, где цикл производства зависит от суточных или сезонных графиков. Горно/рудодобывающие объекты и объекты, связанные с захоронением и утилизацией, где период развития составляет несколько лет, а после нескольких лет активной эксплуатации сменяется периодом затухания объема энергопотребления. Во всех перечисленных случаях, потребляемая мощность в нормальном режиме работы менее 50%.

Дополнительно хочется отметить ряд объектов, где потребление находится на уровне холостого хода. В эту категорию попадают все виды станций – ГЭС, ТЭЦ, АЭС, а так же автономные энергосистемы отдельных предприятий, где напряжение генерации и/или собственных нужд отличается от напряжения региональной сети, для подключения резервного источника используется трансформатор, получающий питание от региональной сетевой компании. Трансформаторы 6-10 кВ, используемые для подключения дугогасящего реактора или резистора заземления нейтрали. Коэффициент спроса вышеуказанных трансформаторов стремится к нулю, так как они, дольше находятся в режиме ожидания или низкого коэффициента спроса, а на полную установленную мощность работают считанные часы в год.

Для всех вышеперечисленных случаев, а это подавляющее большинство, можно использовать специальное исполнение трансформаторов, которое позволит в режиме холостого хода или малой нагрузки снизить потери холостого хода.

Когда речь идет о длительном режиме холостого хода или малых нагрузок, КПД трансформатора существенно падает. Основное направление развития современного трансформаторостроения направленно на экономию материалов при их изготовлении и снижение потерь энергии при их работе в сети.

Граничным условием, при создании технического решения по снижению тока намагничивания рассмотренного в данной работе, является сохранение массо-габаритных размеров трансформатора по сравнению с трансформатором обычного исполнения.

Предлагается, первичную и вторичную обмотки разделить на две секции с равным количеством витков. При малой нагрузке секции первичной и вторичной обмоток для снижения намагничивающего тока соединять последовательно, а при большой нагрузке параллельно, без изменения коэффициента трансформации (рис. 1).

В режиме холостого хода и малых нагрузок секции первичных и вторичных обмоток включаются последовательно, т.е. количество витков каждой обмотки увеличивается в два раза, при этом в 2 раза снижается основной магнитный поток в магнитопроводе, а значит снижается намагничивающий ток и магнитные потери в трансформаторе. Следствием такого перехода является снижение допустимого тока трансформатора, а значит и допустимой мощности.

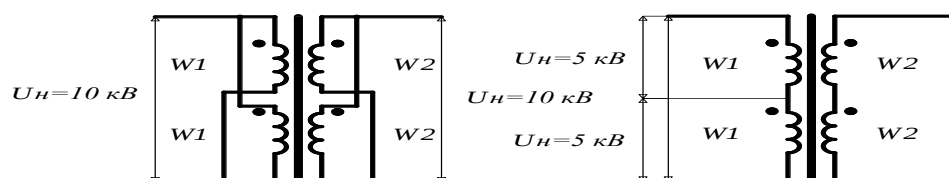


Рис. 1. Последовательно/параллельное переключение обмоток трансформатора

Переключение обмоток с параллельного соединения на последовательное снижает напряжение на секции обмотки ровно в 2 раза. Определим, какое изменение величины намагничивающего тока вызовет это изменение. Рассмотрим конкретный силовой трансформатор ТС-400-10/0,4 У-У со следующими паспортными параметрами [4]:

Мощность трансформатора, кВА	400,00
Номинальное напряжение ВН, кВ	10,00
Номинальное напряжение НН, кВ	0,40
Схема соединения ВН	У
Схема соединения НН	У

Номинальная частота, Гц	50,00
Фазное напряжение ВН, кВ	5,77
Фазное напряжение НН, кВ	0,23
Линейный ток ВН, А	23,09
Линейный ток НН, А	577,37
Фазный ток ВН, А	23,09
Фазный ток НН, А	577,37
Сечение магнитопровода, см.кв.	233,44
Индукция магнитопровода	1,6
Количество витков НН	28
Количество витков ВН	700
Потери ХХ, Вт	985,6
Ток ХХ, А	0,28

Воспользуемся данными опыта холостого хода, предоставленными производителем (рис. 2). Рассмотрим изменение величины намагничивающего тока на вольт-амперной характеристике рассматриваемого трансформатора в режиме ХХ. Будем считать, что в режиме холостого хода напряжение намагничивающей ветви U_μ равно сетевому $U_H = 10 \text{ кВ}$.

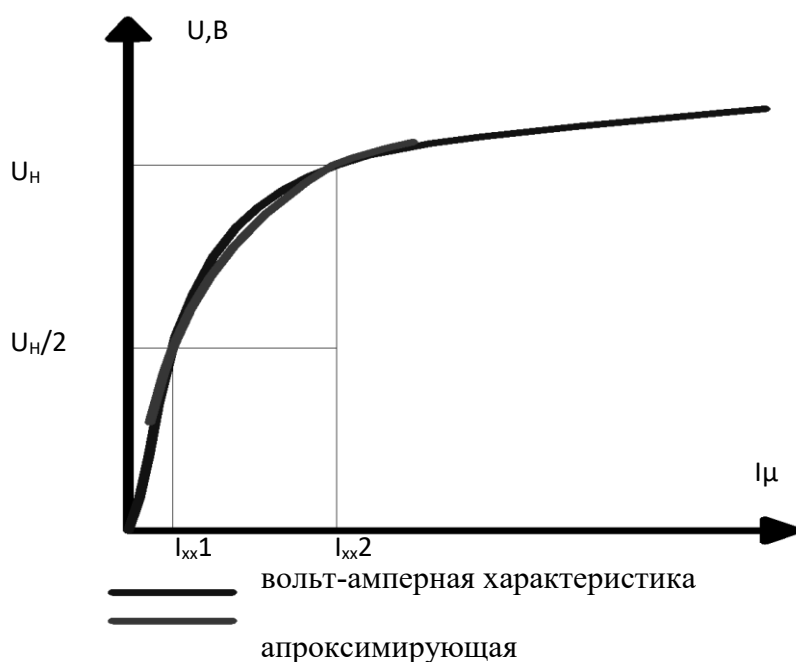


Рис.2 Вольт-амперная характеристика трансформатора

Номинальному первичному напряжению трансформатора $U_H = 10 \text{ кВ}$, соответствует номинальное значение тока холостого хода трансформатора $I_{xx2} = 0,28 \text{ А}$.

При последовательном соединении обмоток напряжение, приложенное к одной обмотке равно $U_H = 5 \text{ кВ}$, тогда по графику значение тока холостого хода составит $I_{xx1} = 0,06 \text{ А}$.

В процентном отношении, снижение тока намагничивания при переключении обмоток трансформатора с параллельного на последовательное соединение в режиме холостого хода и малых нагрузок составляет 78,5%.

Для получения возможности производить расчёты для трансформаторов других типов и работающих с разной степенью насыщения магнитопровода необходимо составить математическую модель намагничивающей ветви. Воспользуемся математическим аппаратом, предложенным в статье [5]. Вольт-амперную характеристику $U_\mu = f(I_\mu)$ аппроксимируем функцией гиперболического синуса по двум полученным точкам. Аппроксимация кривой методом гиперболического синуса осуществляется с использованием формулы

$$I_\mu = \lambda \cdot \sinh(\beta \cdot U_\mu)$$

Где λ и β коэффициенты.

Подставим в уравнение значения известных координат U_μ и разделим одно уравнение на другое

$$A = \frac{\lambda \cdot \sinh(\beta \cdot 10/\sqrt{3})}{\lambda \cdot \sinh(\beta \cdot 5/\sqrt{3})} = \frac{0,28}{0,06} = 4,67$$

Для определения величины коэффициента β зададим произвольные значения β . Полученные значения занесем в таблицу

β	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
A	0,61/0,29	1,43/0,61	2,74/0,98	4,98/1,43	8,94/2	15,96/2,74	28,4/3,7	50,68/4,98
	2,1	2,34	2,79	3,48	4,47	5,82	7,6	10,18

Построим зависимость $A = f(\beta)$, (рис. 3)

Для значения $A = 4,67$ находим по графику значение $\beta = 0,51$

Находим коэффициент λ

$$\lambda = \frac{I_{xx2}}{\sinh(0,51 \cdot U_{\mu 2})} = \frac{I_{xx1}}{\sinh(0,51 \cdot U_{\mu 1})} = \frac{0,06}{\sinh(0,51 \cdot 5/\sqrt{3})} = \frac{0,28}{\sinh(0,51 \cdot 10/\sqrt{3})} = \frac{0,06}{2,06} = \frac{0,28}{9,47} = 0,029 = 0,029$$

Выражение для вольт-амперной характеристики имеет вид

$$I_\mu = 0,029 \cdot \sinh(0,51 \cdot U_\mu)$$

Аналогично, можно аппроксимировать вольтамперную характеристику любого другого трансформатора, подставить фактический уровень напряжения и рассчитать на сколько снизится намагничивающий ток при переключении обмоток с параллельного на последовательное соединение.

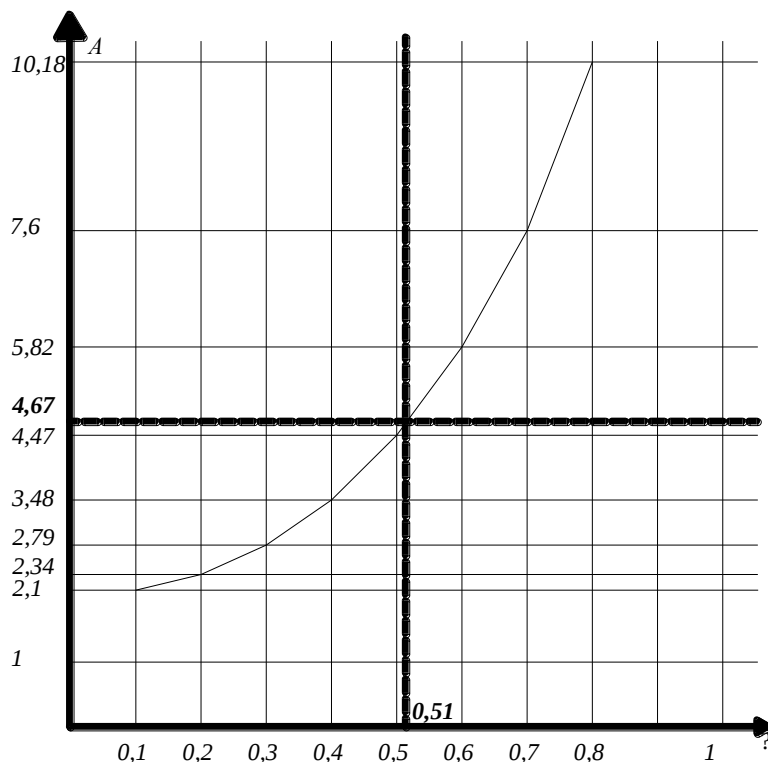


Рис. 3 Зависимость $A = f(\beta)$

Таким образом, предложено решение задачи по снижению намагничивающего тока и магнитных потерь в режимах малых нагрузок и холостого хода, путем переключения обмоток трансформатора без изменения коэффициента трансформации. При этом максимально допустимая мощность трансформатора не снижается, габариты и масса трансформатора по сравнению с трансформатором без переключения не завышены.

Список литературы:

1. Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Санкт-Петербурга на 2018-2022 гг. <http://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/557282308?print=0>. (дата обращения 12.11.2019)
2. Приказ Минэнерго России от 13.01.2003 N 6 (ред. от 13.09.2018) "Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей". http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40861/. (дата обращения 12.11.2019)
3. СТО 56947007-29.240.10.248-2017 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС).
4. ГОСТ 3484.1-88 (СТ СЭВ 1070-78). Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний. - М.: Стандартинформ, 1988.; <http://docs.cntd.ru/document/456089080> (дата обращения 12.11.2019)
5. Гуков Д.В., Загуляев С.Д. Снижение магнитных потерь силового трансформатора с концентрическими обмотками под нагрузкой. СПб: «Военный инженер», 2017, № 4(6).

УДК 355.7: 338.1:658.5: 338.242

Архипов В.Л., Пчелкин В.О.

Arhipov V.L., Pchelkin V.O.

**Онтологические основы канонических (базовых) функций процесса управления в
военно-строительном комплексе Министерства обороны РФ**

**Ontological bases of canonical (basic) functions of the management process in the Russian Federation
Ministry of Defence military construction complex**

Аннотация:

Рассмотрена управленческая деятельность как основа эффективного функционирования военно-строительного комплекса Министерства обороны РФ (ВСК МО РФ). Обоснована объективная необходимость исследования основных функций управления, выявления их сущностной и нормативной оценки. На примере этапов управления построена структурно-логическая последовательность управленческого труда. Универсальные базовые функции управления раскрывают сущность управления, применяются во всех процессах управления объектами (ВСК МО РФ). Представленный авторами состав канонических функций управления учитывает их диалектическое единство, а также единство управляющей и управляемой систем. Управленческая деятельность представлена как повторяющийся единичный эволюционирующий цикл.

Abstract:

Management activity as a basis of effective functioning of military construction complex of the Ministry of defence of the Russian Federation (VSK MO of the Russian Federation) is considered. The objective necessity of research of the basic functions of management, identification of their essential and normative assessment is proved. On the example of management stages the structural and logical sequence of administrative work is constructed. Universal basic management functions reveal the essence of management, are used in all processes of object management (VSK MO of the Russian Federation). The composition of canonical control functions presented by the authors takes into account their dialectical unity, as well as the unity of the controlling and controlled systems. Management activity is presented as a repeating single evolving cycle

Ключевые слова: *управленческая деятельность, функции управления, единичный базовый цикл.*

Key words, *management activity, management functions, single basic cycle.*

Известно, что «управление» - это целесообразный, целенаправленный и планомерный процесс воздействия управляющего субъекта на объект управления (различные явления и процессы) для достижения необходимого результата [1].

Одним из основных направлений научно-технического прогресса является повышение производительности труда. Достижению этой цели способствует непосредственное воздействие на управляемые процессы, что не может не отразиться на принципах и методах и способах управления. В современных условиях функционирования инвестиционного строительного комплекса – сложной организационной иерархической социальной системы (ИСК-СОИСС) [2] растут требования к качеству и научной обоснованности управленческих решений, принимаемых руководителями всех уровней.

Эффективная управленческая деятельность является основополагающим условием успешного функционирования ИСК-СОИСС и как, следствие - объективная необходимость исследования функций управления.

Безусловно, управленческая деятельность это сложное и многообразное социально-экономическое явление, которое обладает набором отличительных свойств, определяющим ее как специфический объект онтологического исследования.

Создатель и Президент Международного университета Попов Г.Х., на наш взгляд, обоснованно отмечал, что содержание управленческого труда заключается в том, чтобы обеспечить общее руководство процессом функционирования и развития системы управления и в том, чтобы выполнить свои функции по отношению к объекту управления – производству [3].

«Управленческая деятельность, содержит в себе предвидение, организацию, распорядительство, координирование и контроль, именно реализация управленческих функций является источником эффективности системы менеджмента», отмечает в своей работе [4] основатель административной (классической) школы управления А. Файоль.

Управленческая деятельность предполагает коллективное (коллегиальное) функционирование органов управления предприятия, определяет необходимость установления процессных связей между ними и работниками, непосредственно занятыми в строительном производстве, а также взаимоотношениями между участниками управления, занятыми в сфере управления под руководством исполнительного органа (уполномоченного Уставом предприятия). В теории управления производством, вопрос о функциях управления раскрывает сущность и содержание управленческой деятельности на всех уровнях управления в ИСК-СОИСС.

Возникновение функций управления – результат дифференциации влияния, распределения и специализации труда в сфере управления.

Управлению характерна своя специфика - функции и задачи, составляющие содержание управленческого труда. Функции и задачи можно представить в виде повторяющихся циклов, состоящих из нескольких этапов.

Первый этап управления – разработка стратегии достижения результата, постановка целей, определение и обоснование путей их достижения.

Второй этап – организация выполнения запланированных целей, разделение на задачи, распределение и доведение обязанностей между непосредственными исполнителями.

Третий этап – организация контроля и учета исполнения поставленных задач, своевременная координация и регулирование хода достижения поставленной цели.

Четвертый этап – учитывая, характерную особенность строительного производства – его цикличность, управленческая деятельность по созданию строительной продукции включает в себя функцию управления - анализ, целесообразность применения которой обусловлена необходимостью учета влияния отрицательных и положительных факторов при достижении целей и задач предыдущих периодов планирования.

Под функциями управления понимают виды деятельности, с помощью которых субъект управления воздействует на объект управления [5]. Любая функция управления содержит в себе процесс сбора, регистрации и обработки информации, преобразование в новый вид информации, выработку управленческого решения, придание ему формы и доведение до ответственного исполнителя. Функции управления являются относительно самостоятельными направлениями деятельности хозяйствующего субъекта, позволяющие осуществить управляющее воздействие на объект управления.

Вопрос о функциях является одним из главных в теории управления строительным производством, поэтому правильный обоснованный подход к расчленению процесса управления на отдельные процедуры-функции должен базироваться на объективных началах [6].

Следует отметить, что в научной литературе по вопросам управления отсутствует единая классификация функций управления. Учёные различают их как общие и частные, тождественные функции получают различные наименования и их количество варьируется от четырех до семи [7]. Отсутствие общепринятой и утвержденной классификации привело к тому, что некоторые функции объединяются в одну - функция «руководство», а в другом случае из основных функций необоснованно вычленивают второстепенные и присваивают им степень «основных». В качестве примера можно привести появление у ряда специалистов функции «мотивация».

Совокупность функций управления, выполняемых органами управления организации, формирует содержание процесса управления. Все основные функции взаимно проникают друг в друга, тесно взаимодействуют между собой во времени и пространстве и образуют комплекс видов управленческой деятельности, осуществляемых субъектом управления при воздействии на объект управления. Технологическая последовательность процесса управления, в которой реализуются основные функции управления, образует цикл управления. Количество циклов при реализации инвестиционно-строительного проекта зависит от метода дифференциации его на стадии реализации

комплексов работ на пространственные модули. Начиная с планирования, в каждом цикле чередуются функции управления.

Авторами работы [8;10;11;12] представлена и обоснована композиционная процессно-результатная схема ИСК-СОИСС, в которой имеющие общую «технологическую» природу процессы – координирующий (консолидирующий), управляющий и исполнительный, отображаются единичным, базовым циклом процесса управления. Определены базовые (канонические) функции управления: Планирование, Организация, Контроль, Учет, Регулирование, Анализ (см. рис.1).

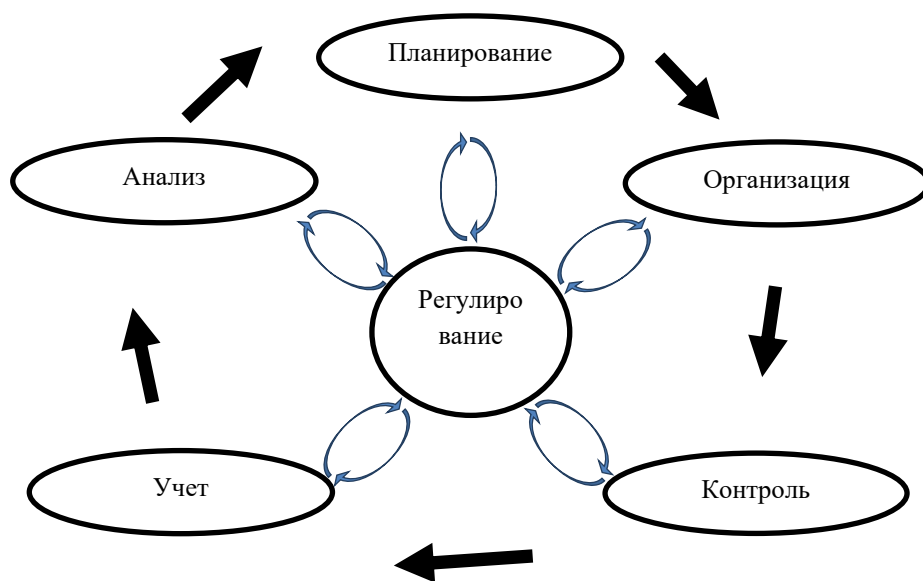


Рис.1 Единичный временной канонический (базовый) цикл процесса управления

Рисунок 1 наглядно отображает принцип «сосредоточения» функций. Единичный базовый цикл характеризует период времени достижения результата (цели, показателей) от «Планирования» до его фактической реализации, отражаемой функцией «Анализ».

Единичный канонический цикл управления можно также представить в символах математической логики в виде «импликации материальной» - ($\subset$) [9].

$$П \subset О \subset К \subset У \subset Р \subset А \quad (1)$$

Планирование (П) – особая форма управленческой и инженерной деятельности по качественным и количественным характеристикам строительного процесса и строительной продукции, содержанием которой является разработка плановых характеристик (показателей, документов) на всех трех уровнях ИСК-СОИСС (координирующий, управляющий, исполнительный).

Организация (О) – комплекс инженерных, технических, организационных, экономических и социальных мероприятий, обеспечивающих взаимодействие в пространстве и во времени предметов и орудий труда, труда (абстрактного и конкретного) работников; основных и оборотных средств при реализации целей и задач, определенных на этапе планирования.

Контроль (К) – случайная, репрезентативная выборочная оценка фактов, результатов и явлений строительного процесса и строительной продукции на их соответствии техническим нормам и планам производственно-хозяйственной деятельности.

Учет (У) – процесс сбора, регистрации и систематизации, обработки и хранения информации в соответствующих учетных документах (оперативных, бухгалтерских, статистических) о количественных и качественных характеристиках фактов и явлений строительного процесса и строительной продукции.

Регулирование (Р) – процесс актуализации функциональных явлений и устранения выявленных дисфункциональных отклонений строительного процесса и строительной продукции от их нормативных и плановых показателей, в том числе внесение изменений в производственный процесс, вызванных конъюнктурой рынка.

Анализ (А) – процесс установления степени достижения поставленных целей и задач, показателей, фактов, явлений строительного процесса и строительной продукции на конкретном временном участке и последующих единичных циклах (БАЛ-ПОКУРА).

Канонический (базисный) единичный цикл функций процесса управления (БАЛ-ПОКУРА), впервые получил нормативную оценку в работе [10] и нормативно оценивался: П – планирование – 0,17; О – организация – 0,17; К – контроль – 0,17; У – учет – 0,17; Р – регулирование – 0,15; А – анализ – 0,17.

$$\text{Итого: } \sum_{i=1}^5 0,17 + 0,15 = 1 - \text{единичный временной цикл процесса управления} \quad (2)$$

Впоследствии, применяя онтологические принципы процессного развития [11, 12] была осуществлена гармонизация «нормативной оценки» (БАЛ-ПОКУРА) = в состав единичного временного цикла была введена функция управления - резерв (внутренняя “норма” надежности запаса времени).

Резерв (Р) - возможность динамической корректировки хозяйственного результата или состояния системы в течение конкретного единичного временного цикла (БАЛ-ПОКУРА).

Нормативно резерв на все функции временного единичного цикла оценивается – БАЛ Р=0,1. Таким образом канонические «базовые» количественные значения в рамках единичного цикла приобрели следующие значения (БАЛ Р- 0,1; П-0,15; О-0,15; К-0,15; У-0,15; Р-0,15; А-0,15) тогда формула временного единичного цикла процесса управления принимает следующий вид:

$$0,1 \subset \sum_{i=1}^6 0,15 = 0,1 + \sum_{i=1}^5 0,15 = 1 \quad (3)$$

Такая постановка «нормативной» оценки более целесообразна по отношению сущности БАЛ-ПОКУРА в его практическом применении в производственно-хозяйственной деятельности (ПХД).

В экономике различают два сущностных понятия резерва:

1. Резервные запасы - времени, сырья, материалов, наличие которых необходимо для непрерывного планомерного развития производства.

2. Резервы - как еще неиспользованные возможности повышения эффективности деятельности, плодотворности труда, улучшения его качественных свойств, показателей, характеристик и т.п.

Резервы государства, ИСК-СОИСС, предприятия – это неиспользованные возможности оптимизации временных затрат, материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Устранение всякого рода потерь и нерациональных затрат – одно из направлений оптимального использования резервов. Другое направление связано с возможностями научно-технического прогресса, как рычага повышения интенсификации и эффективности функционирования ИСК-СОИСС в условиях гражданского оборота РФ.

В заключение следует отметить, что вопрос о функциях является одним из главных в теории управления, поэтому обоснованный подход к разделению процесса управления на отдельные канонические процедуры-функции должен базироваться на объективных сущностных началах (оценках) качественных и количественных (БАЛ ПОКУРА).

В представленной работе при определении состава общих функций управления учтено их диалектическое единство, а также единство управляющей и управляемой систем. Сосредоточение функций управления - разновидность связи иерархической системы.

Представленный состав функций управления обеспечивает эффективность реагирования управляющей системы на любые изменения состояния управляемой системы - ИСК-СОИСС.

Особое значение представленная работа, на наш взгляд, имеет для воссозданного военно-строительного комплекса (ВСК) России, в котором по итогам реорганизации предприятий Федерального агентства специального строительства были созданы восемь военно-строительных ФГУПов и три АО: Главное управление обустройства войск, 31-й Государственный проектный институт специального строительства и 20-й Центральный проектный институт.

Указ Президента РФ № 504 от 18 октября 2019 года о создании специализированной публично-правовой компании (ППК) «Военно-строительная компания» предусматривает, в том числе, осуществление целесообразной организационно-управленческой деятельности подразделениями всех уровней вновь созданной ППК [13]. Согласно мнению авторов статьи, своевременный систематический и обоснованный учет функций управления в своей повседневной управленческой деятельности позволили бы организациям ВСК МО РФ рационально распределить все виды ресурсов, сконцентрироваться на возведении объектов военной и социальной инфраструктуры в нормативные или директивные сроки.

Отраженные в работе канонические (базовые) функции с большой долей вероятности обеспечивают совместимость «элементов» организационных систем по их целевой сущности,

авторами осуществлена увязка взаимодействий канонических (базовых) функций управления с принципами функциональной теории организации [14].

Проведена актуализация функций перечисленных «элементов», обеспечена нейтрализация дисфункций этих «элементов».

Выражена лабилизация функций управления как целостность организационной системы (БАЛ-ПОКУРА). Под целостностью организационной системы понимается тот факт, что совокупность ее свойств (качественных) не равняется сумме свойств (качественных) ее отдельных элементов. Лабильность – способность элементов (их устойчивость) сохранять свои целенаправленные качества при неблагоприятном влиянии внешних и внутренних воздействий на организационную систему в целом.

В дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований по уточнению нормативной оценки каждой из канонических функций управления в деятельности подразделений ППК «Военно-строительный комплекс».

Авторы предполагают, что содержание работы позволит исследователям ИСК-СОИСС, управляющему персоналу и организаторам производства (потребления) ППК «Военно-строительный комплекс», специалистам по качеству «найти» свои направления в созидании по исследуемым «вещам».

Список литературы:

1. Финансовый словарь [Электронный ресурс]
URL: <http://www.bibliotekar.ru/finansovyi-slovar-2/81.htm> (дата обращения: 16.06.19).
2. Архипов В.Л. Особенности процессуально-результатного подхода к функционированию инвестиционного строительного комплекса (ИСК). Сборник научных статей сотрудников университета. Диссертационные исследования адъюнктов и докторантов ВИТУ/ ВИТУ. – СПб. 2009. Вып. 10.
3. Попов Г.Х. Эффективное управление. - М.: 1985.
4. Файоль А., Эмерсон Г., Тейлор Ф., Форд Г. Управление - это наука и искусство. - М.; 1992.
5. Бирюков А.Н., Бабушкин Н.Н., Уськов В.В. Организация, управление и планирование в строительстве: учеб. для вузов. — СПб.: СПбФВАТТ, 2012.-312с.
6. Васильев В.М., Панибратов Ю.П., Лапин Г.Н., Хитров В.А. Управление в строительстве: изд.3-е, перераб. и доп.- М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2005.-271 с.: ил.
7. Основы теории менеджмент: учеб. Пособие / под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. Е.В. Горголы. – Ярославль: ЯГПУ, 2010. – 213 с.
8. Архипов В.Л., Пчелкин В.О. Онтология процессного развития технического и тарифного нормирования в системе ИСК-СОИСС / Журнал «Нормирование оплата труда в

строительстве», 1(187), 2019, с.64-68. // [http://www.panor.ru/magazines/normirovanie-i-oplata-truda-v-stroitelstve/ numbers/449530.html](http://www.panor.ru/magazines/normirovanie-i-oplata-truda-v-stroitelstve/numbers/449530.html)

9. Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник.-М.: Наука, 1976. 534-539 с.
10. Бирюков А.Н., Лобачев В.Б., Архипов В.Л. Квалиметрические аспекты качества строительных процессов и строительной продукции. Сборник научных трудов / ВИТУ. СПб: Стройиздат, 2005г.
11. Бирюков А.Н., Лобачев В.Б., Архипов В.Л. Процессно-результатный подход в условиях эволюционного развития инвестиционного строительного комплекса. / Под ред. д.т.н. профессора Бирюкова А.Н. / ВИТУ. – СПб., 2009. – 230 с.
12. Бирюков А.Н., Лобачев В.Б., Архипов В.Л. Методологические основы принятия решений в сложных организационных иерархических социальных системах (ИСК-СОИСС) / Под ред. д.т.н. профессора Бирюкова А.Н. / ВИТУ. – СПб., 2009. – 230 с.
13. Указ Президента РФ №504 от 18 октября 2019 года [Электронный ресурс]
URL:<http://prezident.org/articles/ukaz-prezidenta-rf-504-ot-18-oktjabrja-2019-goda-18-10-2019.html> (Дата обращения 20.10.2019 года)
14. М.И. Сетров. Основы функциональной теории организации. – Л: Наука. Ленинградское отделение, 1972. - 164 с.

УДК: 355.7:699.86

Журавлев А.А., Захаров В.П., Третьяков В.А.

Zhuravlev A.A., Zaharov V.P., Tretyakov V.A.

Улучшение защитных характеристик ограждающих конструкций объектов военной инфраструктуры, путём устройства тонкопленочных покрытий содержащих микросферы
Improving the protective characteristics of the military infrastructure enclosing structures by the device thin-film coatings containing microspheres

Аннотация:

В статье приведены результаты исследования теплофизических свойств тонкопленочных теплозащитных покрытий, имеющих неоднородную структуру и содержащих микросферы диаметром несколько десятков микрон. Актуальность данной работы обусловлена разноречивыми

данными (в том числе и экспериментальными) по величине теплопроводности таких покрытий. В частности, в них не учитывался процесс отражения теплового (в инфракрасном диапазоне) излучения на микросферах в оптически неоднородной среде.

В настоящей работе была поставлена и решена задача по оценке влияния теплоотражающих свойств оптически неоднородной среды на ее теплозащитные свойства. В качестве объекта исследования были выбраны тонкопленочные покрытия, содержащие различного рода микросферы. На основании анализа существующих теоретических и экспериментальных данных были проведены расчеты, свидетельствующие о необходимости учета теплоотражающих свойств покрытий.

В военной сфере такие покрытия могут использоваться как для маскировки теплового (инфракрасного) излучения объектов военной инфраструктуры, так и для дополнительной тепловой защиты зданий и сооружений в северных регионах.

Abstract: The thermal properties of thin thermal barrier coatings having a heterogeneous structure and containing microspheres of a several tens of microns diameter study results. The relevance of this work is due to contradictory data (including experimental) for the thermal conductivity of these coatings. In particular, they do not include a process of reflection of thermal (infrared) radiation to the microspheres in an optically inhomogeneous medium.

In the present work it was formulated and solved the problem of assessing the impact of heat-reflective optical properties of an inhomogeneous medium to its heat-shielding properties. As the object of study were selected thin-film coatings containing various types of microspheres. Based on the analysis of existing theoretical and experimental data were calculated, indicating the need to consider the properties of heat-reflecting coating.

In the military sphere, such coatings can be used both to mask the thermal (infrared) radiation of military infrastructure, and for additional thermal protection of buildings and structures in the Northern regions

Ключевые слова: тонкопленочные теплозащитные покрытия, микросферы, теплопроводность, отражение теплового (инфракрасного) излучения, теплозащитные свойства.

Keywords: thin heat-shielding coatings, microspheres, thermal conductivity, reflection of thermal (infrared) radiation, heat-shielding properties.

В течение двадцати лет в ряде стран активно ведутся исследования теплофизических свойств

тонкопленочных теплозащитных покрытий (ТПП), представляющих собой компаунд на основе акриловых (или аналогичных) красок с добавлением микросфер (керамических, стеклянных, силиконовых и др.). Покрытия именуются тонкопленочными, так как их слой на поверхности объекта (например, строительной конструкции) составляет от 0,5 до 3 мм. Микросферы имеют размеры в несколько десятков микрон (20-80 мкм) и могут быть как газонаполненными, так и вакуумированными. Структура покрытия показана на рис. 1.

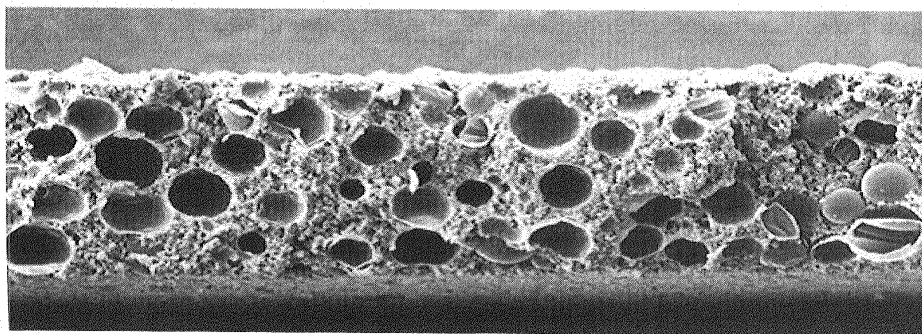


Рис. 1. Микропористая структура тонкопленочного теплозащитного покрытия.

Такие покрытия могут наноситься на наружные поверхности стен или покрытий зданий (в ряде случаев – на внутреннюю поверхность стены или кровли) и выполнять роль дополнительного теплозащитного слоя. Некоторые виды покрытий с микросферами, обладая теплоотражающими свойствами, снижают излучательную способность поверхности, а, следовательно, уменьшают тепловые потери здания через ограждающие конструкции (стены и покрытие) в зимнее время и не пропускают внутрь здания избыточное тепло в жаркий период года.

Покрытия из микросфер и связующего по своей сути являются оптической системой, активно работающей в области теплового (инфракрасного) излучения. При этом излучательная способность поверхности зависит от многих факторов: размеров и концентрации микросфер, оптических свойств связующего, состояния атмосферы в данный период времени и многих других характеристик.

Как известно, при расчетах теплозащиты учитываются 2 вида теплопередачи: конвективный теплообмен и теплопроводность. Первый определяет процессы теплообмена воздушной среды в помещении с внутренней поверхностью стены (или покрытия), а также наружной стены с внешней воздушной средой. Второй вид теплопередачи – теплопроводность играет роль в процессах передачи тепловой энергии внутри ограждающей конструкции (стены или покрытия).

Третий вид теплопередачи – перенос тепла излучением – в расчет не принимается, так как наружные поверхности стен и покрытий эффектом отражения тепловой энергии не обладают.

Следует отметить, что при расчете необходимого уровня теплозащиты тонкопленочные покрытия самостоятельной роли не выполняют, они могут повышать теплозащиту ограждающей конструкции. В этом можно убедиться на примере такого покрытия как Краска теплоотражающая специальная ВД-АК-518. Теплопроводность Краски варьируется в диапазоне 0,2 – 0,6 Вт/(м× °С) в

зависимости от концентрации микросфер в компаунде. Данные о теплозащитных свойствах Краски приведены в табл. 1.

Термическое сопротивление материалов рассчитывается как:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}, \quad (1)$$

где δ_i – толщина i –ого слоя теплозащитного материала, м;

λ_i – теплопроводность материала, Вт/(м* $^\circ\text{C}$).

Таблица 1

Величина термического сопротивления Краски ВД-АК-518

Толщина слоя краски, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Величина R_λ , м ² °C/Вт (при $\lambda = 0,06$ Вт/(м* $^\circ\text{C}$))	0,008	0,017	0,025	0,033	0,042	0,05
Величина R_λ , м ² °C/Вт (при $\lambda = 0,02$ Вт/(м* $^\circ\text{C}$))	0,025	0,05	0,075	0,1	0,125	0,15

Как
показывае
т анализ
таблицы,

Краска не может обеспечить высокой теплозащиты конструкции по теплопроводности, так как ее теплозащитные свойства составляют не более 5% от требуемого термического сопротивления стен здания.

Однако в реальности тепловой поток с наружной поверхности стены в окружающее пространство имеет две составляющие [1, 2]:

- конвективную, обусловленную локальной передачей тепловой энергии с поверхности стены наружному воздуху. Удельный тепловой поток равен:

$$q_{konv} = \alpha_n \cdot (T_{нп} - T_n), \quad (2)$$

где α_n - коэффициент конвективной передачи (теплоотдачи) с поверхности стены; $T_{нп}$ и T_n – соответственно температура наружной поверхности стены и наружного воздуха.

- радиационную, являющуюся результатом дистанционной передачи тепла с поверхности стены окружающим объектам за счёт инфракрасного излучения:

$$q_r = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot (T_{нп}^4 - T_{rz}^4), \quad (3)$$

где ε – излучательная способность поверхности стены, $\sigma_0 = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{K}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана, T_{rz} - эффективная радиационная температура окружающего пространства.

Таким образом, плотность потока тепловых потерь с поверхности стены определяется следующей формулой:

$$q = q_{konv} + q_r = \alpha_n \cdot (T_{нп} - T_n) + \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot (T_{нп}^4 - T_{rz}^4) \quad (4)$$

Здесь основную трудность представляет вычисление температуры T_{rz} , которая во многом определяется радиационной температурой высоких слоёв атмосферы T_r , а та, в свою очередь, зависит от состояния атмосферы (облачность, влажность воздуха, запылённость и т.п.).

В литературе [3] для средних широт приводятся соотношения для определения среднестатистической радиационной температуры высоких слоёв атмосферы:

$$T_r = 0,0552 \cdot T_H^{3/2}. \quad (5)$$

Зависимость радиационной температуры от температуры окружающего воздуха представлена в табл. 2.

Поверхность стены обменивается энергией излучения не только с атмосферой, но и с поверхностью земли и другими объектами, имеющими свою радиационную температуру T_z , которая отличается от температуры атмосферы T_r .

Таблица 2

Зависимость радиационной температуры от температуры окружающего воздуха

T_0, K	253	258	263	268	273	278	283	288	293	298	303
T_r, K	222	229	235	242	249	256	263	270	277	284	291

При этом для отдельно стоящего здания половина радиационной составляющей тепловых потерь приходится на радиационный теплообмен между стеной и атмосферой, а другая – на радиационный теплообмен между стеной и поверхностью земли [4].

$$\begin{aligned} q_r &= 0,5 \cdot \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{нп}}^4 - T_z^4) + 0,5 \cdot \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{нп}}^4 - T_r^4) = \\ &= \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot \left(T_{\text{нп}}^4 - \frac{T_z^4 + T_r^4}{2} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Приравняв правые части (3) и (6) можно получить эффективную радиационную температуру окружающего пространства (атмосферы и поверхности земли):

$$T_{rz}^4 = \frac{T_z^4 - T_r^4}{2} \quad (7)$$

В расчётах рекомендуется принимать, что радиационная температура равняется температуре окружающего воздуха $T_z = T_H$. С учётом последнего и соотношения (5) можно получить выражение для расчёта эффективной радиационной температуры окружающего пространства:

$$T_{rz}^4 = T_H^4 \cdot (0,5 + 4,642 \cdot 10^{-6} \cdot T_H^2). \quad (8)$$

Данная формула используется в методике расчёта сопротивления теплопередаче стены с покрытием «связующее - микросферы».

Следует учесть, что излучательная способность Краски значительно меньше излучательной способности поверхностей строительных материалов ($0,92 \div 0,93$), что приводит к сокращению радиационной составляющей теплопотерь и соответственно, к изменению структуры и уменьшению величины теплового потока с поверхности стены.

Необходимо определить количественное уменьшение тепловых потерь с поверхности стены при изменении излучательной способности наружной поверхности стены. Пусть поверхность стены имеет температуру $T_{\text{нп}}$ и излучательную способность ε_0 . Тогда плотность теплового потока в соответствии с формулой (4) определяется соотношением:

$$q_0 = \alpha_{\text{н}} \cdot (T_{\text{нп}} - T_{\text{н}}) + \varepsilon_0 \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{нп}}^4 - T_{\text{rz}}^4) \quad (9)$$

После нанесения Краски, содержащей микросферы, с излучательной способностью $\varepsilon_{\text{к}}$ при прочих равных условиях плотность теплового потока с поверхности стены становится равной:

$$q_{\text{к}} = \alpha_{\text{н}} \cdot (T_{\text{нп}} - T_{\text{н}}) + \varepsilon_{\text{к}} \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{нп}}^4 - T_{\text{rz}}^4) \quad (10)$$

Относительная величина энергосберегающего эффекта определяется как:

$$E = \frac{q_0 - q_{\text{к}}}{q_0} \quad (11)$$

Если принять в качестве граничного условия на поверхности теплозащиты $T_{\text{нп}} = T_{\text{н}}$, то расчетная формула сводится к сравнению излучательных способностей поверхности ограждающей конструкции без Краски и поверхности с наружным слоем Краски:

$$E = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\text{к}}}{\varepsilon_0} \quad (12)$$

Учитывая излучательную способность ($\varepsilon_{\text{к}} = 0,75$) Краски [5] с концентрацией микросфер около $1 \div 3$ % получим:

$$E = \frac{0,93 - 0,75}{0,93} \approx 0,19.$$

Таким образом, применение Краски с теплоотражающими микросферами может дать теплосберегающий эффект около 20%.

Следует учитывать, что эффективность Краски по снижению процесса теплопередачи будет еще выше, так как необходимо будет учесть термическое сопротивление Краски R_{λ} (см. табл.1).

На основании построенной математической модели и анализа экспериментальных данных в работе [6] приводятся значения эффективной степени черноты теплоотражающего покрытия с микросферами, которые могут достигать величин: 0,4, а в ряде случаев (облачного неба) 0,3. В этом случае эффективность теплозащиты ограждающих конструкций возрастает до $30 \div 35$ %.

В отдельных случаях нанесение теплоотражающего покрытия на наружную поверхность стены или покрытия здания становится невозможным: к примеру, при использовании в качестве облицовки стен здания керамического облицовочного кирпича или применении вентилируемого фасада. Повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций может потребоваться из-за расчетных ошибок проектировщиков, несоответствия фактических теплозащитных свойств материалов заявленным показателям, изменения теплофизических свойств материалов во время строительства (например, за счет поглощения влаги).

В этих случаях возможно применение ТТП с теплоотражающими свойствами на внутренней поверхности ограждающей конструкции, что также приводит к суммарному повышению энергоэффективности ограждающей конструкции.

В этих условиях в отличие от предыдущей задачи следует рассматривать эффективный коэффициент теплоотдачи не на наружной, а на внутренней поверхности стены, учитывая влияние лучистой составляющей. Поэтому:

$$\alpha_{ef} = \alpha_k + \alpha_r, \quad (13)$$

где α_k и α_r – соответственно конвективная и лучистая составляющие эффективного коэффициента теплоотдачи.

Результирующий удельный тепловой поток равен:

$$q_{res} = q_k + q_r, \quad (14)$$

где q_k и q_r – соответственно конвективная и радиационная составляющие результирующего теплового потока.

Конвективная составляющая вычисляется из:

$$q_k = \alpha_k (T_{\text{в}} - T_{\text{см}}). \quad (15)$$

Лучистую составляющую теплового потока можно определить из:

$$q_r = \varepsilon_r \cdot c_0 \left[\left(\frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{см}}}{100} \right)^4 \right], \quad (16)$$

где ε_r – приведенный коэффициент излучения для условий внутри помещения; c_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный $5,67 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4$; $T_{\text{в}}$ и $T_{\text{см}}$ – температуры внутреннего воздуха и внутренней поверхности стены соответственно, К.

Приведенный коэффициент излучения $\varepsilon_{\text{вн}}$ определяется как [7]:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{\text{в}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{см}}} - 1}. \quad (17)$$

Здесь ε_e и ε_{cm} – коэффициенты излучения внутреннего воздуха и внутренней поверхности стены соответственно. Следует учитывать, что воздух внутри помещения содержит водяные пары и вследствие этого ε_e представляет собой коэффициент излучения водяных паров.

В проведенных экспериментах [7] были установлены коэффициенты излучения тонкопленочного теплоотражающего покрытия ε и приведенный коэффициент излучения $\varepsilon_{вн}$. Погрешность измерений в экспериментальных исследованиях составила от 1,1 до 2,3%. Так, для ТПП с микросферами $\varepsilon = 0,52$, а $\varepsilon_r = 0,34$. Если добавить в микросферы алюминиевый пигмент, создающий дополнительный отражающий эффект, то $\varepsilon = 0,4$, а $\varepsilon_r = 0,29$.

Экспериментально было доказано, что теплоотражающее покрытие с микросферами способно снизить величину теплового потока на 17%. Применение на конкретном объекте на территории Центрального военного округа (ЦВО) (построенный административно-торговый комплекс) позволило повысить суммарное тепловое сопротивление ограждающей конструкции на 31%. Конструктивно на этом объекте после слоя жидкой теплоизоляции на внутренней поверхности стены была оставлена воздушная прослойка толщиной 20 мм, а затем был установлен гипсокартонный лист, на который наносилось ТПП.

При рассмотрении внутренней поверхности ограждающей конструкции в условиях без покрытия и с теплоотражающим покрытием, следует заметить, что составляющая q_k будет неизменной, меняется лишь q_r вследствие того, что меняется ε_r , а конкретной ε_{cm} .

Как указывалось выше, для большинства строительных материалов коэффициент излучения составляет $0,91 \div 0,93$.

На основании данных по коэффициентам излучения для ТПП ($\varepsilon_{cm} = 0,52$; $\varepsilon_r = 0,34$) из (17) можно получить коэффициент излучения воздуха (водяного пара), который численно равен 0,496.

Также на основании (17) для стены, не имеющей ТПП ($\varepsilon_{cm} = 0,92$) вычисляется приведенный коэффициент излучения: $\varepsilon_r = 0,476$.

Отсюда можно получить снижение лучистой составляющей удельного теплового потока вследствие применения теплоотражающего покрытия с микросферами. Параметры, относящиеся к стене без покрытия, будут иметь надстрочный индекс «*». Тогда:

$$\frac{q_r^*}{q_r} = \frac{\varepsilon_r^*}{\varepsilon_r} = \frac{0,476}{0,34} = 1,4.$$

Относительная эффективность снижения теплового потока составит:

$$\Delta E\% = \frac{q_r^* - q_r}{q_r^*} \times 100\% = \frac{\varepsilon_r^* - \varepsilon_r}{\varepsilon_r^*} \times 100\% = \frac{0,476 - 0,34}{0,476} \times 100\% = 31\%.$$

По данным экспериментальных исследований [7] коэффициент теплоотдачи от нагретого воздух к поверхности стенки составлял $3,9 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, температура воздуха $+ 14,5 \text{ }^\circ\text{С}$, температура стенки $+ 11,4 \text{ }^\circ\text{С}$.

В этом случае:

$$q_k = q_k^* = \alpha_k \cdot (T_{\text{г}} - T_{\text{см}}) = 3,9 \cdot (14,5 - 11,4) = 12,09 \text{ Вт/м}^2.$$

Лучистые составляющие удельного теплового потока будут отличаться из-за различия в коэффициентах излучения поверхности:

$$q_r^* = \varepsilon_r^* \cdot c_0 \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{г}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{см}}}{100} \right)^4 \right] =$$
$$= 0,476 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{287,5}{100} \right)^4 - \left(\frac{284,4}{100} \right)^4 \right] = 7,95 \text{ Вт/м}^2.$$

$$q_r = \varepsilon_r \cdot c_0 \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{г}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{см}}}{100} \right)^4 \right] =$$
$$= 0,34 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{287,5}{100} \right)^4 - \left(\frac{284,4}{100} \right)^4 \right] = 5,59 \text{ Вт/м}^2.$$

Значения результирующих тепловых потоков:

$$q_{res}^* = q_r^* + q_k^* = 12,09 + 7,95 = 20,14 \text{ Вт/м}^2.$$

$$q_{res} = q_r + q_k = 12,09 + 5,59 = 17,68 \text{ Вт/м}^2.$$

Относительная эффективность теплоотражающего покрытия составляет:

$$\Delta E\% = \frac{q_{res}^* - q_{res}}{q_{res}^*} \times 100\% = \frac{20,14 - 17,68}{20,14} \times 100\% = 12,2\%$$

Полученный результат хорошо согласуется с данными экспериментальных исследований [7] и доказывает эффективность использования теплоотражающего покрытия на внутренней поверхности ограждающих конструкций объектов военной инфраструктуры. Добавление алюминиевого пигмента повышало эффективность покрытия на 5% дополнительно.

Выводы.

1. Современные тонкопленочные покрытия, содержащие микросферы, обладают теплоотражающим эффектом, который необходимо учитывать при определении эффективности тепловой защиты.
2. Повышение эффективности теплозащиты при применении тонкопленочных покрытий на наружной поверхности ограждающих конструкций (стен, покрытий) может достигать 20-35% в зависимости от вида покрытия и концентрации микросфер в объеме компаунда.
3. Использование теплоотражающего покрытия на внутренней поверхности ограждающих конструкций также является эффективным и повышает теплозащитные свойства конструкции на 12%. Добавление алюминиевого пигмента в акриловую основу с микросферами увеличивает эффективность теплозащиты на 5%

4. При применении тонкопленочных покрытий в строительстве необходимо проверять заявляемые характеристики в сертифицированных научно-исследовательских центрах и лабораториях.
5. Использование инфракрасных рефлексивных покрытий с применением микросфер позволяет сделать контуры объектов на термограмме расплывчатыми для средств иностранной разведки. Фактически объект будет сливаться с окружающей средой. Это резко снижает эффективность систем обнаружения объектов и может обеспечить их нормативную скрытность.

Список литературы:

1. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. –М: Мир, 1983. -512с.
2. Расчет интегрального отражения и пропускания инфракрасного излучения для покрытия, состоящего из плотно упакованных стеклянных микросфер (ПСМ) в полимерной матрице. Отчет Института Физики НАНБ. Минск, 2003.
3. Строй А.Ф. Управление тепловыми режимами зданий и сооружений. Киев: Вища школа. 1993. – 153 с.
4. Методика расчета сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции здания с учетом покрытия «микросфера -связующее». Сайт Группы компаний «Инотек»./ www.inotek.net/metodika_rascheta_soprot. 5 с.
5. Отчет о выполнении НИР по х/д №201от 01.03.2000г.:»Разработать математическую модель теплопереноса в покрытиях, представляющих собой компаунд из связующего и полых стеклянных микросфер»./ АНК «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова» НАНБ, 2000, 28 с.
6. Герман М.Л., Гринчук П.С Математическая модель для расчета теплозащитных свойств композиционного покрытия «керамические микросферы - связующее». Инженерно-физический журнал, том 75 № 6, ноябрь –декабрь 2002 г. С. 50.
7. Панченко Ю.Ф., Зимакова Г.А., Панченко Д.А. Энергоэффективность использования нового теплозащитного материала для снижения теплопотребления зданий и сооружений. Вестник Тюменского государственного архитектурно-строительного университета, №4, 2011. с. 97-105.

УДК 355.7: 504.4.054

Саркисов С.В., Чистяков А.Э., Мусатов В.И.

Sarkisov S.V., Chistyakov A.E., Musatov V.I.

**Дифференцированный подход к компоновке блочно-модульных очистных сооружений
на объектах военной инфраструктуры Вооруженных Сил РФ**
**Differentiated approach to the layout of block-modular treatment facilities at the military
infrastructure of the Russian Federation Armed Forces**

Аннотация:

Рассмотрены проблемы водопроводно-канализационного хозяйства Министерства обороны Российской Федерации. Авторами разработана технологическая схема блочно-модульной станции очистки сточных вод для объектов Министерства обороны Российской Федерации. Проведен анализ эффективности работы предложенного оборудования на примере очистных сооружений военного городка, расположенного на территории Западного военного округа.

Abstract:

The problems of the Ministry of defense of the Russian Federation water supply and sewerage are considered. The authors developed a technological scheme of block-modular wastewater treatment plant for the objects of the Ministry of defense of the Russian Federation. The analysis of the efficiency of the proposed equipment on the example of treatment facilities of the military camp located in the Western military district.

Ключевые слова: *очистные сооружения, модуль, блок, сточные воды.*

Key words, *sewage dispersal plants, modular, block, sewage.*

Известно, что система очистки сточных вод является одной из наиболее важных составляющих инженерного оборудования объектов военной инфраструктуры. Надлежащее и бесперебойное функционирование этих систем является необходимой основой для поддержания боеспособности подразделений Вооруженных Сил, что обуславливает высокую значимость проблемы функционирования канализационного хозяйства Министерства обороны [1].

В настоящее время на объектах Министерства обороны сложилась ситуация, при которой отсутствуют объективные данные о текущем состоянии очистных сооружений. Это связано с

неоднократной передачей функции эксплуатации объектов канализационного хозяйства от одной организации к другой и формализованным подходом при передаче объектов в эксплуатацию.

Современное состояние станций очистки сточных вод объектов военной инфраструктуры характеризуется тем, что имеет место физический и моральный износ технологического оборудования сооружений. Технологический ресурс, надёжность, безопасность, заложенные при проектировании, изготовлении и монтаже, в процессе длительной, а зачастую и сверхнормативной эксплуатации иссякают, а затраты на содержание их в работоспособном состоянии растут. По имеющимся данным, в настоящее время очистные сооружения объектов Министерства обороны имеют наиболее неблагоприятное состояние среди всех объектов коммунального хозяйства. Связано это в первую очередь с отсутствием финансирования данной отрасли, а во вторую с отсутствием должного контроля со стороны эксплуатирующих организаций за качеством работы [2].

Решение указанной проблемы связано с выполнением ряда задач, а именно:

- прекращение прямого сброса неочищенных сточных вод, в том числе ливневых, в водные объекты для снижения негативного воздействия на окружающую среду и улучшения экологической обстановки в районах дислокации воинских частей и соединений;
- модернизация и строительство новых станций очистки сточных вод с внедрением технологий глубокого удаления биогенных элементов, доочистки и обеззараживания сточных вод, что позволит стабильно обеспечивать требуемую степень очистки в соответствии с нормативными требованиями Российского законодательства.

В целом, приоритетным направлением развития водопроводно-канализационного хозяйства в данных условиях является совершенствование технологии очистки сточных вод, реконструкция, модернизация и новое строительство канализационных сооружений, в том числе использование наиболее экологически безопасных и эффективных реагентов для очистки воды, внедрение новых технологий водоочистки [3].

В настоящее время разработана программа модернизации объектов водопроводно-канализационного хозяйства Министерства обороны, в которую включены более 400 канализационных очистных сооружений, 201 канализационная насосная станция и около 2 тысяч километров сетей водоотведения в 81 субъекте Российской Федерации, в том числе в труднодоступных регионах страны. Состав модернизируемого канализационного хозяйства представлен в таблице 1.

Объекты и сети систем водоотведения военных городков и военных объектов, нуждающиеся в модернизации

Статус объектов	Водоотведение		
	Очистные сооружения, ед	Насосные станции, ед	Сети, км
Объекты водопроводно-канализационного хозяйства Министерства обороны Российской Федерации	437	201	2063

Объемы отведения воды на упомянутых объектах водоотведения Министерства обороны составляют около 440 млн. м³/год.

В целях реализации данной программы, очистные сооружения необходимо разделить в зависимости от их проектной производительности на следующие группы:

- более 300 тыс. м³/сут;
- от 100 до 300 тыс. м³/сут;
- от 10 до 100 тыс.м³/сут;
- менее 10 тыс. м³/сут.

На объектах военной инфраструктуры, эксплуатирующих станции очистки сточных вод последней из перечисленных категорий, решением проблемы модернизации может стать применение блочно-модульных очистных сооружений.

Блочно-модульные очистные сооружения выполняются, как правило, в виде блок-контейнеров для различных условий эксплуатации с установленными системами жизнеобеспечения. Их преимуществами являются мобильность, возможность монтажа как в одиночном исполнении, так и в виде блока, соединенного стыковочными модулями, а также сравнительно низкая себестоимость относительно выполнения «классической» компоновки станции очистки сточных вод.

Рассмотрим возможность применения такого оборудования, в предложенной авторами компоновке, на примере очистных сооружений военного городка, расположенного на территории Западного военного округа.

Военный городок расположен на берегу Финского залива, сброс очищенных стоков осуществляется в его акваторию. При возникновении аварийных ситуаций, выходе из строя или при неудовлетворительной работе существующего оборудования очистных сооружений может возникнуть реальная угроза жизнедеятельности ихтиофауны залива, произойти сверхнормативное изменение качества воды в акватории, что повлечёт за собой угрозу выхода из строя систем водоснабжения населенных пунктов, расположенных в районе дислокации военного городка.

Численность потребителей коммунальных услуг и расчетные расходы сточных вод указаны в таблице 2:

Таблица 2

Характеристика сточных вод, поступающих от военного городка

Зона	Время работы, ч	Численность личного состава, чел.	Норма водоотведения, л*чел/сут	Расход сточных вод		
				Qсут. max м3/сут	Qч.max м3/ч	Qсек.ср. л/сек
Казарменная	24	1500	250	488	51,2	14,2

Отдельно следует отметить то, что Финский залив, согласно законодательству РФ является заливом второго порядка [3], и относится к рыбохозяйственным водным объектам высшей категории, а также попадает под действие международного законодательства, в частности Хельсинской конвенции от 15 ноября 2007 года [4]. Конвенция регламентирует степень поступающих в акваторию сточных вод (таблица 3):

Таблица 3

Требования по очистке сточных вод, поступающих в Финский залив, предъявляемые Хельсинской конвенцией от 15.11.2007

№ п/п	Показатель	Минимальное снижение	Максимальная концентрация на выходе, мг/л
1	Биологическое потребление кислорода. (БПК ₅)	80 %	15
2	Фосфор (P) _{общ}	80 %	1
3	Азот (N) _{общ}	30 %	35

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в объёме 488 м³/сутки (таблица 2). Для очистки бытовых стоков указанного объёма и химического состава авторами научно обоснована, разработана и предложена для практической реализации экспериментальная технологическая схема компоновки блочного модуля для её использования в процессе реконструкции очистных сооружений военном городке, см. рис.1.

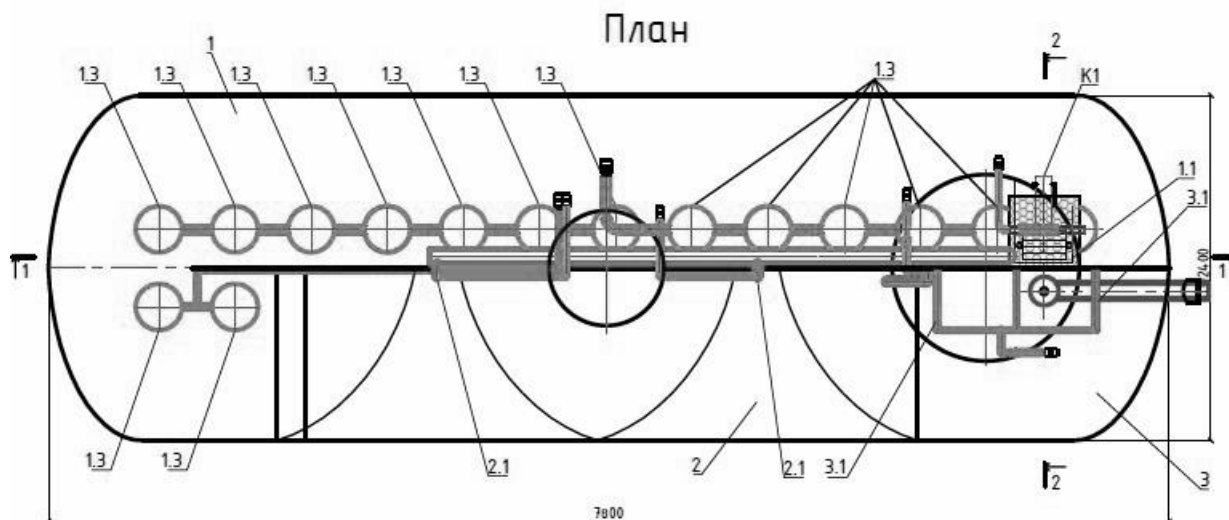


Рис. 1 Схема блока установки очистки хозяйственно – бытовых сточных вод

1- аэротенк, 1.1 – сороулавливающая корзина, 1.2- блок биологической загрузки, 1.3 – система аэрации.

2 – вторичный отстойник, 2.1 – эрлифт рециркуляции активного ила. 3 – блок доочистки и обеззараживания, 3.1- система аэрации блока доочистки, 3.2 – эрлифт отвода активного ила из блока до очистки. 4 – погружной модуль УФ – обеззараживания.

Блочный модуль (рис.1) состоит из установки полной биологической очистки, в составе которой имеется аэротенк, биологическая загрузка с системой аэрации, вторичный отстойник, блок доочистки и погружной модуль ультрафиолетового обеззараживания. К блочному модулю предусматривается технологический павильон для размещения компрессорного оборудования и реагентного хозяйства, который расположен на территории городка. На территории объекта предусмотрен резервуар-усреднитель, который предназначен для равномерной подачи сточных вод на блок очистных сооружений. Сточные воды после усреднителя поступают в аэротенк, где происходит окисление загрязнений активным илом. Подача воздуха в аэротенке предусматривается через систему мелкопузырчатой аэрации от компрессора. Для обеспечения денитрификации в аэротенке предусмотрен блок биологической загрузки [5].

Из аэротенка иловая смесь через переливную перегородку поступает во вторичный отстойник, где происходит седиментация ила. Циркуляцию активного ила из вторичного отстойника в аэротенк осуществляет эрлифт. Откачка избыточного активного ила осуществляется ассенизационной машиной, периодически по мере его накопления, что определяется во время эксплуатации установки. Для интенсификации процессов удаления фосфатов из сточной воды, во вторичный отстойник предусматривается дозирование реагента – коагулянта из установки $Al_2(SO_4)_3$.

Из вторичного отстойника биологически очищенные сточные воды поступают в блок доочистки, где на поверхности плавающей загрузки образуется биопленка, осуществляющая

завершающий этап окисления органических загрязнений и перевода аммонийного и нитритного азота в нитратный. Для поддержания концентрации растворенного кислорода в блоке, а также для регенерации плавающей загрузки предусматривается подача воздуха через систему аэрации. Отвод осевших частиц биопленки в аэротенк осуществляется при помощи эрлифта. Обеззараживание очищенных сточных вод производится при помощи погружного УФ-модуля, размещаемого в виде трубы. Очищенные и обеззараженные сточные воды поступают в соединительную камеру, а затем самотеком отправляются на сброс в акваторию водоёма [6].

Проведённый авторами анализ возможности использования подобного сооружения в военном городке показал следующие результаты (таблица 4):

Таблица 4

Концентрации загрязнений сточных вод до и после очистки на блочно-модульной установке

Наименование параметра	Усредненные значения		Выполняются ли условия нормативных документов, регламентирующих сброс
Производительность, м³/сут	488		
Концентрации загрязнений	Исходная, мг/л	Очищенная, мг/л	
БПК _{полн}	250	3	Да
Взвешенные вещества	220	8	Да
Азот аммонийный	30,4	0,4	Да
Азот нитритов	-	0,02	Да
Азот нитратов	-	9	Да
Фосфор фосфатный	4	0,2	Да
Размещение сооружений	Подземное		
Материал корпуса сооружений	Стеклопластик		

Вывод:

Таким образом, использование предложенной авторами компоновки блока установки очистки хозяйственно-бытовых сточных вод позволит очистить сточные воды, поступающие в Финский залив до требуемых международным рекомендательным документом и российским законодательством концентраций загрязняющих веществ на выходе. Предлагаемое научно обоснованное инженерное решение требует меньших финансовых затрат при реконструкции станции очистки сточных вод [7], в сравнении с существующими аналогами, позволяет автоматизировать процесс эксплуатации комплекта оборудования и повысить комплексную эффективность очистных сооружений используемых на объектах военной инфраструктуры с малой численностью личного состава (до 5 тыс. человек).

Раздел 1.01

Раздел 1.02 Список литературы:

15. Мусатов В.И., Макачук Г.В., Медведева Л.В. К вопросу о необходимости модернизации очистных сооружений военных городков // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2019. № 1 (29). С. 45-55.
16. Медведева Л.В., Макачук Г.В., Мусатов В.И. К вопросу снижения аварийности станций очистки сточных вод населенных пунктов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 3 (51). С. 69-75.
17. Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ (дата обращения 11.11.2019).
18. Рекомендация 28Е/5 «Очистка городских сточных вод» Хельсинской конвенции от 15 ноября 2007 года: <https://kurs.znate.ru/docs/index-165337.html?page=2> (дата обращения 11.11.2019).
19. Николаев А.Н. Очистка сточных вод до требований экологических нормативов на сброс в водоемы // ЭКиП: Экология и промышленность России.-2003.-N7.-С.17-19.
20. Кашеев Р.Л., Чистяков А.Э., Саркисов С.В. Особенности проектирования станций очистки бытовых сточных вод малых военных городков // В сборнике: Актуальные проблемы военно-научных исследований. Сборник научных трудов. Под редакцией В.Б.Коновалова. Санкт-Петербург, 2019. С. 250-257.
21. Коновалов В.Б., Саркисов С.В., Вакуненко В.А., Мусатов В.И. Последствия воздействий террористических групп на системы жизнеобеспечения населенных пунктов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 3-4 (129-130). С. 78-82.

УДК 355.7:623.093: 621.316.3

Сухарь Г.А., Белов О. Е, Тинин А.Д

Suchar G.A., Belov O. E., Tinin A.D..

Обоснование инженерных решений в вопросе бесперебойного электроснабжения панелей противопожарных устройств зданий и сооружений.

Justification of engineering solutions in the issue of uninterrupted power supply of buildings and structures fire protection devices panels

Аннотация:

В статье выполнен научно обоснованный анализ действующих нормативных правил и стандартов в вопросах обеспечения надёжного электроснабжения панелей противопожарных устройств общевоинских зданий и сооружений специального назначения. В ряде случаев, проектировщики не могут выполнить высоконадёжное питание из-за ряда недостатков схемных решений. Авторами внесён ряд предложений, позволяющих решить возникающие вопросы.

Abstract:

The article analyzes the existing regulations and standards in order to ensure the reliable supply of electricity to the buildings and structures fire-fighting devices panels of various purposes. In some cases, designers are unable to perform highly reliable power because of a number of flawed scheming solutions. The article has made a number of proposals to address these issues.

Ключевые слова: *электроснабжение, панели противопожарных устройств, категория электроснабжения электроустановки.*

Keywords: *electricity supply, panels of fire-fighting devices, category of electricity supply to the electrical installation.*

В числе важнейших перед системами электроснабжения объектов военной инфраструктуры ставится задача гарантированного срабатывания противопожарных устройства зданий и сооружений различного назначения. В соответствии с требованием пункта 4.10 Свода правил СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности» [1] в проекте электрооборудования каждого здания должна предусматриваться панель противопожарных устройств (ППУ).

Авторы, проанализировав значительное число проектных решений, пришли к следующему выводу: панель ППУ получает питание после вводных аппаратов главного распределительного щита (ГРЩ) здания. По этой причине, при необходимости отключения вводных аппаратов ГРЩ во время пожара отключаются также все электроприемники системы противопожарной защиты (СПЗ) здания, что абсолютно недопустимо. Также было отмечено то, что от одного устройства автоматического включения резерва (АВР), устанавливаемого в панели ППУ или в ГРЩ здания, питаются СПЗ и остальные электроприемники первой категории, такие как пассажирские лифты, индивидуальный тепловой пункт (ИТП), слаботочные системы и другие. В этом случае АВР не будет в полной мере отвечать предъявляемым к ней требованиям высокой надежности. К типовым ошибочным проектным решениям следует отнести и то, что питание аварийного освещения вместо подключения к панели ППУ выполняется от ГРЩ здания, что тоже может привести к его потере во время действий пожарных подразделений. Отдельные эксперты требуют питать от панели ППУ насосную станцию противопожарного водопровода (пожарные насосы), остальные электроприемники СПЗ, по их мнению, не относятся к противопожарной защите здания и должны подключаться к ГРЩ, что на наш взгляд является ошибкой.

Для того, чтобы избежать существенных проектных ошибок при отработке схемных решений организации электроснабжения ППУ, авторы систематизировали требования нормативных документов и свели их в таблицу 1.

Таблица 1.

№	Требования к панели ППУ	Обоснование
	Установку отдельной панели ППУ выполнить в электрощитовом помещении здания. Размеры панели ППУ могут быть аналогичны размерам панелей ГРЩ. При необходимости количество панелей ППУ следует увеличить. Степень защиты панелей ППУ, устанавливаемых на полу в электрощитовых помещениях, должна быть при закрытых дверях со стороны обслуживания и с боковых сторон - не ниже IP2X, сверху, снизу и сзади - IP00. Фасад стального корпуса ППУ	<i>Обоснование окраски фасада панели ППУ:</i> Свод Правил СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности», пункт 4.10 [1].

	необходимо окрасить в красный цвет.	
	Питание панели ППУ предусмотреть от двух вводных панелей ГРЩ, получающих питание от разных трансформаторов двухтрансформаторной подстанции или от двух однострансформаторных подстанций. Две кабельные линии питания панели ППУ присоединить до отключающих аппаратов ГРЩ, установленных на вводных панелях. В задании на изготовление ГРЩ здания предусмотреть в двух вводных панелях: - шинный мост в каждой вводной панели, к которому подключаются наружные питающие кабели и автоматический выключатель, защищающий линию питания панели ППУ, - присоединение двух шинных мостов к вводным отключающим аппаратам ГРЩ.	<i>Обоснованием является:</i> ГОСТ Р 50571.5.56-2013 /МЭК 60364-5-56:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности» [2]. Пункт 560.10 Требования к противопожарным системам. Пункт 560.10.2 Ответственные цепи должны быть непосредственно присоединены на стороне питания разъединителя главного распределительного щита. Отмечается, что при необходимости отключения ГРЩ во время пожара сохраняется питание системы противопожарной защиты здания
	На вводе в панель ППУ предусмотреть устройство АВР-1. В панели ППУ, устанавливаемой в электроцитовых высотных зданий, зрелищных предприятий, аэропортов, вокзалов, гипермаркетов и других многофункциональных зданий целесообразно дополнительно устанавливать АВР-2 для аварийного освещения, а остальные электроприемники СПЗ питать от АВР-1. В задании на изготовление панели ППУ предусмотреть перегородку,	<i>Обоснование применения АВР-1:</i> Свод Правил СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности», пункт 4.10 [1]. <i>Обоснование применения на вводах в панели ППУ разделительной перегородки:</i> ГОСТ 32396-2013 «Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия», пункт 6.2.10 [3]

	разделяющую два кабельных ввода от ГРЩ здания	
	Питание всех электроприемников СПЗ здания, в том числе аварийного освещения и системы дымоудаления, выполнить от панели ППУ. В соответствии с письмом ФГБУ ВНИИПО МЧС России от 19.11.2015 года № 6261эп-13-3-2 «Электроприемники, не относящиеся к СПЗ, подключать к панели ППУ не допускается». Отмечается, что название «Панель противопожарных устройств», указанное в Своде правил СП 6.13130.2013, также определяет электроприемники, которые необходимо подключать к этой панели	<i>Обоснование питания электроприемников СПЗ от панели ППУ:</i> Свод правил СП 6.13130.2013, пункт 4.10 [1]. <i>Обоснование питания аварийного освещения от панели ППУ:</i> 1. ГОСТ Р 50571.5.56-2013 / МЭК 60364-5-56:2009 [2]. Пункт 560.3.1 Примечание 2 – Примеры систем безопасности: - аварийное освещение, - пожарные насосы, - лифты для пожарных расчетов, - системы сигнализации, такие как пожарная тревога, аварийная сигнализация СО, аварийные сигналы от проникновения, - системы эвакуации, - системы дымоудаления, - ответственные медицинские системы. В соответствии с примечанием 2 к пункту 560.3.1 аварийное освещение, наряду с системами противопожарной защиты здания, относится к системе безопасности. 2. Свод правил СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [4]. В соответствии с разделом 5 Свода правил СП 3.13130.2009 эвакуационное освещение относится к системе противопожарной защиты зданий. 3. Письмо ФГБУ ВНИИПО МЧС

		России от 22.10.2015 № 5656эп-13-2-3. В тексте письма отмечается следующее: «По существу изложенного в письме вопроса сообщая, что устройства противодымной защиты и эвакуационного освещения относятся к системам противопожарной защиты». <i>Дополнительное обоснование питания электроприемников системы дымоудаления от панели ППУ:</i> 1. Свод правил СП 6.13130.2013, пункт 4.10 [1], 2. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 года № 123-ФЗ» [5] Статья 56, пункт 1 Система противодымной защиты здания, сооружения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, или всего времени развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения
	Требования технического регламента являются обязательными в соответствии со статьей 2 Федерального закона «О техническом регулировании» от 27.12.2002 года № 184-ФЗ [6].	
	Выполнить отдельный учет электроэнергии: - для постоянно работающих электроприемников СПЗ: пожарная сигнализация, охранная сигнализация, диспетчеризация, аварийное	<i>Обоснование решения:</i> Электросбытовые организации требуют предусматривать отдельный учет электроэнергии для электроприемников СПЗ, работающих только во время ликвидации пожара

	освещение, система автоматизации KNX здания, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, пожарные посты, а также лифты пожарных подразделений, в отсутствие пожара функционирующие для транспортировки пассажиров, - для электроприемников СПЗ, работающих только во время пожара: системы дымоудаления (противодымная вентиляция), насосная станция противопожарного водопровода, система автоматического пожаротушения, другие электроприемники	
	- ГОСТ Р 53296-2009 «Установка лифтов для пожарных в зданиях и сооружениях. Требования пожарной безопасности», пункт 6.8: В общественных зданиях высотой более 50 м от уровня подъезда пожарных машин до низа оконных проемов верхнего этажа (не считая верхних технических этажей) энергоснабжение лифтов для пожарных производится как для особой группы электроприемников первой категории [7]. - Свод Правил СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные», пункт 7.4.6: В жилых зданиях (в секционных – в каждой секции) высотой более 50 м один из лифтов должен обеспечивать транспортирование пожарных подразделений и соответствовать требованиям ГОСТ Р 53296 [8]	<i>Обоснование решения:</i> ГОСТ Р 53296-2009 [7] и Свод правил СП 54.13330.20011 [8]. В общественных и жилых зданиях высотой более 50 м в схеме панели ППУ для лифтов, транспортирующих пожарные подразделения, необходимо обеспечить питание от третьего автономного источника – дизель-генераторной установки
	Питание электроприемников первой	<i>Обоснованием является:</i>

категории: пассажирские лифты, индивидуальный тепловой пункт, телевидение и другие предусмотреть от отдельного устройства АВР, установленного в ГРЩ здания	Подключение устройства АВР к ГРЩ выполнить в соответствии с пунктом 7.10 Свода правил СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» [9]
--	---

Таким образом, в таблице для потребителей первой и второй категории надежности электроснабжения авторами были систематизированы и обоснованы требования к схемному решению ГРЩ; приведены требования к панели ППУ, в том числе к подключению линий питания ППУ к ГРЩ здания, установке устройства АВР для питания электроприемников СПЗ и к питанию аварийного освещения здания, В ГРЩ предусмотрена установка отдельного устройства АВР для электроприемников первой категории, не относящихся к системе СПЗ здания.

Авторы так же полагают, что указанные в таблице требования вполне относятся и к вводно-распределительным устройствам (ВРУ) воинских зданий и сооружений. Для потребителей же третьей категории надежности, электроснабжение которых осуществляется по одному вводу необходимо подключение панели (щитка) ППУ и выполнить его до отключающего аппарата, устанавливаемого на вводе в электроустановку, а резервирование питания организовать от аккумуляторов (пожарной и охранной сигнализации, аварийного освещения).

Предлагаемые инженерные решения выявленных противоречий и неточностей в действующих нормативных документах могут быть реализованы в процессе корректировки ведомственных противопожарных и строительных норм.

Список литературы:

1. Свод правил СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности» - М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013.
2. ГОСТ Р 50571.5.56-2013/МЭК 60364-5-56:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности» - М.: Стандартинформ, 2014.
3. ГОСТ 32396-2013 «Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия» - М.: Стандартинформ, 2014.
4. Свод правил СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности». – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
5. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ – Интернет, портал gost-info, 2015.

6. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 года № 184-ФЗ - М.: Омега-Л, 2014.
7. ГОСТ Р 53296-2009 «Установка лифтов для пожарных в зданиях и сооружениях. Требования пожарной безопасности» - М.: Стандартинформ, 2009.
8. Свод правил СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные» - М.: Стандартинформ, 2011.
9. Свод правил СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» - М.: ФГУП ЦПП, 2004.
10. Сухарь Г.А., Белов О. Е., Брусакова И. В. Комплексный подход к обоснованию параметров оптимальных предпроектных радиусов распределительных электрических сетей объектов военной инфраструктуры. Журнал «Военный инженер» №4(10), 2018 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Архипов Владимир Леонидович, доцент, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва, доцент кафедры, e-mail: kaf.1viit@mail.ru

Белов Олег Евстафьевич, кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, доцент кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: belov19681@yandex.ru

Бычкова Ольга Сергеевна, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулева», преподаватель кафедры «Электроснабжение, электрооборудование и автоматика», e-mail: olgasb.79@mail.ru

Гуков Дмитрий Васильевич, доктор технических наук профессор, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва, профессор кафедры, e-mail: guokovdmitry@rambler.ru

Журавлев Александр Александрович, доктор технических наук профессор, Ассоциация «Балтийских объединений», директор Ассоциаций СРО «БОП», e-mail: zhuravlev_spb54@mail.ru

Захаров Вячеслав Павлович, кандидат технических наук, и.о. руководителя Службы государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга, e-mail: zaharov@gne.gov.spb.ru.

Иваньков Сергей Михайлович, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, адъюнкт кафедры энергоснабжения объектов наземной космической инфраструктуры, e-mail: mihalych261@bk.ru

Лафу Жалиль Жавадович, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева курсант, e-mail: justride850@gmail.com

Михайлин Александр Борисович, кандидат технических наук доцент, консультант, e-mail: amichailin@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Arkhipov Vladimir L., associate Professor, Military Institute (engineering) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, associate Professor, e-mail: kaf.1viit@mail.ru

Belov Oleg E., candidate of technical Sciences, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, associate professor, Department of power supply, electrical equipment and automation, e-mail: belov19681@yandex.ru

Bychkova Olga S., MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev", teacher of the Department "power Supply, electrical equipment and automation", e-mail: olgasb.79@mail.ru

Gukov Dmitry V., doctor of technical Sciences, Professor, the Military Institute (engineering) Military Academy of logistics behalf of the army General A. V. Khrulyov, Professor, e-mail: guokovdmitry@rambler.ru

Zhuravlev Alexander A., doctor of technical Sciences Professor, Association of Baltic Unions, director of Association "BOP", e-mail: zhuravlev_spb54@mail.ru

Zaharov Vyacheslav P., candidate of technical Sciences, Acting of the Head of the State Construction Supervision and Expertise Service of St. Petersburg, e-mail: zaharov@gne.gov.spb.ru.

Ivankov Sergey M., Military space Academy named after A. F. Mozhaisky, adjunct of the Department of power supply of ground space infrastructure objects, e-mail: mihalych261@bk.ru

Lafu Jalil D., MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics, cadet, e-mail: justride850@gmail.com

Mikhailin Alexander B., candidate of technical Sciences associate professor, consultant, e-mail: amichailin@yandex.ru

Мусатов Вячеслав Игоревич, ВИ (ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева,, курсовой офицер-преподаватель факультета «Строительство военно-морских баз», e-mail: musatov2112@ya.ru

Пчелкин Виктор Олегович, кандидат технических наук ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, доцент кафедры, e-mail: pvo59@yandex.ru

Павленок Андрей Михайлович, кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, начальник кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: ruvitu@gmail.com

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук профессор, ВИ(ИТ) ВАМТО им. генерала армии А.В. Хрулева, профессор кафедры, e-mail: saidanov_viktor@mail.ru

Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук доцент, ВИ (ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева, начальник кафедры “Системы жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры», e-mail: ser-sark@yandex.ru

Сербин Юрий Владимирович, доктор технических наук старший научный сотрудник, ВИ (ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева, доцент кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: icartsu@mail.ru.

Сухарь Геннадий Анатольевич, кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, доцент кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: g-suxar@mail.ru

Тинин Алексей Дмитриевич, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, курсант, e-mail: ruvitu@gmail.com

Третьяков Владимир Александрович, инженер, исполнительный директор АО Холдинговая компания «ГВСУ «Центр». e-mail: vt11@yandex.ru.

Цыганков Денис Сергеевич, ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, курсант, e-mail: ruvitu@gmail.com

Чистяков Артур Эдуардович, департамент эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами воинских частей и организаций Минобороны России, заместитель руководителя, e-mail: 210260@mail.ru

Musatov Vyacheslav I., MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics, course officer, e-mail: musatov2112@ya.ru

Pchelkin Victor O., candidate of technical Sciences, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, associate professor, e-mail: pvo59@yandex.ru

Pavlenok Andrey M., candidate of technical Sciences, MTI MAL named after army General A.V. Khrulev, head of the Department "Power Supply, Electric and Automatic Equipment", e-mail: ruvitu@gmail.com

Saidanov Victor O., doctor of technical Sciences Professor, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, professor of the Department, e-mail: saidanov_viktor@mail.ru

Sarkisov Sergey V., Doctor of Technical Sciences, associate professor, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics, head of the Environmental support systems department, , e-mail: ser-sark@yandex.ru

Serbin Yriy V., doctor of technical Sciences, senior researcher, associate professor, Department of power supply, electrical equipment and automation, e-mail: icartsu@mail.ru.

Suchar Gennady A., Candidate of Technical Sciences, MI(E) VAMTO named after army General A.V. Khrulev, associate professor, Department of power supply, electrical equipment and automation, e-mail: g-suxar@mail.ru

Tinin Alexey D, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics, cadet, e-mail: ruvitu@gmail.com

Tretyakov Vladimir A., engineer, executive Director of JSC Holding company “GVSU“ Center ”. e-mail: vt11@yandex.ru.

Tsygankov Denis S., MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics, cadet, e-mail: ruvitu@gmail.com

Chistyakov Artur E., Department for operational maintenance and housing utilities of military bases and organizations of the Russia’s Defence Ministry, Deputy head, e-mail: 210260@mail.ru