

Энергоснабжение,
водоснабжение и
теплоснабжение
объектов военного
назначения

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

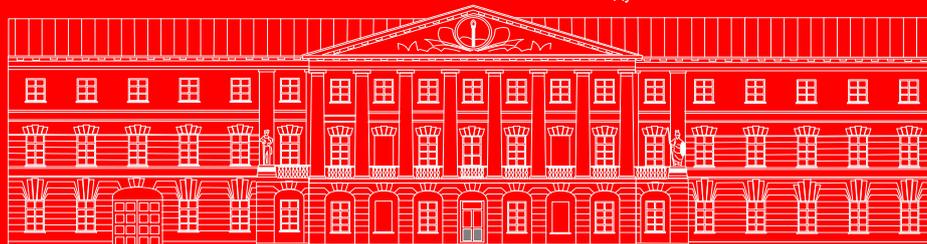
Отходы и их переработка.
Вторичное сырье.
Ресурсосбережение

Проектирование,
строительство и
реконструкция объектов
военного назначения



Основан

в 1939 году



Содержание журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» №4(6)	Contents of the journal "MILITARY ENGINEER" №4(6)
Содержание	1 Contents
Редакционная коллегия	2 Editorial Board
Энергоснабжение, водоснабжение и теплоснабжение объектов военного назначения	3 Power, water and heat supply of military objects
<i>Шипилов А.А., Скуднева И.А. (ООО «СпецСтройПроект»)</i> Повышение эффективности использования земельного участка при проектировании и монтаже сооружений пожаротушения, запаса и подачи воды	3 <i>Shipilov A.A., Scudneva I.A., (LLC "SSP")</i> Increasing efficiency of the plot of land use in the design and installation of fire fighting facilities, water inventory and water supply
<i>Фесенко Л.Н., Пчельников И.В., Теригов А.С. (Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова)</i> Оценка экономической эффективности обеззараживания питьевой воды прямым электролизом	11 <i>Fesenko L.N., Pchel'nikov I.V., Terikov A.S. (South-Russian state Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov)</i> Estimation of drinking water cost efficiency of disinfection by direct electrolysis
<i>Подпорин А.В. (СПбГАСУ), Сизон Е.К. (ФГУП «Водоканал»)</i> К вопросу обоснования расчетов проектных расходов воды в системах водоснабжения жилых и казарменных зон военных городков	18 <i>Podporin A.V. (SPbSACU), Sizon E.K. (FSUE "Vodokanal")</i> On the question of justification of project costs calculations of water consumption in water supply systems of residential areas and barracks of garrison towns
<i>Игнатчик В.С., Седых Н.А., Гринев А.П. (ВИ (ИТ))</i> Экспериментальное исследование неравномерности притока сточных вод	22 <i>Ignatchik V.S., Sedih N.A., Grinev A.P. (MI(E))</i> Experimental study of imperfect periodicity of sewage water
<i>Белов О. Е., Сухарь Г.А., Саенко С.С. (ВИ (ИТ))</i> Оценка эффективности применения ветроэнергетических установок для объектов ограниченной мощности	29 <i>Belov O.E., Suchar G.A., Saenko S.S. (MI(E))</i> Evaluation of the effectiveness of the wind-driven electric plant use for power limited objects
Исследования и разработки в области эффективности, надежности и боевого использования вооружения и военной техники	37 Research and development in the field of efficiency, reliability and combat employment of weapons and military equipment
<i>Бараш А.Л., Головкин К.В. (ВИ (ИТ))</i> Решение логистической задачи перебазирования мобильных дизельных электростанций	37 <i>Barash A.L., Golovko K.V. (MI(E))</i> The solution to logistic tasks of the realignment of mobile diesel power stations
Отходы и их переработка. Вторичное сырье. Ресурсосбережение	41 Waste & recycling. Secondary raw materials. Resource conservation
<i>Гуков Д.В., Загуляев С.Д. (ВИ (ИТ))</i> Снижение магнитных потерь силового трансформатора с concentрическими обмотками под нагрузкой	41 <i>Gukov D.V., Zagulyaev S.D. (MI(E))</i> Reduction of magnetic losses of a power transformer with concentric windings under load
Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения	48 Design, construction and reconstruction of military objects
<i>Булат Р.Е., Климанов С.Г. (ВИ (ИТ))</i> Теория и практика повышения качества размещения войск в полевых условиях	48 <i>Bulat R.E., Klimanov S.G. (MI(E))</i> Theory and practice of quality improvement of bed-down of forces in the field conditions
Сведения об авторах	55 Information about the authors

Главный редактор журнала – Головачёв А.В.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель 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

Курмышов Василий Михайлович, доктор исторических наук доцент

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

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

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

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

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

Выпускающий редактор	Сдано в набор 22. 11. 2017	Бумага типографская
Головачёв А.В.	Подписано в печать 24. 11. 2017	Печать офсетная
Редактор текстов на английском языке	Формат бумаги 60 x 90 1/8	Заказ №6/26/10/2016.
Черновец Е.Г.		Тираж 300 экз.
Дизайн обложки: Панасюк В.Н.		Цена договорная
Фото на обложке: Саркисов С.В.		
Вёрстка: Байдакова Н.В.		

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»

Журнал «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» 2017, №4 (№6)

Лицензия ПД №2-69-618

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

УДК 355.7:355.673.5:628.132

Шушилов А.А., Скуднева И.А.
Shipilov A.A., Scudneva I.A.

Повышение эффективности использования земельного участка при проектировании и монтаже сооружений пожаротушения, запаса и подачи воды

Increasing efficiency of the plot of land use in the design and installation of fire fighting facilities, water inventory and water supply

Аннотация:

Рассмотрена проблема несоответствия систем наружного водоснабжения эксплуатируемых объектов военной инфраструктуры требованиям современных нормативных документов. Предложено инновационное конструктивное решение резервуаров для хранения запасов воды для различных нужд, с целью его использования в процессе реконструкции систем наружного водоснабжения. Показаны экономические и технологические преимущества предлагаемой конструкции резервуара.

Abstract:

The problem of inconsistency with the modern normative documents requirements to systems of external water supply of military infrastructure facilities is considered. We propose an innovative design solution to reservoirs for storing water for various purposes, with the view to its use in the reconstruction of external water supply systems. Economic and technological advantages of the proposed tank design are shown

Ключевые слова: *резервуары, обеспечение пожарной безопасности, экономическая эффективность.*

Key words: *tanks, fire safety, economic efficiency.*

Принятые в последние годы нормативные документы [1,2] значительно усложнили требования к проектированию и устройству сооружений пожаротушения, запаса и подачи воды для объектов капитального строительства. Безусловно, усложнение названных требований коснулись и объектов военной инфраструктуры. Следует отметить, что значительное число эксплуатируемых длительное время военных объектов перестало отвечать современным требованиям к хранению нормативных запасов воды для нужд жизнеобеспечения и выполнения боевых задач.

Одним из перспективных направлений реализации задачи приведения на действующих военных объектах эксплуатируемых ёмкостей хранения запасов воды для различных нужд к требованиям новых нормативных документов, может являться корректное применение оригинальных технических решений, как на стадии проектирования, так и на стадии выполнения работ по реконструкции названных инженерных систем. К таким техническим решениям следует отнести инновационные конструкции резервуаров.

Известно, что резервуары предназначены для аккумуляции запаса воды в различных системах водоснабжения. Использование запасных и регулирующих емкостей повышает надежность и технико-экономические показатели систем водоснабжения [1,3].

В настоящее время разработаны и применяются в системах водоснабжения различные емкости запаса воды, отличающиеся друг от друга по назначению, по конструкции, по используемым при их изготовлении материалам [3].

Одним из апробированных инновационных решений конструкции резервуара для использования в процессе реконструкции соответствующих инженерных систем действующих объектов военного назначения следует назвать разработанную с участием авторов конструкцию резервуара [4] для обеспечения объекта «Горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» в районе города Сочи. Следует отметить, что указанный объект имеет критические ограничения по возможным местам посадки на его территории резервуаров и полное отсутствие возможности устройства противопожарных запасов воды в виде открытых водоёмов. Аналогичные ограничения характерны и для большинства действующих объектов военной инфраструктуры всех силовых ведомств государства, системы наружного водоснабжения которых требуют реконструкции в соответствии с современными нормативными требованиями.

Согласно заданию на проектирование, для обеспечения указанного объекта водой надлежащего качества и требуемого расхода была запроектирована зональная схема водоснабжения, которая включала в себя:

- хозяйственно-питьевые резервуары запаса воды, совмещенные с повысительными насосными станциями, обеспечивающими подачу воды, как на вышерасположенную площадку канатной дороги, так и на собственные нужды водоснабжения пересадочной площадки канатной дороги;
- противопожарные резервуары запаса воды, размещенные на каждой пересадочной площадке канатной дороги, совмещенные с противопожарными насосными станциями, обеспечивающими нужды пожаротушения непосредственно на площадке;
- магистральные сети водопровода, подающие воду из нижерасположенных хозяйственно-питьевых резервуаров в вышерасположенные;
- отдельные внутриплощадочные сети хозяйственно-питьевого и противопожарного водопроводов.

Горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» располагается в уникальном месте со сложными рельефными и грунтовыми условиями, поэтому возникла необходимость в разработке новой конструкции хозяйственно-питьевых и противопожарных резервуаров. В связи с ограниченным пространством для размещения данного емкостного оборудования разработана новая конфигурация противопожарных резервуаров запаса воды.

Резервуары выполнены из стеклопластиковых труб фирмы «Hobas», собранных в единую емкость [4]. Отличительной особенностью конструкции является наличие внутренней водонепроницаемой перегородки, разделяющей резервуар на два отсека: «мокрый» и «сухой».

«Мокрый» отсек предназначен для хранения требуемого объема воды необходимого качества. «Сухой» отсек резервуара предназначен для размещения: запорно-регулирующей арматуры, насосных установок, фильтров-поглотителей (для хозяйственно-питьевых резервуаров), щитов управления и автоматизации, контрольно-измерительных приборов. Такое разделение емкости на отсеки позволило совместить воедино основное и вспомогательное оборудование, которое ранее выполнялось в виде отдельно-стоящих сооружений, что значительно сократило территорию резервуарного парка. На рис. 1 приведена схема конструкции хозяйственно-питьевого резервуара.

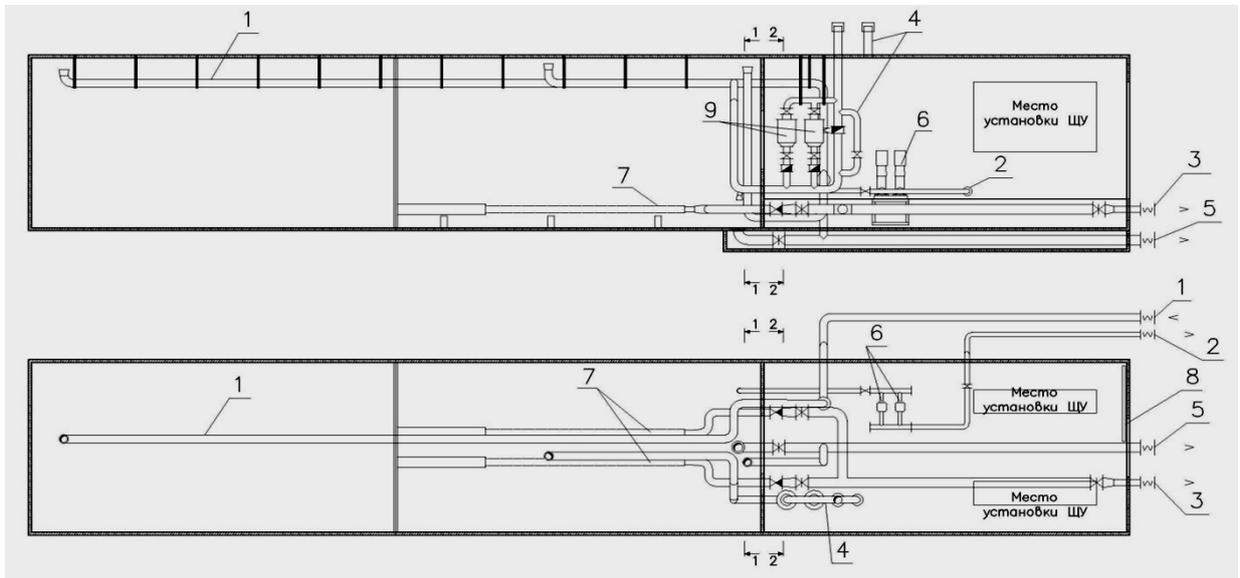


Рис.1 Конструкция хозяйственно-питьевого резервуара.

1 - трубопровод заполнения резервуара; 2 - трубопровод подачи воды на площадку; 3 - трубопровод подачи воды на вышерасположенную площадку; 4 - трубопровод вентиляции резервуара; 5 - трубопровод опорожнения резервуара; 6 - насосная установка в систему водопровода на площадке; 7 - скважинные насосы на вышерасположенную площадку; 8 - электрокалорифер; 9 - фильтры-поглоители.

Насосные агрегаты могут располагаться как в "сухом" эксплуатируемом отсеке, так и непосредственно в «мокрое» неэксплуатируемое отсеке, как на схеме хозяйственно-питьевого резервуара рис. 1., в "сухом" отсеке возможно размещение электрических щитов и щитов управления.

На рис. 2 приведена схема конструкции противопожарного резервуаров.

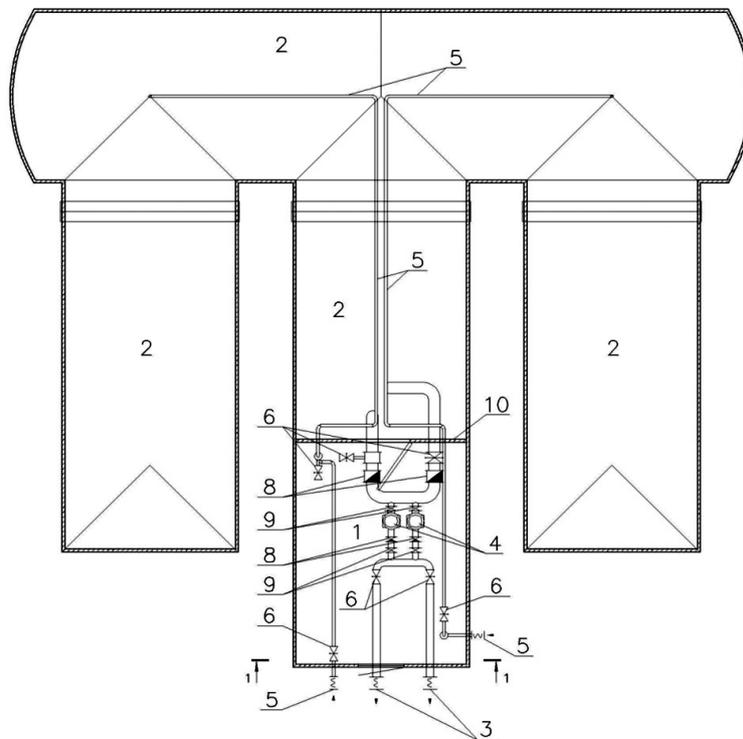


Рис.2. Конструкция противопожарного резервуара.

1 - "сухой" отсек; 2 - "мокрый" отсек; 3 - трубопровод подачи воды в систему пожаротушения; 4 - насосная установка; 5 - трубопровод заполнения резервуара; 6 - задвижка с электроприводом; 7 -

трубопровод вентиляции резервуара; 8 - обратный клапан; 9 - задвижка обвязки насосного оборудования; 10 - непроницаемая перегородка, отделяющая "мокрый" отсек от "сухого".

На рис. 3 и рис.4 представлены конструктивные элементы противопожарного резервуара и общий вид резервуара в процессе монтажа соответственно.

При проектировании резервуаров были предусмотрены все необходимые мероприятия, для обеспечения требуемого качества воды. Резервуары выполнены из герметичных ограждающих конструкций, имеющих санитарно-гигиенический сертификат на хранение питьевой воды [5].



Рис.3. Конструктивные элементы резервуара при разгрузке на площадке.



Рис.4. Общий вид резервуара в процессе монтажа.

Устройство системы дыхания для хозяйственно-питьевых резервуаров выполнено через фильтры-поглотители.

Типовое проектное решение предусматривает размещение фильтра и запорно-регулирующей арматуры в отдельном надземном или заглубленном помещении, которое строится в защитной санитарной зоне РЧВ. Помещения камер фильтров-поглотителей, как правило, располагаются в одной с резервуаром обваловке, рис.5 [3]. Расстояние между камерами фильтров-поглотителей и резервуаром должно быть не менее 5 м.

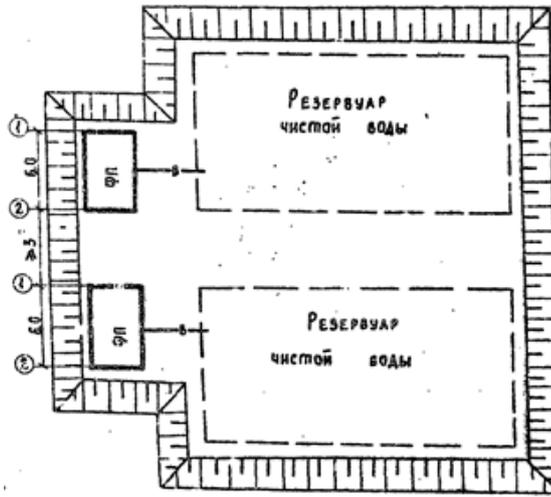


Рис.5. План совместного размещения камер фильтров-поглотителей с резервуарами чистой воды

Типовые конструкции фильтров - поглотителей для резервуаров чистой воды разработаны для следующих вариантов: круглые из сборных железобетонных колец; круглые из стальных труб; прямоугольные из кирпича; прямоугольные из монолитного бетона. Возможно и другое типовое расположение камеры фильтров-поглотителей, непосредственно над резервуаром. Такое размещение предусмотрено для сейсмичных районов по типовому проекту ТП 0901-4-95 и приведено рис.6 [6].

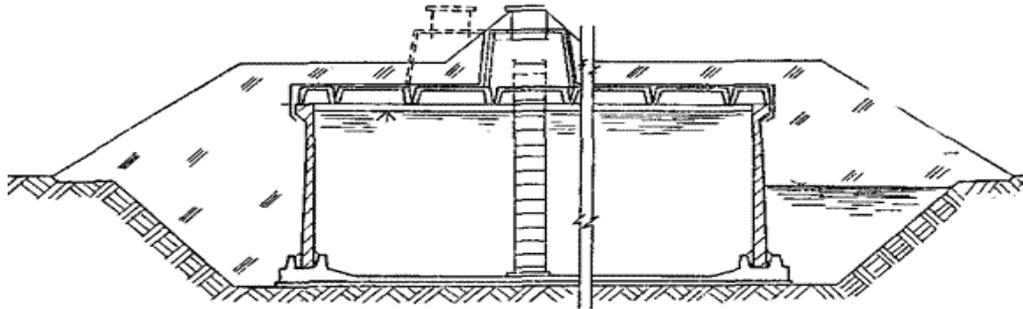


Рис.6. Размещение камеры фильтров-поглотителей совмещенной с РЧВ.

На основании типового проекта ТП 0901-9-15.1.87 «Фильтры-поглотители для резервуаров чистой воды, емкостью от 50 м³ до 300 м³», разработана схема размещения фильтров-поглотителей в «сухом» отделении хозяйственно-питьевого резервуара [7]. На рис.5. представлен вариант размещения фильтров-поглотителей и схема их обвязки внутри корпуса резервуара, в «сухом» отделении. Расход воздуха через фильтры-поглотители согласно типовому проекту ТП 0901-9-15.1.87 должен соответствовать расходу воды, отбираемой из резервуара. Удельный расход воздуха согласно типового проекта на 1 см² площади фильтра-поглотителя принимается равным 0,3 л/мин. Основные узлы и детали фильтра-поглотителя выполняются из нержавеющей материалов. Конструкция фильтра-поглотителя и компоновочное решение по его размещению в «сухом» отсеке резервуара приведены на рис. 7 и рис. 8 соответственно.

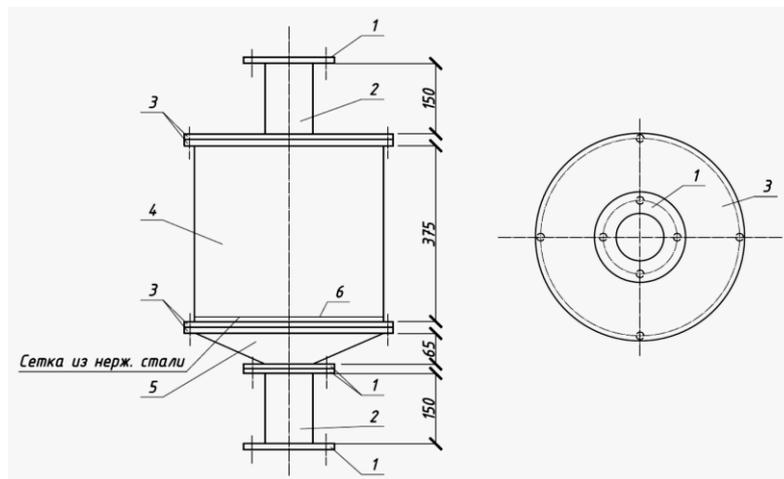


Рис.7. Конструкция фильтра-поглотителя.

1 - фланец отводящего или подводящего трубопровода; 2 - труба нержавеющая бесшовная из коррозионно-стойкой стали; 3- фланец стальной плоский приварной корпуса; 4 - корпус фильтра-поглотителя из нержавеющей бесшовной трубы; 5 - переход конический стальной из коррозионно-стойкой стали; 6 - поддерживающая сетка из нержавеющей стали с ячейкой не более 5 мм.

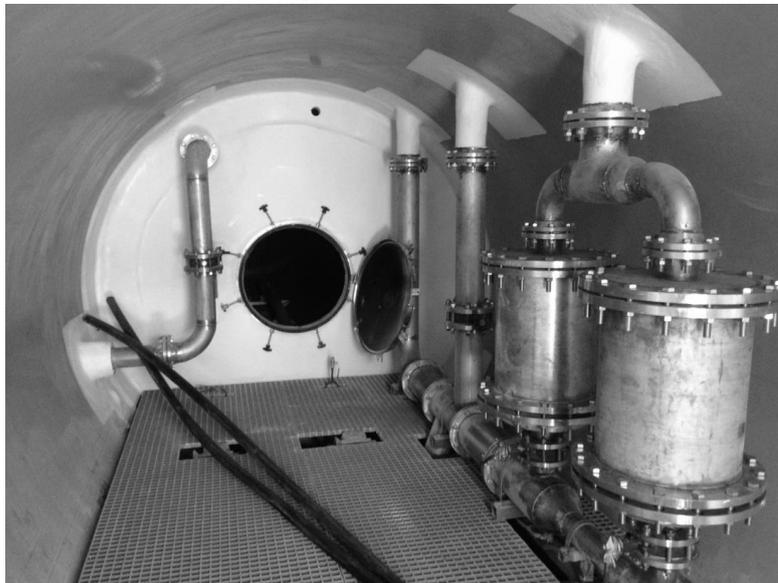


Рис.8. Компоновка фильтров-поглотителей в «сухом» отсеке резервуара.

В «сухом» отделении хозяйственно-питьевого резервуара в холодный период должна поддерживаться температура воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$, проектом предусматривается установка электрокалориферов. Направление потоков воздуха при опорожнении и наполнении резервуара регулируется установкой клапанов избыточного давления.

Основным элементом, влияющим на чистоту и бактериологические показатели поступающего в резервуар чистой воды воздуха, является загрузка фильтра-поглотителя. Согласно типовым проектам на фильтры-поглотители существует четыре основных варианта загрузки, которые приведены на рис.9 [7].

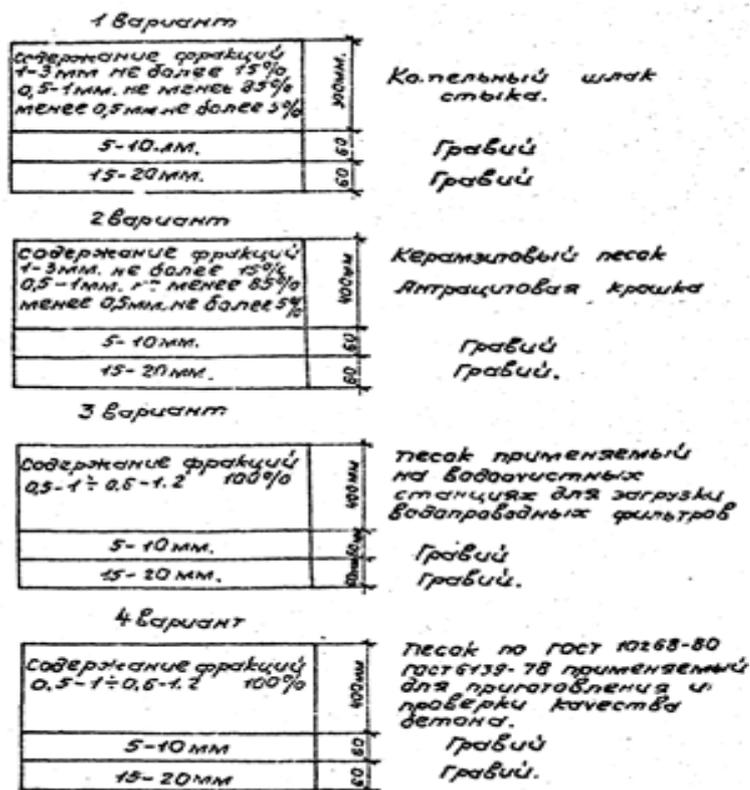


Рис.9. Основные варианты загрузки фильтра-поглотителя

Рассмотрев представленные варианты по типовому проекту ТП 0901-9-15.1.87, принимаем за основу загрузку фильтра-поглотителя по 2-му варианту.

В качестве материала загрузки поддерживающего слоя используется – гравий кварцевый отмытый и прокаленный, крупностью 15-20 мм и толщиной слоя в 50 мм, а также гравий кварцевый отмытый и прокаленный, крупностью 5-10 мм и толщиной слоя в 50 мм. В качестве материала загрузки основного слоя используется - гранулированный активированный кокосовый уголь марки NWC типа 12*30 (0,6-1,7 мм), фирмы "NWC Carbon". Толщина слоя загрузки принимается равной 250 мм [8].

Активированные угли «NWC Carbon» из скорлупы кокосового ореха обладают высокой прочностью, износостойкостью и сорбционной активностью, что обеспечивает более длительный срок их использования по сравнению с традиционными углями, изготавливаемыми из древесины.

В зависимости от схемного решения системы водоснабжения объекта возможно в «сухом» отделении резервуара разместить не только вышеперечисленное оборудование, но и устройства для очистки и обеззараживания воды, узлы учета потребления воды, устройства для гашения гидравлических ударов в трубопроводных системах, а также другое дополнительное оборудование. В системах с подземным источником водоснабжения возможно совмещение павильона скважинного водозабора с «сухим» эксплуатируемым отделением резервуара.

Выбор конструкции резервуара и способ размещения его на местности осуществляется с учетом местных условий и технологических требования. [1,2,3].

Из-за сложности грунтовых условий (скальные грунты), а также рельефа местности проектом предусматривались два варианта размещения резервуаров:

- частичное заглубление резервуаров, с обваловкой грунтом, обеспечивающим его теплоизоляцию,
- наземное размещение резервуаров, с использованием железобетонных ограждающих конструкций.

На рис. 10 и 11 представлен общий вид резервуаров по каждому варианту размещения соответственно.



Рис.10. Общий вид размещения резервуара с обваловкой грунтом.



Рис.11. Общий вид размещения резервуара с использованием железобетонных ограждающих конструкций.

Использование резервуаров такого типа конструкции позволяет существенно сократить сроки монтажа. Они экономичны и легко достигаемы для текущего обслуживания и ремонта. Компактность конструкции позволяет применять такие резервуарные парки на ограниченных, сложных площадках или в районах с высокой плотностью застройки.

В некоторых случаях на выбор конструкции резервуара и способ его размещения на местности могут существенно влиять военно-инженерные требования, в частности, уменьшение демаскирующих признаков сооружений, создание ложных конструктивно-планировочных решений, сроки возведения и демонтажа как временных сооружений для полевого водоснабжения, так и постоянных сооружений для объектов военной инфраструктуры.

Список литературы:

1. СП31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. (Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*). Минрегионразвития РФ. - М.:ФАУ «ФЦС», 2012. -139с.
2. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности. М.: МЧС РФ, 2009. - 20с.
3. Кузьмин Ю.М., Кошелев Г.Н. Водоснабжение. Часть 1. Водоснабжение объектов общевоинского строительства. ЛВВИСКУ, 1981. - 240с.
4. СТО 76255760-001-2009 Стандарт организации «Трубы и фасонные детали трубопроводов «ХОБАС» из термореактивных полимеров, армированных стекловолокном. Технические условия». - 2009.
5. Сертификат соответствия № РОСС RU СЛ90 Н00136 «Емкости накопительные для питьевой воды «ХОБАС» из термореактивных полимеров, армированных стекловолокном», №0599700, выдан ОС «ВНИИГСсертификация».
6. Резервуар для воды прямоугольный железобетонный сборный емкостью 100...250 м³ (с применением изделий промзданий) сейсмичностью 9 баллов. Типовой проект 0901-4-95.: Утв. Госстроем СССР 06.11.86. Введен в действие В/О Союзводоканалпроект12.11.86./М.: ГПИ Союзводоканалпроект при участии НИИЖБ. Альбом I. Конструктивные решения. 1986. 86 с.
7. Фильтры-поглотители для резервуаров чистой воды емкостью от 50 до 300 м³. Типовой проект 0901-9-815.1.87: Утв. и введен в действие Минжилкомхозом РСФСР 16.10.87/М.: Гипрокоммунводоканал. Альбом I. Общая пояснительная записка. Технологическая часть. Архитектурно-строительная часть. Отопление и вентиляция. 1987. 26 с.
8. Паспорт качества на активированный уголь марки NWC. ООО «NWC Carbon». СПб.: ООО «ЭнВиСиКАРБОН РУС», 2016. http://www.carbon-nwc.ru/images/goods/passp_kachestva/NWC_001.jpg/. (дата обращения 12.09.2017).

УДК: 355.673.5:628.166:628.16.087

Фесенко Л.Н., Пчельников И.В., Териков А.С.
Fesenko L.N., Pchelnikov I.V., Terikov A.S.

Оценка экономической эффективности обеззараживания питьевой воды прямым электролизом
Estimation of cost efficiency of drinking water disinfection by direct electrolysis

Аннотация:

Представлены исследования экономической эффективности прямого электролиза природных вод в сравнении с электролизом искусственно приготовленного 3%-ного раствора пищевой поваренной соли. В исследовании использовали морскую воду (воду из Черного моря); минерализованную воду (подземную воду ст. Мелиховская скв. «Огненная»); слабоминерализованную воду (подземную воду ст. Грушевской Аксайского района); 3%-ный раствор пищевой поваренной соли. В результате выполненной работы получены зависимости, характеризующие прямой электролиз природных вод разной минерализации, с экономической и энергетической сторон. Определена рациональная область электролиза для каждого исследуемого раствора.

Abstract:

Studies of the economic efficiency of natural waters direct electrolysis in comparison with electrolysis of artificially prepared 3% solution of cooking salt are presented. Sea water (water of the Black Sea); mineralized water (underground water at Melikhovskaya well, "Ognennaya"); weakly mineralized water (groundwater of the Grushevskaya Aksai district); 3% solution of cooking salt were studied. As a result of the work done, the dependencies characterizing the direct electrolysis of natural waters of different mineralization were obtained in economic and energy terms. A rational electrolysis region for each solution is determined.

Ключевые слова: прямой электролиз природных вод, электролизер, низкоконцентрированный гипохлорит натрия, обеззараживание, удельная стоимость килограмма активного хлора

Keywords: direct electrolysis of natural waters, electrolyzer, low-concentration sodium hypochlorite, disinfection, unit cost per kilogram of active chlorine

Известно, что в процессе обеспечения питьевой водой нормативного качества воинских частей силовых структур Российской Федерации в местах их постоянной дислокации на станциях водоочистки широко используется гипохлорит натрия (ГХН). Среди эксплуатационных расходов на ГХН, наряду с затратами электроэнергии наибольшее влияние оказывает стоимость поваренной соли, используемой как источник хлорид-ионов [1]. Поэтому одним из перспективных и менее затратных методов химико-биоцидной обработки воды является получение ГХН электролизом хлоридсодержащих растворов, в качестве которых могут использоваться морская, подземная и поверхностная вода.

Для метода прямого электролиза характерны такие недостатки, как низкая производительность по активному хлору (до 1–2 кг/сут), значительное ужесточение условий работы анодов при небольших концентрациях хлоридов и температурах (менее 10°C), низкий выход активного хлора по току (15–20 %) [2].

Исследования прямого электролиза природных подземных и поверхностных вод приведены в работах [3 – 6]. Так, в работе Д.Л. Басина [3], установлено, что при обработке природных вод с содержанием хлоридов 20–350 мг/л выход хлора на электродах из ОРТА составляет 4–30 %, затраты электроэнергии 20–200 кВт·ч на 1 кг активного хлора. Метод прямого электролиза рекомендован для хлорирования воды, содержащей >20 мг/л хлоридов [3].

В работах [5, 6] представлены лабораторные и производственные исследования прямого электролиза донской воды с концентрацией хлоридов 100–130 мг/дм³ [5] и подземной воды ст. Грушевская [6] с концентрацией хлоридов 200–230 мг/дм³.

В работе [5] определен оптимальный режим работы электролизера со следующими параметрами: плотность тока до 100 А/м²; скорость протока воды в электролизере 0,2–0,3 м/с; время работы электрода в режиме анода τ^+ 300 с, в режиме катода τ^- 1 ч. Электрод – оксидно-иридий-рутениево-титановый анод (ОИРТА) с массовым соотношением рутения и иридия 20:80.

Результаты производственных испытаний [6] показали возможность обеззараживания природной воды путем её прямого электролиза со следующими параметрами: плотность тока 25 А/м²; скорость подачи воды в электролизер 0,3–0,5 м/с (расход 16 м³/ч); время работы электрода в режиме анода 300 с, в режиме катода 1 ч ($\tau^+ - 300$ с, $\tau^- - 1$ ч), что устраняет отложения на поверхности электродов и увеличивает срок службы электрода до 4000 часов; электрод ОИРТА, состоящий из Ru–20% и Ir–80 %.

Можно ожидать, что природные минерализованные воды с повышенными концентрациями хлорид ионов, обеспечат значительную экономию при получении растворов ГХН и упростят технологическую схему его производства. Однако из-за существенного различия в составе

природных вод, особенно в концентрации хлорид ионов, электролиз минерализованной воды может протекать в экономически неэффективной зоне с большим расходом электроэнергии и низким выходом активного хлора, что делает актуальным определение экономически эффективной области производства низкоконцентрированного гипохлорита натрия прямым электролизом природных вод.

В качестве исследуемых растворов использовали (см. табл. 1): морскую воду (воду Черного моря); минерализованную воду (подземную воду ст. Мелиховская скв. «Огненная») разбавленная до 3% концентрации по NaCl); слабominерализованную воду (подземная вода ст. Грушевской Аксайского района); 3%-ный раствор пищевой поваренной соли.

Таблица 1

Состав исследуемых минерализованных вод

Показатели	Минерализованная подземная вода (ст. Мелиховская)		Минерализованная подземная вода (ст. Мелиховская) разбавленная до 3% по NaCl		Раствор поваренной пищевой соли (3% по NaCl)		Черноморская вода		Слабominерализованная подземная вода (ст. Грушевской)	
	Концентрации									
	мг/л	мг-экв/л	мг/л	мг-экв/л	мг/л	мг-экв/л	мг/л	мг-экв/л	мг/л	мг-экв/л
Ca ²⁺	2000,0	100,0	1160	58,0	130,0	6,5	200,0	10,0	176,0	8,8
Mg ²⁺	972,0	80,0	449,6	37,0	54,68	4,5	733,9	60,4	75,33	6,2
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	2972,0	180,0	1609,6	95,0	184,68	11,0	933,9	70,4	251,33	15,0
Na ⁺ + K ⁺	16640,5	723,5	10221,2	444,4	11782,9	512,3	6131,8	266,6	385,25	16,75
HCO ₃ ⁻	610,0	10,0	244,0	4,0	189,1	3,1	183,0	3,0	378,2	6,2
CO ₃ ²⁻	-	-	-	-	-	-	15,0	0,5	-	-
SO ₄ ²⁻	960,0	20,0	576,0	12,0	187,2	3,9	1248,0	26,0	385,25	8,03
Cl ⁻	30948,0	873,0	18568,7	523,8	18303,0	516,3	10919,0	308,0	230,0	6,49
Fe ³⁺	9,4	0,5	7,5	0,4	-	-	-	-	-	-
P, мг/л	52139,9		31227,0		30646,9		19430,0		1630,0	
pH, ед.	7,4		7,34		7,9		8,4		7,6	

Электролиз исследуемых растворов проводили в бездиафрагменной электрохимической ячейке ($V_{\text{яч}}=66$ мл) на постоянном электрическом токе в проточном режиме работы (рис. 1) с плотностью тока 1000 А/м^2 . Из-за низкой минерализации электролиз подземной воды ст. Грушевской исследовали при плотности тока 100 А/м^2 . Во времени электролиза измеряли напряжение на электрохимической ячейке и определяли концентрацию активного хлора. Исследования проводили при температуре 22-24°C. В исследовании использовали оксидно-иридиево-рутений-титановые аноды (ОИРТА) с межэлектродным расстоянием 2 мм. Рабочие площади анода и катода были равными и составляли по 14 см^2 , размер электродов – 70×10 мм, толщина 1 мм. В качестве источника постоянного напряжения использовали инверторный блок питания марки GW INSTEK 3610 с системой автоматического поддержания силы постоянного тока.

Как видно из таблицы 1 в исследуемой воде (минерализованная подземная вода ст. Мелиховской) присутствует железо, наличие которого в электролизере нежелательно, так как на его окисление расходуется гипохлорит ион. Поэтому перед подачей воды в электролизную ячейку железо удаляли окислением кислородом воздуха, аэрируя необходимый объем исследуемого раствора и затем отфильтровывая осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$ на бумажном фильтре.

Во время эксперимента изменяли расход воды через ячейку (0,1-6,0 л/ч) и определяли концентрацию активного хлора в получаемом ГХН. Результаты эксперимента представлены на рис. 2 в виде графика зависимости концентрации активного хлора от

времени пребывания электролита в ячейке.

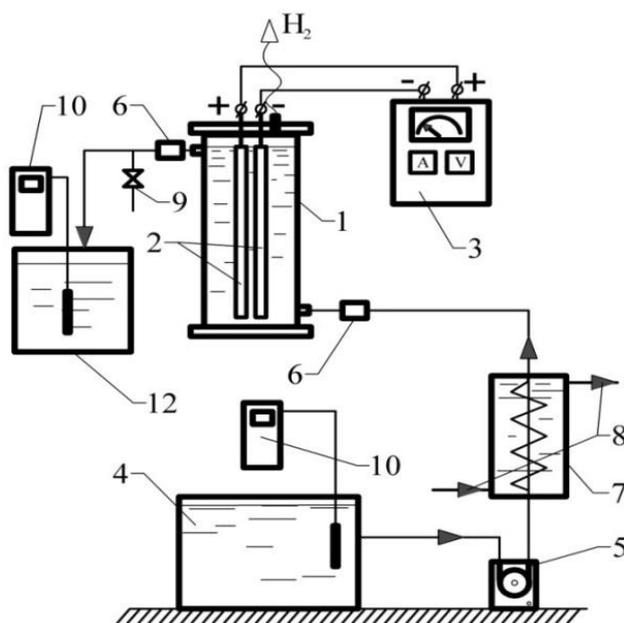


Рис. 1. Схема экспериментальной установки проточного типа: 1 – электролизная ячейка; 2 – электроды; 3 – блок питания; 4 – емкость-накопитель; 5 – перистальтический насос; 6 – термометр; 7 – термостат; 8 – патрубок подвода и отвода охлаждающей воды; 9 – пробоотборник; 10 – рН-метр; 11 – магнитная мешалка; 12 – накопитель ГХН

Полученные зависимости изменения концентрации активного хлора (рис. 2) характеризуются кривыми, достигающими некоторого предельного значения, величина которого зависит от природы электролита его солесодержания и концентрации хлоридов. При электролизе исследуемых растворов были получены следующие максимальные концентрации активного хлора: воды Черного моря – 5,5 г/л, вода скв. «Огненная» - 6,5 г/л; 3% раствора NaCl – 6,6 г/л и подземной воды ст. Грушевской 0,09 г/л (рис. 2).

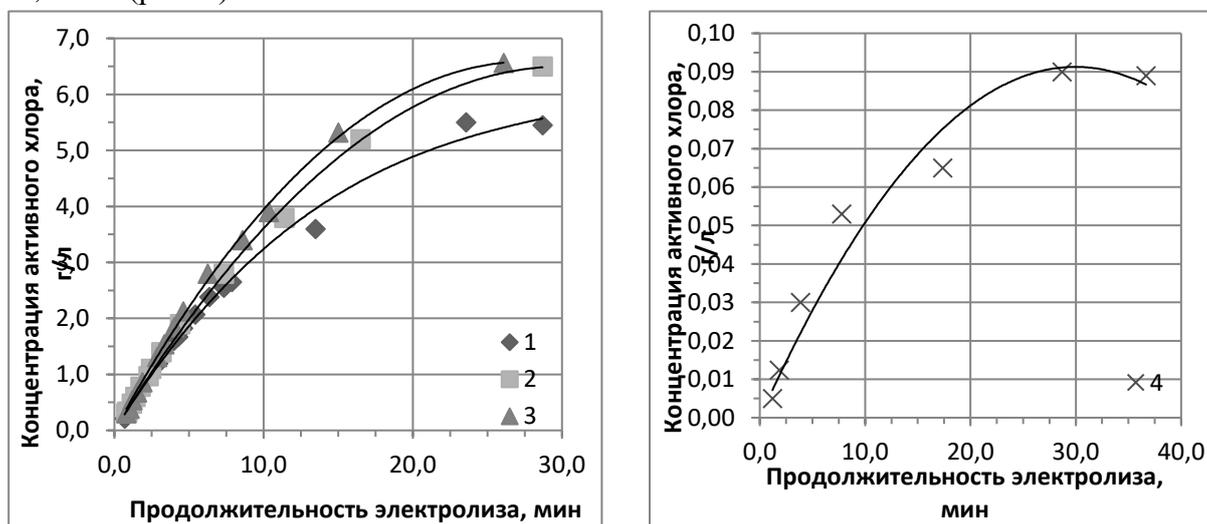


Рис. 2. Зависимость концентрации активного хлора от времени пребывания электролита в ячейке: 1 – вода Черного моря; 2 – скв. «Огненная»; 3 – 3% раствор NaCl; 4 – подземная вода ст. Грушевской

Для определения экономической эффективности производства ГХН прямым электролизом природной воды оценивали затраты электроэнергии на электролиз и определяли удельную стоимость килограмма активного хлора.

Величина затраченной электроэнергии на получение килограмма активного хлора может быть рассчитана по формуле:

$$W = \frac{I \cdot U}{C \cdot q}, \quad (1)$$

где W - расход электроэнергии на получение 1 кг активного хлора, кВт·ч/кг; I – сила тока, А; U – напряжение на электрохимической ячейке, В; C – концентрация активного хлора, г/л; q – расход электролита, дм³/ч.

На рисунке 3 представлены зависимости, характеризующие расход электроэнергии на получение 1 кг активного хлора от продолжительности электролиза исследуемых растворов.

С увеличением продолжительности электролиза (уменьшением расхода) расход электроэнергии на производство килограмма активного хлора увеличивается. Так, при электролизе воды Черного моря он находился в пределах 4,2-9,1 кВт·ч/кг; вода скв. «Огненная» - 3,6-7,0 кВт·ч/кг; 3% раствора NaCl – 3,1-5,6 кВт·ч/кг; вода ст. Грушевской – 15,0-49,5 кВт·ч/кг (рис. 3).

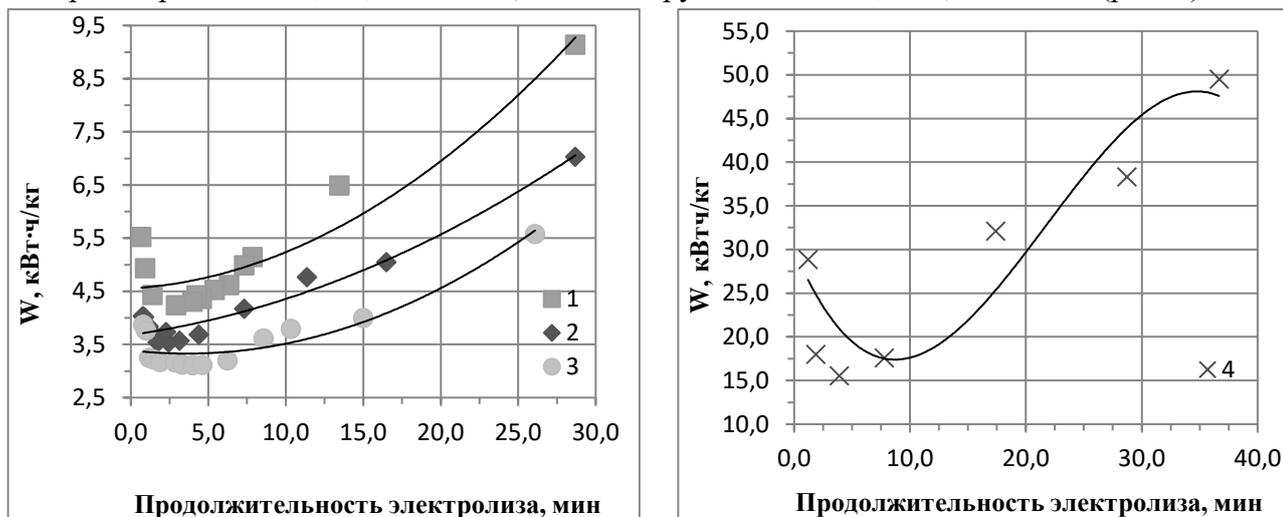


Рис. 3. Зависимость расхода электроэнергии, пошедшей на получение 1 кг активного хлора от продолжительности электролиза исследуемых растворов: 1 – вода Черного моря; 2 – скв. «Огненная»; 3 – 3% раствор NaCl; 4 – подземная вода ст. Грушевской

Графики, представленные на рисунке 4, получены путем вычисления стоимости одного килограмма гипохлорита, которая для 3%-ного раствора пищевой поваренной соли, $\Pi_{3\%с.р.}$ составит, руб./кг:

$$\Pi_{3\%с.р.} = W \cdot \Pi_{эл} + 5 \cdot \Pi_c, \quad (2)$$

где $\Pi_{эл}$ – стоимость киловатт-час электроэнергии, 4,06 руб./кВт·ч; Π_c – стоимость килограмма соли, 3,5 руб.

Аналогично для природной воды, $\Pi_{п.в.}$, руб./кг:

$$\Pi_{п.в.} = W \cdot \Pi_{эл}. \quad (3)$$

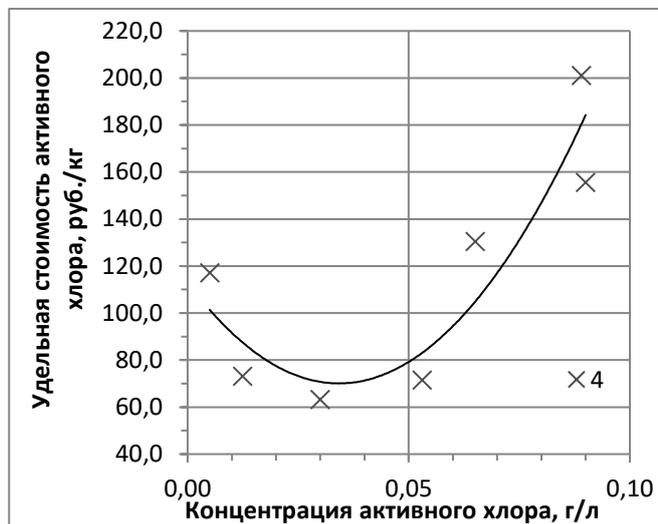
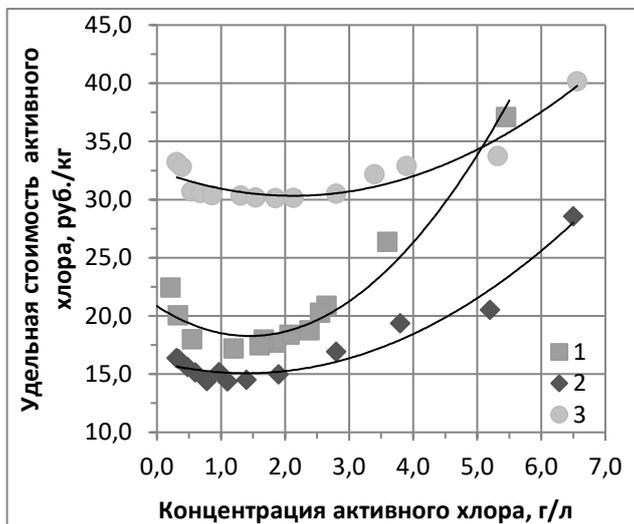


Рис. 4. Стоимость килограмма активного хлора от его концентрации: 1 – вода Черного моря; 2 – скв. «Огненная»; 3 – 3% раствор NaCl; 4 – подземная вода ст. Грушевской

Удельная стоимость ГХН, полученного электролизом 3% раствора поваренной соли, находилась на уровне 30-40 руб./кг, что объясняется стоимостью пищевой соли, которая составляет от 40 % до 60 % себестоимости килограмма активного хлора. Самая высокая стоимость килограмма активного хлора (до 200 руб./кг) была получена при электролизе слабоминерализованной подземной воды ст. Грушевской (рис. 4), что очевидно связано с её невысокой минерализацией (1,63 г/л) и относительно низкой концентрацией хлоридов (до 230 мг/л).

На рисунке 4 кривые 1 и 3 пересекаются, следовательно, электролиз воды Черного моря экономически выгоднее электролиза раствора поваренной соли до концентрации 5,0 г/л по активному хлору (рис. 4).

Для определения наиболее эффективной области электролиза рассмотрим зависимость выхода хлора по току от продолжительности электролиза (рис. 5). Электролиз исследуемых растворов протекал с максимальным выходом хлора по току 75-90 % (16,6 % для воды ст. Грушевской) при продолжительности электролиза от 2,5 до 5 минут. Такой промежуток времени характеризуется наименьшим удельным потреблением электроэнергии на электролиз и минимальной стоимостью килограмма активного хлора, которая составила для (рис. 4): воды Черного моря 17,2-18,3 руб./кг; воды скв. «Огненная» - 14,3-15,0 руб./кг; 3% раствора NaCl – 30,1 руб./кг; воды ст. Грушевской – 63,0-73,0 руб./кг.

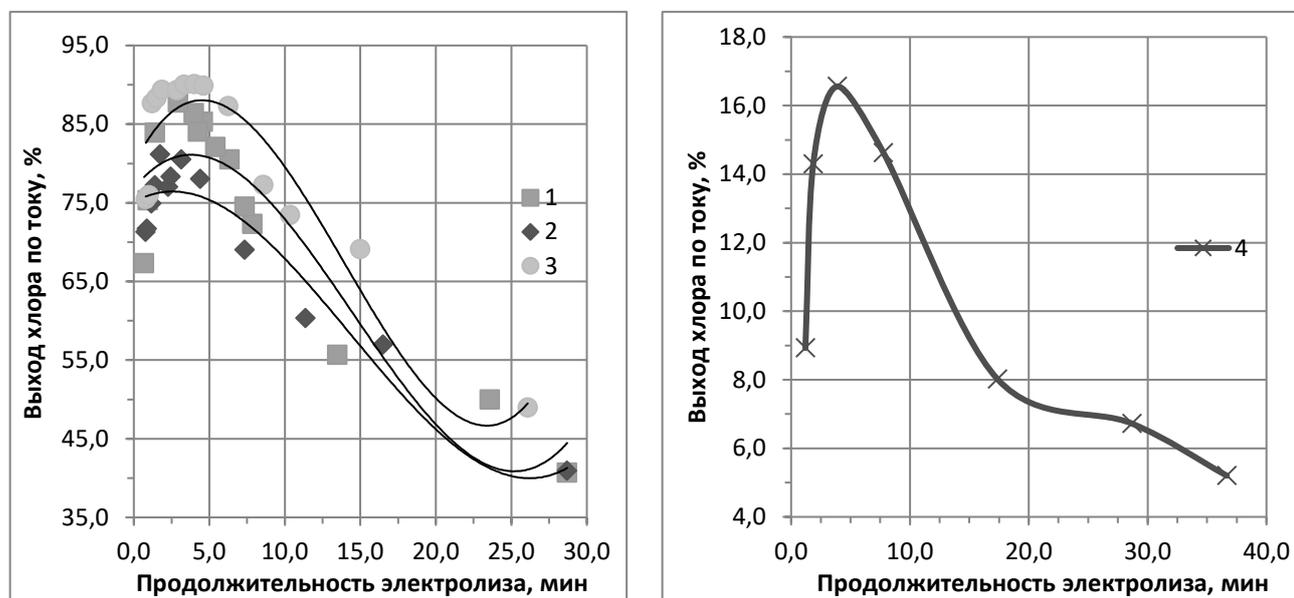


Рис. 5. Влияние продолжительности электролиза на выход хлора по току: 1 – вода Черного моря; 2 – скв. «Огненная»; 3 – 3% раствор NaCl; 4 – подземная вода ст. Грушевской

Результаты экспериментов (рис. 2-5) сведены в таблицу 2. Представленные значения характеризуют весь диапазон работы электролизера, в скобках указана оптимальная область работы.

Таблица 2

Показатели эффективности электролиза исследуемых растворов

Показатель	Черноморская вода	Минерализованная подземная вода (ст. Мелиховская) разбавленная до 3% по NaCl	3% раствор NaCl	Слабоминерализованная подземная вода (ст. Грушевская)
Концентрация активного хлора, г/л	0,25-5,5 (1,0-2,0)	0,3-6,4 (1,0-2,0)	0,3-6,6 (1,0-2,0)	0,005-0,09 (0,05-0,03)
Напряжение, В	4,91	3,9	3,72	3,4
W, кВт·ч/кг	4,2-9,1 (4,2-4,5)	3,6-7,0 (3,5-3,7)	3,1-5,6 (3,1-3,2)	15,0-49,5 (15,0-18,0)
Удельная стоимость активного хлора, руб./кг	17,2-37,1 (17,2-18,3)	12,7-29,8 (14,3-15,0)	30,1-40,2 (30,1-30,2)	63,0-201,0 (63,0-73,0)
Выход хлора по току, %	40,9-87,7 (84,0-87,7)	40,8-81,2 (78,0-81,2)	50,0-90,0 (89,3-90,0)	36,7-16,6 (14,2-16,6)

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Существует корректная возможность получения гипохлорита натрия прямым электролизом природной воды с концентрацией хлоридов от 230 мг/л до 18,6 г/л.
2. Наиболее целесообразно применять предлагаемую технологию получения ГХН для водоочистки в системах питьевого водоснабжения тех воинских частей силовых структур РФ, которые дислоцируются вдоль океанских и морских побережий государства.
3. Для определения действительных затрат электроэнергии и стоимости килограмма активного хлора прямой электролиз природных вод необходимо вести с определенной плотностью тока, соответствующей концентрации хлорид-ионов в данном растворе и его минерализации. Для

установления такой зависимости (плотность тока - концентрация хлоридов) необходимо проведение дальнейших исследований.

4. Стоимость килограмма активного хлора, полученного прямым электролизом воды: Черного моря 17,2-18,3 руб./кг; ст. Мелиховская скв. «Огненная» 14,3-15,0 руб./кг; 3% раствора NaCl – 30 руб./кг; ст. Грушевской – 63,0-73,0 руб./кг.

Список литературы:

1. Совершенствование технологии производства гипохлорита натрия электролизом морской воды. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Пчельников И.В. // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1. С. 11-20.
2. Кульский Л. А. Электрохимия в процессах очистки воды [Текст] // Л. А. Кульский, В. Д. Гребенюк, О. С. Савлук. – Киев: Техника, 1987. – 220 с.
3. Медриш Г.Л., Тейшева А.А., Басин Д.Л. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролизера. – М.: Стройиздат, 1982. – 81с.
4. Басин Д. Л. Исследование технологии и разработка аппаратуры для обеззараживания питьевой воды прямым электролизом [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Басин Дмитрий Лазаревич. – Москва, 1978. – 140 с.
5. Бреус С. А., Скрябин А. Ю., Фесенко Л. Н. Разработка технологии очистки природной воды для питьевых целей на период чрезвычайных ситуаций: производство активного хлора электролизом воды // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3655 (дата обращения 12.04.2017).
6. Производственные испытания обеззараживания питьевой воды прямым электролизом. Фесенко Л.Н., Скрябин А.Ю., Бреус С.А., Пчельников И.В. Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 5. С. 15-20.

УДК 355.673.5:696.115

*Подпорин А.В., Сизон Е.К.
Podporin A.V., Sizon E.K.*

К вопросу обоснования расчетов проектных расходов воды в системах водоснабжения жилых и казарменных зон военных городков

On the question of justification of project costs calculations of water consumption in water supply systems of residential areas and barracks of garrison towns

Аннотация:

В статье рассматривается вопрос определения расчетных расходов во внутренних системах водоснабжения. Приводится сравнение результатов расчета по методике СП30.13330.2016 [1] и DIN 1988 [2]. Оцениваются последствия проектирования систем водоснабжения по завышенным и заниженным расходам.

Abstract:

The article considers the issue of determining rated water flow in domestic water supply systems. Comparison of calculation results by the method of SP30.13330.2016 [1] and DIN 1988 [2] is given. The consequences of designing water supply systems at inflated and underestimated costs are estimated

Ключевые слова: проектные расходы, оптимальный диаметр, методика расчета, потребители воды, режим работы оборудования, система водоснабжения.

Keywords: design water flow, optimal diameter, calculation methodology, water users, equipment operation mode, water supply system.

При разработке энергоэффективных систем водоснабжения жилых и казарменных зон военных городков, основным фактором, определяющим их эффективность, является соответствие проектных расходов, определяемых в процессе проектирования, фактическим, протекающим по системам при эксплуатации. По проектным расходам определяются диаметры трубопроводов, и подбирается необходимое оборудование, а вот то, как вся система будет работать в целом, уже зависит от фактических эксплуатационных расходов в каждый временной отрезок.

Если расчетные расходы будут значительно превышать эксплуатационные, то в этом случае завышаются непосредственные затраты на саму систему водоснабжения, а установленное оборудование будет работать с очень низким КПД. Работа насосов с низким КПД, при малых расходах, приводит к увеличению количества потребляемой энергии, относительно единицы перекачиваемой жидкости, увеличению давления в сети водоснабжения и, в случае использования одного рабочего насоса, сокращению рабочего ресурса насоса, из-за смещения рабочей точки из оптимальной зоны. А если при этом учесть, что затраты на транспортировку воды составляют значительную часть эксплуатационных затрат, то увеличение проектных расходов неизбежно приводит к более высоким эксплуатационным затратам и коммунальным платежам ресурсоснабжающим организациям.

Однако худшим последствием завышенных проектных расходов становится не столько более высокие прямые и эксплуатационные затраты, а сколько ухудшение качества подаваемой потребителям воды в системах водоснабжения. Расчетные проектные расходы являются, по сути, мгновенными секундными расходами, которые наблюдаются в течение нескольких минут в утренние и вечерние часы максимального водопотребления, а если еще точнее – несколько раз в год, а именно накануне праздничных дней и плановых комплексных проверок воинских частей. Во все остальные временные промежутки расход воды в системах водоснабжения значительно меньше максимальных. При этом подбор «оптимальных» диаметров трубопроводов на пропуск завышенного максимального расхода, да еще с возможным запасом, приводит к тому, что большую часть времени вода в трубопроводах практически стоит или протекает с минимальными скоростями. В таких системах могут образовываться застойные зоны, в которых происходит ухудшение качества подаваемой воды.

Таким образом, при завышенных проектных расходах потребитель вынужден платить больше за худшее качество, что совершенно не вписывается в создание высокоэффективных систем.

Если же расчетные расходы будут значительно меньше эксплуатационных, то фактические скорости протекания жидкости во всех элементах системы, и, в первую очередь, в трубопроводах, будет превышать допустимые значения. Завышенные скорости течения жидкости, во-первых, приводят к быстрому износу системы, включая применяемое оборудование. И, во-вторых, что является наиболее существенным, при высоких скоростях в геометрической прогрессии увеличиваются потери давления в трубопроводах, что приводит опять же к смещению рабочей точки насосов из оптимальной зоны и, в худшем случае, отсутствию воды у потребителей в часы максимального водопотребления по причине высоких потерь давления.

По указанной причине, как нам представляется, очень важно на этапе проектирования определить расчетный расход наиболее приближенный к эксплуатационному и корректно подобрать необходимое оборудование. В СНиП 2.04.01-85 [3] «Внутренний водопровод и канализация зданий» появилась методика расчета расходов воды по вероятности действия приборов и количеству

потребителей, основанная на натурных исследованиях, доказывающих особую приближенность получаемых при расчете расходов фактическим. Казалось бы, с введением новой актуализированной редакции СНиП 2.04.01-85, в виде СП 30.13330 в редакции 2016 года, в котором была возвращена методика расчета из СНиП, основанная на вероятностном характере расходов, споры по определению расчетных расходов теряют свою актуальность. Но если обратить внимание на европейские нормы, в которых применяется совсем иной подход при определении расчетных расходов, то стоит еще раз обратиться к этой теме. Учитывая то, что по действующей европейской методике DIN 1988 определяются расходы, приводимые практически во всех каталогах европейских фирм, торгующих оборудованием для систем водоснабжения на отечественном рынке, в том числе и произведенном на их предприятиях, расположенных на территории Российской Федерации и Республики Беларусь. И именно расчет по методике DIN практически навязывается потребителю со стороны большинства поставщиков, обосновывающих свою позицию тем, что именно такой подход гарантирует оптимальную эффективную работу трубопроводов и оборудования и обеспечивает гарантийные обязательства на поставляемое оборудование.

Здесь следует отметить, что методики по СНиП и по DIN, имеют принципиально разный подход. В расчетах, определяемых по СНиП, расход зависит исключительно от количества и типа потребителей (военнослужащие по контракту и члены их семей, военнослужащие по призыву, ведомственные нормы расхода воды на различные виды служебной деятельности и т. п.), а в расчетах по DIN 1988 расходы определяются только в зависимости от количества приборов на расчетном участке и типа помещений в которых они установлены.

В расчете по СНиП на конечную величину расхода, определяемую по простой формуле (1), влияет достаточно много факторов — число потребителей, количество приборов, заселенность квартир жилых зданий, нормы расхода и др., а также тип приборов и места их установки.

$$q = 5q_0\alpha, \quad (1)$$

где: q_0 — секундный расход воды (общий, горячей или холодной), л/с, водоразборной арматурой (прибором);

α - коэффициент, определяемый в соответствии с таблицами СП30.13330 (СНиП), в зависимости от общего числа приборов и вероятности их действия (или использования) на расчетном участке.

Количество установленных приборов влияет на вероятность их действия и использования. Однако при определении коэффициента α , от которого зависит величина расхода, количество приборов учитывается лишь при их числе не более 200 шт. Секундный расход прибором q_0 также может изменяться в расчетах от 0,1 до 0,3 л/с в зависимости от рассчитываемой системы водоснабжения.

Расчет расходов воды по DIN 1988 (часть 3 9.1.) основывается на определении расчетных расходов воды в зависимости от суммы единичных расходов различными приборами и назначения помещений. Расход единичным прибором определяется в зависимости от назначения помещений, а по общему числу приборов на расчетном участке определяются коэффициенты влияния приборов, от которых непосредственно зависит сам расчетный расход.

Для сравнения расчетных расходов нами, в качестве примера, был выполнен расчет общего количества потребляемой воды в доме офицерского состава на 33 квартиры с расчетным числом проживающих в них 198 человек.

При расчете по СП 30.13330.2016 общий расход потребляемой зданием воды (холодной и горячей) составил 2,64 л/с, при величине $\alpha = 1,77$ и $q_0 = 0,3$ л/с. Расход только холодной воды составил 1,42 л/с при соответствующих значениях α и q_0 равными 1,42 и 0,2 л/с.

При расчете этого же здания по DIN 1988 расход холодной воды, потребляемой зданием, определялся по формуле 2

$$q=0.2*\sqrt[a]{N}+KN \quad (2)$$

где: q-расчетный расход в л/с;

a - величина, зависящая от принятой нормы водопотребления на 1 человека в сутки и принимаемая по табл.10 DIN 1988

K –коэффициент, зависящий от количества эквивалентов и принимаемый по табл. 11 DIN 1988;

N- суммарное количество водоразборных кранов в доме офицерского состава или на расчетном участке в эквивалентных единицах.

$$a = 0.2$$

$$K=0.002$$

$$N = 147 \text{ (ванна - 33, умывальник - 40, унитаз - 41, мойка - 33)}$$

$$q=0.2*\sqrt[0.2]{147}+0.002*147=2.714 \text{ л/с.}$$

Результаты расчетов показывают, что при определении проектных расходов по DIN 1988 или по каталогам европейских фирм-производителей труб и оборудования, полученные результаты почти в 2 раза (на 90 %) превышают значения, получаемые по СП30.13330.2016. Получаемые результаты вполне удовлетворяют интересам поставщиков импортного оборудования, т.е. продать как можно больше и дороже. А потребители в силовых ведомствах, соглашающиеся в процессе проектирования на использование расчётного аппарата DIN 1988, получают более высокую цену за поставляемое оборудование, возможные проблемы с качеством воды и завышенные эксплуатационные затраты.

При этом необходимо учесть, что исследования по сравнению проектных и фактических расходов, лежащие в основе методики СНиП 2.04.01-85, были проведены еще в конце 70-х годов прошлого века (более 40 лет назад). За прошедшее время нормы расхода воды, приводимые в СП30.13330.2016, за исключением суточных расходов, не изменялись. Но фактические расходы, не только суточные, но и часовые и секундные в последнее время сильно изменились. В первую очередь, это связано с самими водоразборными приборами, а также с изменением режима водопотребления. Сегодня практически все смесители и душевые сетки оборудуются аэраторами, в результате чего потребители используют водовоздушную смесь, а не воду в чистом виде. При этом водопотребление как прибором, так и потребителем снижается на 20-25 % по сравнению с обычными смесителями. Введение электроснабжающими компаниями тарифа день/ночь также сместило некоторые бытовые процедуры военнослужащих (стирка белья и мойка посуды после ужина) на ночные часы, что отражается на часовых расходах, особенно в часы максимального водопотребления.

Таким образом, фактические расходы в системах водоснабжения, как часовые, так и секундные, сегодня существенно ниже расходов, которые были 40 лет назад. И даже расчет по методике СНиП 2.04.01-85*. "Внутренний водопровод и канализация зданий" дает завышенные расходы по сравнению с расходами фактическими. Для исправления сложившейся ситуации необходимо проведение масштабных исследований по корректировке всех ведомственных норм водопотребления (суточных часовых, секундных). Проведение подобных научно-исследовательских работ на нескольких объектах в разных военных округах даст достаточные основания для изменения ведомственных норм. А пока подобные исследования не проведены (или не обнародованы) необходимо выполнять расчет, как нам представляется, по методике СП 30.13330.2016 (СНиП 2.04.01-85), как наиболее близкой к реальным расходам, без использования так называемых

коэффициентов запаса, и подбор трубопроводов и оборудования производить по полученным результатам.

Список литературы:

1. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. М.: 2016, -96с.
2. DIN 1988 standard series - «Технические правила для системы питьевого водоснабжения». <http://aquatherm-msk.ru/menu/proektirovnie-i-rschet/> (дата обращения 17.08.2017)
3. СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий. Минстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 1996. — 60 с.

УДК 355.7:628.292

*Игнатчик В.С., Седых Н.А., Гринев А.П.
Ignatchik V.S., Sedih N.A., Grinev A.P.*

Экспериментальное исследование неравномерности притока сточных вод

Experimental study of sewage water imperfect periodicity

Аннотация:

Приведены результаты экспериментального исследования неравномерности поступления сточных вод на канализационные насосные станции хозяйственно-бытовой внутриквартальной водоотводящей сети, выполнена проверка полученной в ходе математического моделирования зависимости для нахождения общих максимальных коэффициентов неравномерности притока сточных вод на КНС.

Abstract:

The results of an experimental study of sewage water imperfect periodicity of entering the sewage pumping stations of the domestic and inner-block drainage network are presented, the dependence obtained in the course of mathematical modeling is found to calculate the overall maximum coefficients for the sewage water imperfect periodicity entering the SPS.

Ключевые слова: *внутриквартальная водоотводящая сеть, канализационные насосные станции, сточные воды, график притока, неравномерность притока, общий максимальный коэффициент неравномерности.*

Keywords: *internal drainage net, sewage pumping stations, wastewater, inflow schedule, uneven flow, total maximum unevenness factor.*

Насосы, оборудование и трубопроводы на канализационных насосных станциях (КНС) выбирают в зависимости от расчетного притока сточных вод. Расчетные общие – максимальные и минимальные притоки сточных вод, с учетом суточной, часовой и внутрисуточной неравномерностей, следует определять по результатам моделирования на ЭВМ систем водоотведения, учитывающих графики притока сточных вод от зданий, крупных микрорайонов для военнослужащих, предприятий МО РФ, протяженность и конфигурацию сетей, наличие насосных станций и т.д., либо по данным фактического графика водоподдачи при эксплуатации аналогичных объектов. При отсутствии

указанных данных допускается принимать общие коэффициенты (максимальный и минимальный) из ведомственных строительных норм (ВСН) [1] и свода правил (СП) [2].

Как показали исследования, проведенные на 110 КНС Санкт-Петербургского гарнизона и Западного военного округа [3, 4] в хозяйственно-бытовой канализационной сети крупных микрорайонов (внутриквартальной сети), при увеличении средних расходов сточных вод наблюдается значительное отклонение общих максимальных коэффициентов неравномерности от нормативных, приведенных в ВСН и СП [1, 2], в большую сторону.

В рамках исследования неравномерности притока сточных вод на транспортные сооружения системы водоотведения проведено математическое моделирование гидравлических режимов хозяйственно-бытовой водоотводящей сети жилого района [4].

В процессе математического моделирования получена зависимость для нахождения общих максимальных коэффициентов неравномерности притока сточных вод на КНС хозяйственно-бытовых водоотводящих сетей жилых районов (внутриквартальные сети) от среднего расхода сточных вод

$$k_{\max} = \frac{k_{\max}^{усх}}{q_{cp}}, \quad (1)$$

где k_{\max} – общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод на КНС; $k_{\max}^{усх}$ – общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод отдельных зданий (абонентов); q_{cp} – средний расход сточных вод, л/с.

Для использования полученной зависимости на практике, разработана методика расчета, согласно которой:

1. Строятся графики неравномерности водоотведения (водопотребления) каждого здания (абонента), полученные на основании данных приборов учета, либо по данным эксплуатации аналогичных объектов;

2. Суммируются полученные значения, определяется среднесуточное водоотведение (водопотребление) жилого района;

3. Вычисляется общий максимальный коэффициент неравномерности среднесуточного водоотведения (водопотребления) жилого района, по известной формуле [5, 6]

$$k_{\max} = k_1 \cdot k_2, \quad (2)$$

$$k_1 = Q_1 / Q_2,$$

$$k_2 = q_1 / q_2,$$

где k_1 – коэффициент суточной неравномерности сточных вод; Q_1, Q_2 – максимальный и средний суточный расход за год; k_2 – коэффициент часовой неравномерности; q_1, q_2 – максимальный и средний часовые расходы в сутки.

4. По зависимости (1) определяется общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод на КНС.

Для подтверждения полученных результатов было проведено исследование неравномерности поступления сточных вод на КНС.

Рассматриваемая КНС расположена в Санкт-Петербургском гарнизоне и относится к насосным станциям, перекачивающим хозяйственно-бытовые стоки внутриквартальной водоотводящей сети.

Схема расположения КНС и водоотводящих сетей жилой зоны, к которой относится КНС, представлена на рисунке 1.

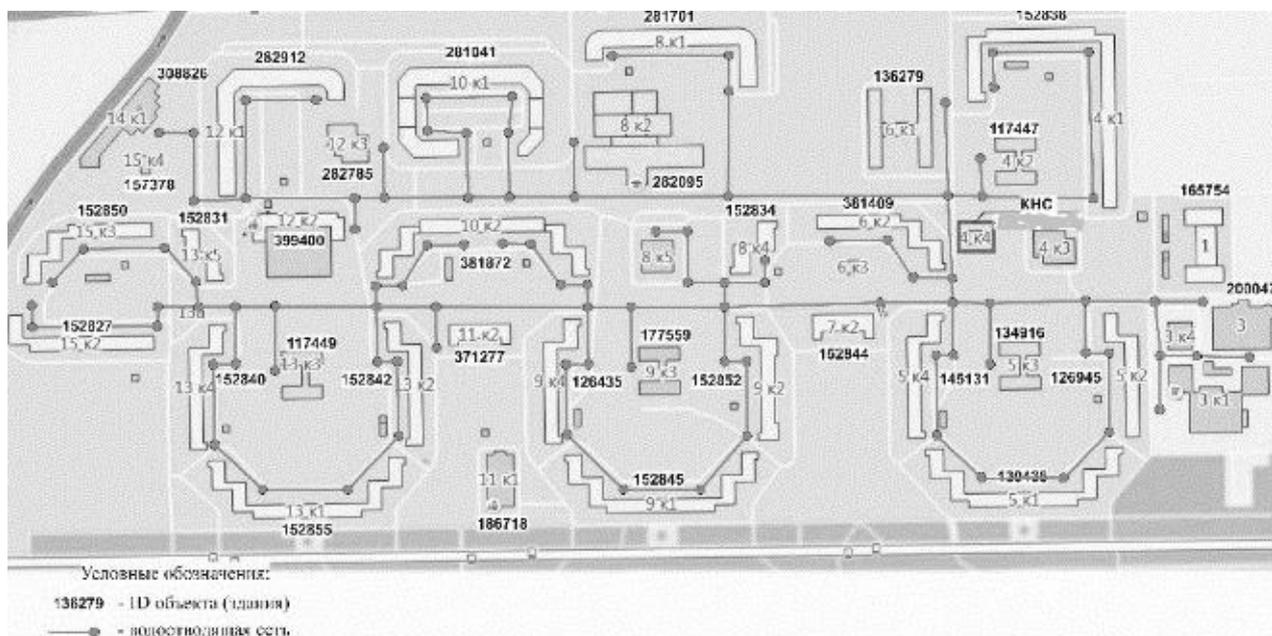


Рисунок 1.

Общий вид зоны водоотведения КНС с нанесенными водоотводящими сетями

Экспериментальное исследование проводилось в три этапа:

На первом этапе, в режиме реального времени с дискретностью одна минута, собиралась информация о потреблении воды отдельными зданиями исследуемого района [7].

Информация получена из хранилища баз данных автоматизированной системы управления за период с 01.01.2016 г. по 09.02.2016 г для 34 зданий.

В тот же период была собрана информация с двух расходомеров о работе насосов КНС с дискретностью пять минут.

На втором этапе собранная информация обобщалась и обрабатывалась в программе Microsoft Excel. В результате были получены графики водопотребления отдельных зданий и график притока сточных вод на исследуемую насосную станцию. На рисунках 2, 3 приведены примеры полученных сводных графиков водопотребления и притока сточных вод в % от среднего расхода и притока соответственно.

На третьем этапе осуществлялась проверка теоретически полученной зависимости (1) по разработанной методике расчета.

Первая позиция методики была выполнена на втором этапе экспериментальных исследований (см. рисунки 2, 3).

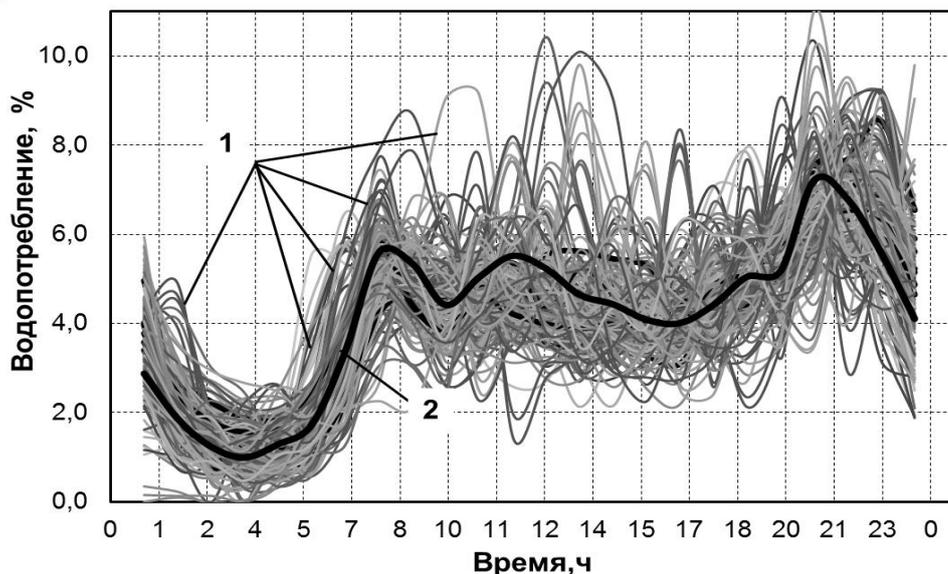


Рисунок 2.

Сводный график водопотребления в % от суточного расхода: 1 – водопотребление в один из дней от одного из абонентов; 2 – среднее значение водопотребления за рассматриваемый период

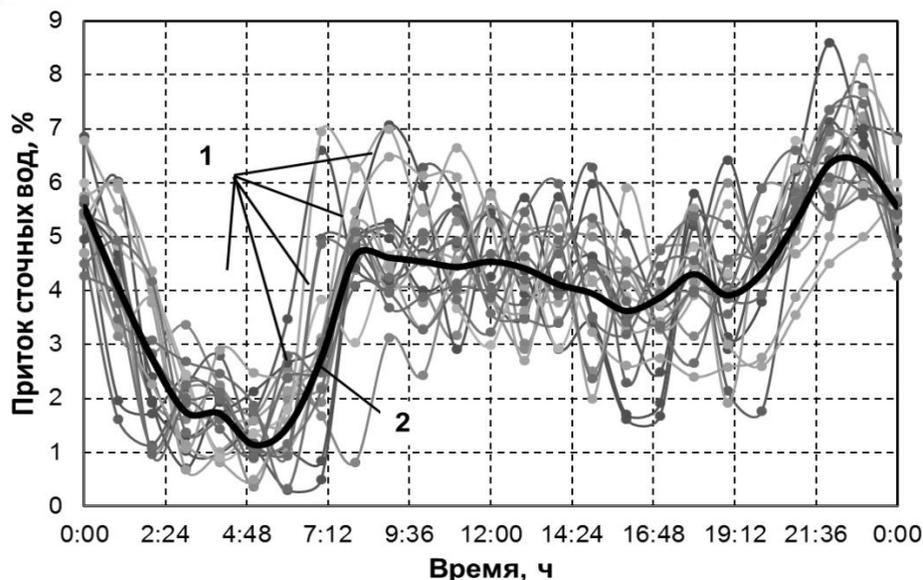


Рисунок 3.

Сводный график притока сточных вод на КНС: 1 – приток в один из дней; 2 – среднее значение притока за рассматриваемый период

Далее, суммировались значения водопотребления от каждого здания (абонента) и вычислялось среднее значение водопотребления за рассматриваемый период (с 01.01.2016 г. по 09.02.2016 г.). Среднесуточное водопотребление ($Q_{ср.час}$) для рассматриваемого жилого района равно 80,54 м³/ч.

На рисунке 4 проиллюстрирован результат сложения значений водопотребления отдельных зданий (абонентов), нахождения среднего значения водопотребления за рассматриваемый период и вычисление среднесуточного значения водопотребления.

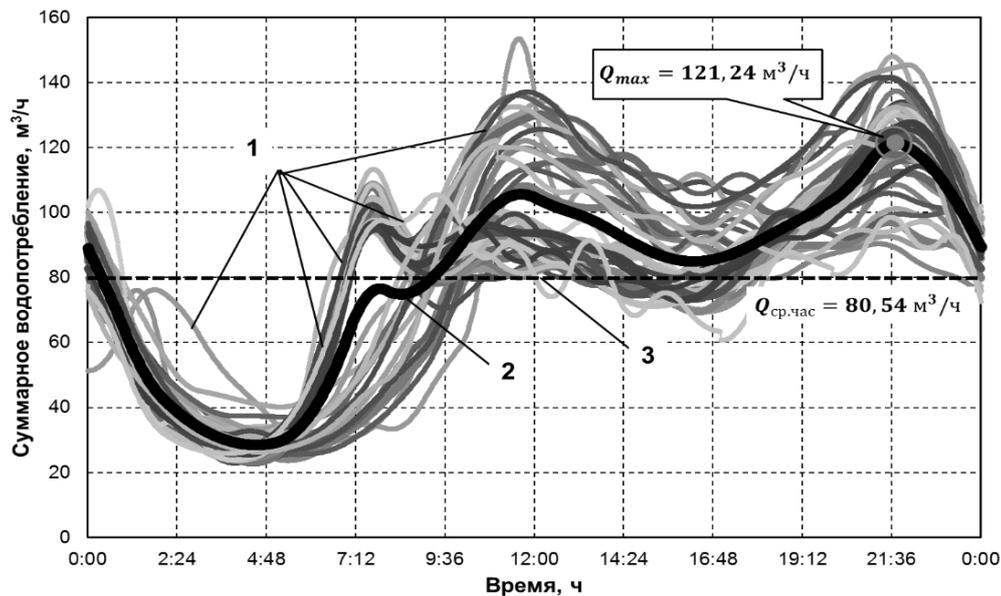


Рисунок 4.

Результат сложения графиков водопотребления всех зданий (абонентов) за период с 01.01 по 09.02.2016 г.: 1 – график водопотребления в один из дней рассматриваемого периода; 2 – средние значения водопотребления за рассматриваемый период; 3 – среднесуточное водопотребление

Общий максимальный коэффициент неравномерности для суммы получаем по формуле (2). Коэффициент суточной неравномерности принимается в зависимости от местных условий и равен 1,1...1,3.

Проанализировав полученные графики водопотребления за рассматриваемый период (с 01.01.2016 г. по 09.02.2016 г.), принимаем $k_1=1,3$.

Тогда, общий максимальный коэффициент неравномерности

$$k_{\max} = \frac{121,24}{80,54} \cdot 1,3 = 1,96.$$

Далее, по полученной зависимости вычисляем общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод на КНС, рассматриваемого жилого района

$$k_{\max} = \frac{k_{\max}^{исх}}{q_{ср.}^{0,01}} = \frac{1,96}{22,37^{0,01}} = 1,90.$$

Для проверки результата сравним его с коэффициентом неравномерности, который был получен от среднего значения притока сточных вод рассматриваемого жилого района на КНС за период с 01.01.2016 г. по 09.02.2016 г. (см. рисунок 5).

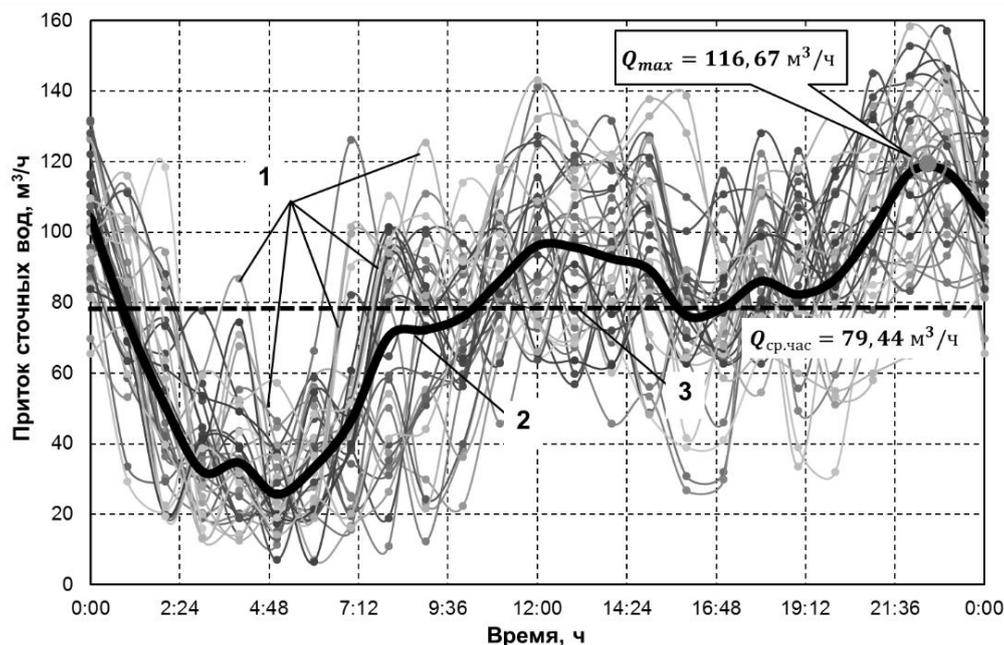


Рисунок 5.

Результат нахождения среднего значения графиков поступления сточных вод на КНС за период с 01.01 по 09.02.2016 г.: 1 – один из дней рассматриваемого периода; 2 – средние значения притока сточных вод; 3 – средний суточный приток сточных вод

Определяем общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод, поступающих на КНС по формуле (2)

$$k_{\max} = 1,3 \cdot \frac{116,67}{79,44} = 1,91.$$

Кроме того, на рисунке 6 приведен результат сравнения графиков:

– среднего значения суммарного водопотребления абонентов зоны, рассматриваемой КНС и среднего значения притока сточных вод на КНС;

– интегрального водопотребления и интегрального притока сточных вод на КНС рассматриваемой зоны.

Выводы:

1. Оценка полученных результатов показывает следующее: полученное по найденной зависимости значение общего максимального коэффициента неравномерности отличается от полученного экспериментально на 5 %, что показывает высокую сходимость теоретических и экспериментальных исследований.

2. Наглядно видно, что представленные графики водопотребления и притока повторяют друг друга с небольшой разницей во времени (см. рисунок 6), а интегральные графики имеют небольшой разброс в 5 %, что также подтверждает высокую сходимость полученных результатов.

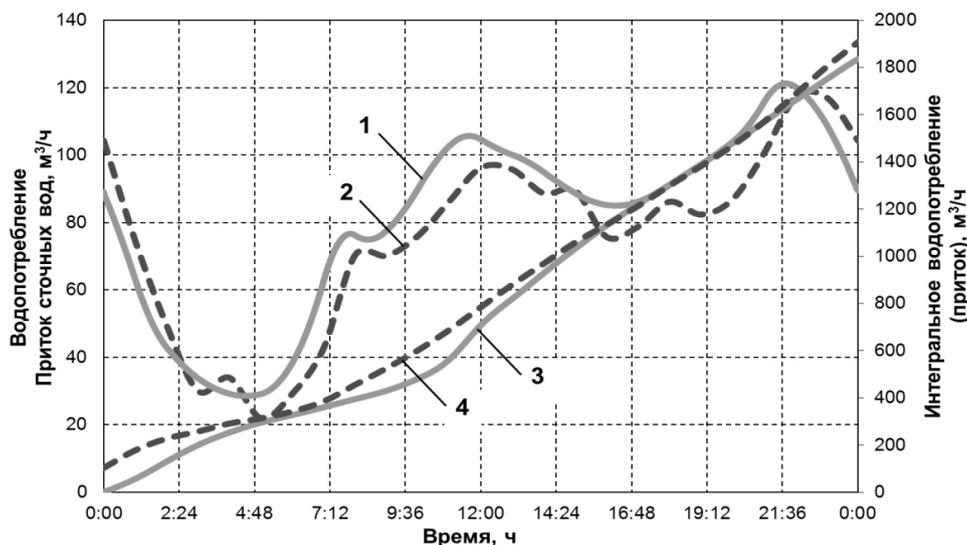


Рисунок 6.

Сравнение результатов, полученных в ходе экспериментального исследования:

1 – график среднего значения водопотребления абонентов зоны рассматриваемой КНС; 2 – график среднего значения притока сточных вод на КНС; 3 – интегральный график водопотребления; 4 – интегральный график притока сточных вод

3. Проведенное экспериментальное исследование подтверждает результаты, полученные с помощью моделирования на водоотводящей сети крупного жилого района для военнослужащих Осиновая роща, [4] и выведенную зависимость для нахождения общих максимальных коэффициентов неравномерности притока сточных вод на КНС внутриквартальных водоотводящих сетей.

Список литературы:

1. ВСН 34-94 МО РФ Планировка и застройка военных городков. – М.: Министерство обороны Российской Федерации, 1994. – 102 с.
2. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. – М.: Министерство регионального развития Российской Федерации, 2012. – 74 с.
3. Гринев, А.П. Оценка влияния длительной эксплуатации на показатели технических характеристик насосов насосных станций объектов военной инфраструктуры / А.П. Гринев, С.В. Саркисов, Ю.П. Анисимов // материалы научно-практической конференции ВАМТО. – СПб.: ВАМТО, 2013. – С. 100-105.
4. Результаты экспериментального исследования неравномерностей поступления сточных вод / В.С. Игнатчик, С.Ю. Игнатчик, А.П. Гринев и др. // Труды ВКА им. А.Ф. Можайского. – СПб., 2015. – № 649. – С. 102-108.
5. Алексеев, М.И. Гидравлический расчет сетей водоотведения. – Ч. 1: Закономерности движения жидкости. – Ч. 2: Расчетные таблицы / М.И. Алексеев, Ф.В. Кармазинов, А.М. Курганов. – СПб.: СПб ГАСУ, 1997.
6. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
7. Саркисов, С.В. Определение аварии в сети водоснабжения по результатам анализа информации полученной системой сбора данных неравномерности потребления воды // С.В. Саркисов, В.А. Обвинцев / Сб. науч. трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы перспективных научных исследований» (31.05.2016 г.). – Смоленск, 2016. – С. 160-164.

Оценка эффективности применения ветроэнергетических установок для объектов ограниченной мощности**Evaluation of the effectiveness of the wind-driven electric plant use for power limited objects**

***Аннотация:** Приведен анализ современного положения дел в применении ветроэнергетических и дизельных электроустановок в России. Дано обоснование проблемы определения эффективности применения комбинированных ветродизельных электростанций (ВДЭС) в интересах объектов малой мощности Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ). Подробно изложена методика, позволяющая определять границы экономической эффективности применения ВДЭС с учётом укрупнённых технико-экономических и физических (ветровых) показателей. Рассмотрен пример, в котором эти границы определены по критерию срока окупаемости.*

Изложенный подход может быть применён на стадии принятия «Общего решения» для технико-экономического обоснования применения ВДЭС в конкретных условиях работы объектов малой мощности МО РФ.

***Abstract:** This paper outlines the materials dedicated to the contemporary situation in the application of wind- and diesel- driven electric plants in Russia. The substantiation of the problem of determining the effectiveness of combined wind- and diesel-driven power plants for power limited objects are given. Detailed methodology of defining the frames of economic efficiency of wind-driven electrical power plants is presented with consolidated technical-economic and physical (wind) indicators. An example where these frames are defined by the criterion of payback period is given. The described approach can be applied in the process of adopting a "common solution" to the feasibility of wind- and diesel-driven power plants under specific conditions of power limited objects of the Defense Ministry of the Russian Federation.*

***Ключевые слова:** комбинированные ветродизельные электростанции, технико-экономическое обоснование, срок окупаемости.*

***Keywords:** combined wind- and diesel-driven power plants, feasibility study, payback period.*

В интересах объектов МО РФ малой (ограниченной) мощности, учитывая специфику и особенности их электроснабжения, дизель-электрические установки (ДЭУ), находят самое активное применение. Более 98% существующих изолированных от энергосистемы страны электроустановок объектов МО РФ малой мощности, используют в качестве базового (рабочего) источника электроэнергии именно ДЭУ.

Главными недостатками ДЭС являются высокая стоимость топлива и ограниченный по сравнению с традиционными электростанциями срок службы (ресурс). В среднем можно считать, что стоимость дизельного топлива на порядок выше стоимости угля, примерно в 6...7 раз выше стоимости природного газа и вдвое больше стоимости топочного мазута, применяемых на электростанциях централизованных систем электроснабжения.

Учитывая высокий ветровой потенциал России и особенности ветроэнергетических и дизельных электроэнергетических установок, есть необходимость рассматривать вопрос об их комбинации. Особенно это актуально для районов, удалённых от существующих энергосистем и имеющих соответствующий ветроэнергетический потенциал (находящихся в энергетических

ветровых зонах). Особенно важно то, что именно в таких зонах выполняют свои задачи объекты МО РФ. Для таких зон (районов) может оказаться эффективным применение комбинированных ветродизельных электростанций (ВДЭС), состоящих из ВЭУ и ДЭУ соизмеримой мощности, соответствующих систем коммутации и управления (рис. 1).

Работа ВЭУ в диапазоне расчетных скоростей ветра позволит сэкономить топливо, моторесурс ДЭУ и улучшить экологическую обстановку в районе объекта. Однако капиталовложения в ВДЭС будут существенно выше, чем для отдельной ДЭУ.

Комбинация ВЭУ и ДЭУ будет экономически оправдана в том случае, если расчетные затраты на ВЭУ будут сопоставимы со стоимостью сэкономленного топлива и моторесурса ДЭС. Чем больше часов в году работает ВЭУ, тем больше экономия топлива ДЭС и тем меньше расходы на ее ремонт. Чем дороже сэкономленное топливо (включая и расходы на его транспорт), чем дороже организация ремонта и замены ДЭУ (например, вследствие удаленности объекта от ремонтных баз), тем эффективнее совместная работа ВЭУ и ДЭУ.

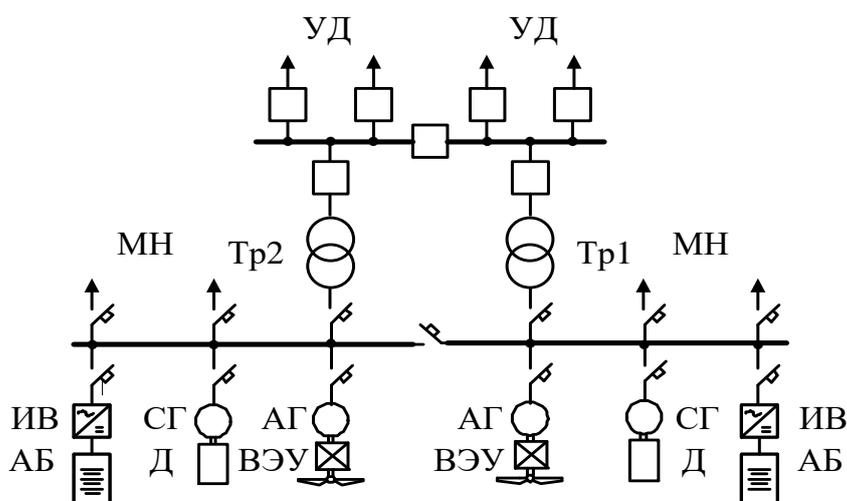


Рис. 1. Обобщенная схема ветродизельной электростанции:

ВЭУ – ветроэлектрическая установка; АГ – асинхронный генератор; Д – дизель; СГ – синхронный генератор; ИВ – инвертор; АБ – аккумуляторная батарея; Тр1 и Тр2 – трансформаторы; МН – местная нагрузка; УД – удаленная нагрузка

Для обоснования применения комбинированных электростанций (ВЭУ + ДЭС) необходимо убедиться в их экономической эффективности.

Критерием экономической эффективности любой энергетической установки, как правило, является минимальные приведённые затраты, которые состоят из прямых (капитальных) затрат на её сооружение и последующих затрат на её эксплуатацию.

Основные элементы, которые определяют стоимость энергоустановки (ВЭУ), – это ветроагрегат (ВА), инвертор и аккумуляторная батарея (АБ).

В качестве замещающей ВЭУ энергетической установки принимается дизель-генераторная установка (ДЭС). Техничко-экономические показатели для современных ДЭС приведены в [1]. При подборе установленной мощности ДЭС следует принимать ее всегда несколько выше установленной мощности ВЭУ и учитывать при этом фактическое время работы ДЭС. При наличии ВЭУ общее время работы дизель-генераторной установки обычно составляет около 15% [2, с. 35-39] в течение года.

Остановимся более подробно на вопросе обоснования установленной мощности ВЭУ в качестве главного ее энергетического показателя.

На ветроколесо ВЭУ воздействует ветровой поток, обладающей кинетической энергией. При этом часть кинетической энергии ветрового потока передается ВК. Исходя из очевидных физических

представлений, была получена следующая расчетная формула для вычисления мощности ветрового потока [3, 4]:

$$N_0 = \frac{F\rho V^3}{2}; \quad (1)$$

где F – площадь поперечного сечения ветрового потока, м²;

ρ - плотность воздуха, в обычных условиях 1,225 кг/м³;

V - скорость ветра, м/с.

Мощность ветрового потока, переданная ВК, находится по формуле:

$$N = C_\rho N_0 \quad (2)$$

где C_ρ - коэффициент мощности или коэффициент использования ВК энергии ветрового потока, в зависимости от конструктивного выполнения ВК.

Следует иметь в виду, что при оценке суммарной мощности ветрового потока за длительный промежуток времени, например, за год нельзя непосредственно пользоваться средними значениями скорости ветра за тот же период времени, так как существенное значение имеет фактическое распределение скоростей ветра по сравнению с их средней величиной. Так, например, согласно анализу многочисленных данных метеорологических наблюдений фактическое распределение скоростей ветра может быть описано одним из известных в математической статистике законов распределения случайной величины, например, можно использовать распределение Релея или распределение, в [5] рекомендуется использовать распределение Вейбулла. С другой стороны, нельзя забывать и о том, что мощность ветрового потока зависит от куба скорости ветра, что самым существенным образом сказывается на энергетических показателях ветрового потока (например, при увеличении скорости ветра до 5-6 м/с производство энергии возрастает более, чем в 1,7 раза).

Учитывая эти обстоятельства для практических расчетов, если известна среднегодовая скорость ветра (V_{cp}), рекомендуется следующая формула [6], в которой учтен соответствующий повышающий коэффициент:

$$N_0 = 1,17F_0 - V_{cp}^3 \quad (3)$$

Современные ВЭУ в соответствии с физическими представлениями о преобр (3) и энергии ветрового потока в энергию вращения ВК изначально могут использовать только часть ветровой энергии (критерий Бетца, около 0,59 от общей энергии). Кроме этого, надо учитывать и конструктивное исполнение ВЭУ, что сказывается, например, на величине начальной (стартовой) скорости ветра (обычно 3-4 м/с), при которой ВК начинает вращаться и соответственно ВА начинает вырабатывать электроэнергию. Поэтому в формулу для расчета средней развиваемой мощности ВЭУ вводится некий понижающий коэффициент, с помощью которого учитываются главные факторы, определяющие фактическую мощность ВЭУ.

В общем случае для расчета мощности ВЭУ с учетом места подключения установки к энергосети изолированного потребителя можно воспользоваться следующей формулой:

$$N_{II}^{BЭУ} = C_\rho^{BЭУ} N_0 = C_\rho \eta_\rho \eta_p \eta_{AB} \eta_{ин} \eta_{каб} N_0$$

где η_ρ - КПД генератора;

η_p - КПД редуктора;

η_{AB} - КПД аккумуляторной батареи (АБ);

$\eta_{ин}$ - КПД инвертора;

$\eta_{каб}$ - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в кабеле подводе от ВА к электросети потребителя;

N_0 – как и ранее, мощность ветрового потока, формула (3).

В общем случае количество электроэнергии, вырабатываемой ВА, зависит от КПД генератора и редуктора, а при определении количества электроэнергии, подаваемой потребителю от ВЭУ, следует учитывать также потери энергии в подводящем кабеле, инверторе и аккумуляторной батарее (АБ).

С учетом названных факторов в практических расчетах может снизиться до 0,25 [4]. Таким образом, среднюю развиваемую мощность ВЭУ, отвечающую запросам потребителя, рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$N_{II}^{BЭУ} = 1,17 C_{\rho}^{BЭУ} F_{BK} V_{cp}^3 \quad (5)$$

где F_{BK} - площадь ветрового потока, «ометаемая» ВК;

V_{cp} - средняя скорость ветра за расчетный период, м/с (определяется географическим положением места установки ВЭУ).

Мощность обычно существенно отличается от так называемой установленной мощности ВЭУ ($N_{уст}^{BЭУ}$). Под установленной мощностью обычно понимается номинал (б) мощность, обеспечиваемая генератором ВА при некоторой расчетной скорости ветра (для современных ВЭУ). Поэтому в соответствии с формулами (1) и (3) для вычисления установленной мощности ВЭУ (номинальной мощности генератора) следует использовать зависимость:

$$N_{уст}^{BЭУ} = 0,5 \rho C_{\rho} \eta_e \eta_p F_{BK} V_p^3$$

Установленная мощность или номинальная мощность, обеспечиваемая генератором, вычисляется для того, чтобы в соответствие с полученным результатом подобрать марку ВЭУ, которая выпускается промышленностью [1].

Следует отметить, что в отличие от энергоустановок, использующих традиционное углеводородное топливо, в случае выработки электроэнергии от ВЭУ, в перечень энергетических показателей входят параметры, характеризующие экологическую составляющую работы таких установок, т.е. количественную оценку сэкономленного органического топлива и объем предотвращенной эмиссии углекислого газа.

В случае энергоснабжения изолированного от государственной энергосистемы потребителя, типичной является ситуация, когда заранее известно количество электрической энергии, которую необходимо поставить объекту в течение заданного отрезка времени, например, в течение года.

Потребность в электроэнергии может количественно выражаться в тысячах, десятках или в сотнях тысяч киловатт-часов в год. Такое количество электроэнергии способна дать одна ветроэнергетическая установка (ВЭУ) малой мощности (или несколько). Например, ВЭУ мощностью 50 кВт (или 10 таких установок мощностью 5 кВт) при типичном для этого класса агрегатов коэффициенте использования установленной мощности 0,2-0,3 за год в состоянии обеспечить потребителя электроэнергией в размере до 80-130 тыс. кВт·час в год, что вполне достаточно для обеспечения энергией небольшого военного городка (или другого военного объекта).

Тем самым возникает задача определения энергетических параметров ВЭУ с соответствующим технико-экономическим обоснованием принимаемых решений, когда годовая потребность в электроэнергии известна.

Следовательно, в качестве исходной информации служат сведения о необходимом для поставки потребителю количестве электрической энергии за определенный период времени $E_i^{BЭУ}$ (например, за год).

Кроме этого, считается известной расчетная скорость ветра V_{cp} , которая для конкретной местности может быть установлена на основании данных многолетних метеорологических наблюдений [1].

Этой информации достаточно, чтобы определить установленную мощность ВЭУ, диаметр ВК и высоту башни ВА и другие параметры ВЭУ. Затем на основании полученной информации подбирается марка дизельной электростанции (ДЭС) и устанавливаются ее основные технико-экономические показатели. Далее выполняется оценка эффективности инвестиций в создание комбинированной ветроэлектрической системы ВЭУ(+ДЭС).

В качестве альтернативного источника энергии рассматривается энергоустановка с аналогичными энергетическими характеристиками (по мощности и количеству вырабатываемой электроэнергии), работающая на углеводородном топливе (например, паротурбинная тепловая электростанция (ТЭС)).

Так как мощность ТЭС (даже относительно малой мощности) обычно превосходит потребности изолированного объекта, для сопоставимости результатов технико-экономических расчетов условно принимается, что в расчетах можно учитывать лишь ту часть энергии, которая поступает от ТЭС непосредственно для покрытия нужд изолированного объекта.

Такой подход обеспечивает сопоставимость различных видов энергоустановок при выполнении расчетов сравнительной экономической эффективности их устройства для целей энергоснабжения объекта.

В связи с этим ниже дается обоснование и порядок расчета основных энергетических и конструктивных параметров ВЭУ (+ДЭС) с оценкой экономической эффективности устройства такой комбинированной установки в сравнении с традиционной установкой.

Оценка экономической эффективности использования ВЭУ (+ДЭС) как источника электроснабжения изолированного потребителя основана на статическом методе, широко применяемом при оценке эффективности инвестиционных проектов [7, 8]. При этом используется статический метод оценки эффективности инвестиций, что имеет свои основания ввиду ограничения по времени подготовки строительных площадок, монтажа и ввода в эксплуатацию ВЭУ (менее года).

Конечная цель экономической оценки – обоснованный выбор наиболее эффективной с точки зрения технико-экономических показателей энергетической установки. Именно для этого выполняется расчет ряда количественных показателей, характеризующих эффективность устройства комбинированной ветроэнергетической системы в составе ВЭУ и дизель-генераторной установки для целей бесперебойного обеспечения электрической энергией изолированного от Государственной энергосистемы военного объекта.

При статическом методе оценки эффективности инвестиций главными экономическими показателями являются:

- $T_{OK}^{ВЭУ}$ - расчетный срок окупаемости капитальных вложений в устройство конкретной энергетической установки;

- T_{OK}^{IP} - нормативный срок окупаемости инвестиций, причем первый не должен превышать нормативное значение.

Нормативный срок окупаемости инвестиций связан с так называемым нормативным коэффициентом эффективности капитальных вложений n . Они обратно пропорциональны друг другу:

$$T_{OK}^{IP} = \frac{1}{n} \quad (7)$$

Для энергетики, в соответствии со сложившейся традицией, принимается $n = 0,12$.

Срок окупаемости капитальных вложений вычисляется как отношение общих капитальных вложений в энергоустановку к расчетному годовому экономическому эффекту ее работы.

В рассматриваемом случае общие капитальные вложения складываются из двух составляющих:

- капитальные вложения в устройство ВЭУ ($\sum K_n^{BЭУ}$);
- затраты на приобретение ДЭС ($K_n^{ДЭС}$).

$$\sum K_n^{BЭУ} = K_n^{BЭУ} K_n^{ДЭС} \quad (8)$$

Капитальные вложения в устройство ВЭУ вычисляются как произведение удельных капитальных вложений в 1 кВт установленной мощности ВЭУ $K_n^{BЭУ}$ и собственно установленной мощности ВЭУ $N_{уст}^{BЭУ}$.

Суммарный годовой экономический эффект $\mathcal{E}_{эф}^{сум}$ - представляет собой разницу между доходами и издержками.

В качестве доходов рассматривается прибыль от поступления платежей за поставленную потребителю электроэнергию $E_c^П$ согласно принятым тарифам $K_c^{BЭУ}$.

Эксплуатационные издержки, связанные с работой ВЭУ ($I_{ЭК}^{BЭУ}$), находятся с учетом заданной нормы издержек эксплуатации, которая согласно рекомендациям Минтопэнерго РФ составляет $\lambda = 0,05$ [9, с. 113-117].

Для вычисления издержек используется формула:

$$I_{ЭК}^{BЭУ} = \lambda K_n^{BЭУ} \quad (9)$$

Затем определяются общие эксплуатационные издержки в случае, если РЭУ дополняется дизель-генераторной установкой:

$$\sum I_{ЭК} = I_{ЭК}^{BЭУ} + I_{ЭК}^{ДЭС}$$

где $I_{ЭК}^{ДЭС}$ - эксплуатационные издержки за время фактической работы ДЭС.

Далее определяется суммарный годовой экономический эффект ($\mathcal{E}_{эф}^{сум}$) с учетом работы ВЭУ и ДЭС (доход минус издержки):

$$\mathcal{E}_{эф}^{сум} = E_c^П \sum I_{ЭК} \quad (11)$$

Для ДЭС принимаются и вычисляются следующие технико-экономические показатели [2]:

- капитальные вложения в приобретение ДЭС, ($K_n^{ДЭС}$);
- стоимость капитального ремонта ($C_{рем}^{ДЭС}$);
- стоимость технического обслуживания ($C_{ТО}^{ДЭС}$);
- стоимость ГСМ ($C_{ГСМ}^{ДЭС}$);
- общие эксплуатационные издержки для ДЭС:

$$I_{ЭК}^{ДЭС} = C_{рем}^{ДЭС} + C_{ТО}^{ДЭС} + C_{ГСМ}^{ДЭС} \quad (12)$$

В заключение находится искомым показатель – срок окупаемости общих капитальных вложений в случае, если ВЭУ дополняется ДЭС:

$$T_{ОК}^{BЭУ} = \frac{\sum K_n^{BЭУ}}{\mathcal{E}_{эф}^{сум}} \quad (13)$$

Если $T_{ОК}^{BЭУ}$ не превышает нормативный срок $T_{ОК}^{ПР}$, то рассматриваемый вариант признается экономически целесообразным с точки зрения его реализации.

В противном случае данный вариант требует принятия принципиально новых технических решений.

Вопросы ветроэнергетики широко освещаются в литературе, СМИ, на конференциях, конгрессах и т.д. Необходимо отметить высокий уровень развития ветроэнергетических технологий в мире и наличие возможностей быстрого и эффективного их использования в России. В качестве успешного опыта применения комбинированной ВЭУ можно взять опыт научно-исследовательского института электромеханики (ФГУП НИИЭМ, г. Истра Московской обл.) [10], где завершена разработка, изготовление и государственные испытания двух опытных образцов автономной ветродизельной электрической установки ВДЭУ-10, имеющей в своем составе безредукторный ветроэлектрический агрегат ВТН8-10 с синхронным магнитоэлектрическим генератором. Предварительные испытания установок были выполнены на Истринском ветрополигоне ВИЭСХ.

Экспериментальная мощностная характеристика ветроагрегата приведена на рис. 3.

Из ее рассмотрения следует, что расчетная мощность $P = 10$ кВт обеспечивается при скорости ветра 10 м/с, что соответствует паспортным данным ветроагрегата. Максимально возможная годовая выработка энергии ветроагрегата ВТН8-10 с приведенной мощностной характеристикой согласно выполненным расчетам составляет 18 870 кВт•ч при среднегодовой скорости ветра 5 м/с и 37 132 кВт•ч при $V_2 = 7$ м/с.

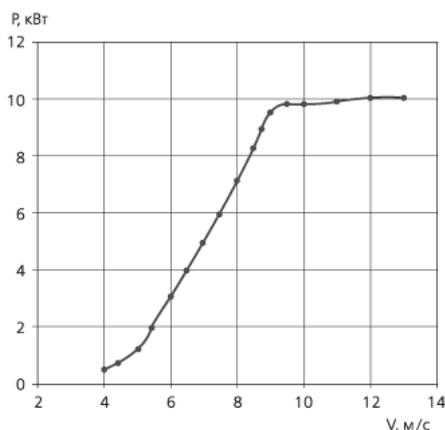


Рис. 2. Мощностная характеристика ВТН8-10 в режиме заряда аккумуляторной батареи

Срок окупаемости данной установки будет зависеть от конкретной энергетической ветровой зоны применения установки и стоимости кВт•ч электроэнергии в этой зоне. По расчётам, проведённым с помощью вышеизложенной методики, он может варьироваться.

Например, если рассматриваемая установка будет работать при среднегодовой скорости ветра $V_2 = 10$ м/с, - срок окупаемости (в современных ценах) будет в пределах 3-х лет.

Если установка будет работать при среднегодовой скорости ветра $V_2 = 7$ м/с - срок окупаемости будет в пределах 7-и лет.

Нормативный срок окупаемости для энергетических объектов России (в том числе и объектов МО РФ) составляет 8 лет.

Таким образом, предложенная методика позволяет определять границы эффективности применения конкретной комбинированной энергоустановки по укрупнённым экономическим и физическим показателям.

Проведенные расчетные оценки показали, что ВДЭС могут быть эффективными в районах побережья и островов Северного Ледовитого и Тихого океанов. При этом учитывалось, что затраты на топливо при их доставке на удаленные береговые объекты и острова увеличивались в 1,5...3 раза по отношению к отпускной цене.

Следует отметить то, что ВЭУ, надежно работающих в условиях возможного обледенения, мы, к сожалению, пока еще не имеем. Современные тенденции резкого удорожания топлива и транспортных расходов могут существенно расширить зоны экономически целесообразного применения ВДЭС. В пользу ВДЭС действуют и современные тенденции развития ВЭУ, расширяющие зоны расчетных скоростей ветра и увеличивающие число часов использования ВЭУ в году.

Можно сделать следующий вывод: решение о применении ВДЭУ в интересах объектов МО РФ ограниченной мощности, требует тщательных и объективных как тактико-технических (с учётом показателей надёжности), так и технико-экономических обоснований. В противном случае, вместо положительного эффекта, можно получить противоположный результат и тем самым дискредитировать саму идею применения ветроэлектротехники для военных объектов, выполняющих свои задачи на территориях, не охваченных централизованным энергоснабжением.

Список литературы

1. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности. ИСЦ. – М, 2001. 62 с.
2. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников в России. /Коллектив авторов. – СПб.: Наука, 2002. 314 с.
3. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. 1990. 392 с
3. Использование возобновляемых источников энергии в России (Российский Национальный доклад). //Энергия: экономика, техника, экология. 1996. №11. С. 3-11.
4. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов. Косов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. – М.: НПО Изд-во «Экономика», 2000, 421 с. Изд 2-е.
5. Новый политехнический словарь. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 2000. 671 с.
6. Беляев Ю.М. Концепция альтернативной экологически безопасной энергетики. – Краснодар: «Сов. Кубань». 1998. 64 с. Доклад.
7. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смолдык С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2002. 888 с
8. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. 280 с.
9. Концепция использования ветровой энергии в России. /Коллектив авторов. – М.: Книга-Пента, 2005. 128 с.
10. Ю. И. Гром, В. А. Захаренко, А. Н. Лазарев, Г. С. Сергеев, ФГУП НИИЭМ, В. П. Харитонов, ГНУ ВИЭСХ. Новая ветро-дизельная электрическая установка. Энергосбережение №5'2005.

Исследования и разработки в области эффективности, надежности и боевого использования вооружения и военной техники
Research and development in the field of efficiency, reliability and combat employment of weapons and military equipment

УДК 357.3:621.311.236

Бараш А.Л., Головки К.В.
Barash A.L., Golovko K.V.

Решение логистической задачи перебазирования мобильных дизельных электростанций The solution of logistic tasks of the relocation of mobile diesel power stations

Аннотация:

Как при обеспечении повседневной жизнедеятельности, так и при выполнении боевых задач в Вооруженных Силах Российской Федерации (ВС РФ) возникает необходимость перебазировании мобильных дизельных электростанций (ДЭС) в ограниченные по времени сроки, лимитированным количеством транспортных средств. Для успешного решения данной задачи предлагается методика оптимизации количества автомобильных прицепов, необходимых при перебазировании мобильных дизельных электростанций, основанная на методе статистических испытаний. При реализации предлагаемой методики в ВС РФ возможно выполнение задач по перебазированию ДЭС минимальным количеством транспортных средств (учитывая прицепы) и в кратчайшие сроки.

Abstract:

Both when providing daily activity and performing fighting tasks in the Armed Forces of the Russian Federation the need arises to realign mobile diesel power plants (DPP) in the short duration of time, and with the limited number of vehicles. For the successful solution to this problem the method of optimization of the number of road trailers required when realigning mobile diesel power stations based on the method of statistical tests is proposed. On realization of this technique in the armed forces there is a possibility to execute the tasks with the minimum number of vehicles (including trailers) in the shortest possible time.

Ключевые слова: *метод статистических испытаний, мобильная дизельная электростанция, автомобильный прицеп.*

Keywords: *A method of statistical tests, mobile diesel power station, car trailer.*

В настоящее время в Вооруженных Силах Российской Федерации широко применяются ДЭС, в том числе для обеспечения жизнедеятельности объектов военной инфраструктуры. Мобильные ДЭС могут выполняться в открытом, блочном (контейнерном) исполнении, монтироваться на автомобильных прицепах.

Передвижные (мобильные) ДЭС в открытом исполнении предназначены, как правило, для установки и эксплуатации в закрытых отапливаемых помещениях, в случаях необходимости передислокации их необходимо переоборудовать «под капот» или иметь в блочном (контейнерном) исполнении [1]. Целесообразно применять двухосные автомобильные прицепы грузоподъемностью 5-8 т. Учитывая правила перевозки грузов автомобильным транспортом, ограничивающие габариты грузов, перевозимых без дополнительного согласования, пределами по ширине – 2,55 м, по высоте от проезжей части – 4,0 м, по длине, включая один прицеп – 20 м, допускается размещать ДЭС в контейнере, не превышая установленные ограничения.

В случае, когда габариты или масса ДЭС превышают установленные ограничения, необходимо руководствоваться «Правилами перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов» и самой перевозке должна предшествовать установленная процедура соответствующего согласования с органами ВАИ и ГИБДД.

Достаточно часто, учитывая специфику эксплуатации мобильных ДЭС, возникает необходимость их перебазировки с одного объекта на другой. В большинстве случаев для выполнения подобных задач привлекается автомобильный транспорт (бортовой автомобиль, либо автомобильный прицеп). Если бортовой автомобиль после осуществления перевозки может быть использован по другому назначению, то при использовании автомобильного прицепа возникает

дилемма: прицеп может оставаться непосредственно на объекте применения ДЭС на все время ее использования, либо после разгрузки покидает объект и применяется в других целях.

В этом случае возникает проблема оптимизации требуемого количества автомобильных прицепов, необходимых для перебазирования мобильных ДЭС.

Существует достаточно большое количество численных и аналитических методов оптимизации параметров сложных технических систем. Все они имеют свои достоинства и недостатки. Как один из наиболее применимых, сочетающих в себе достаточную точность и относительную простоту, можно использовать метод Монте-Карло для расчета системы массового обслуживания, как численный метод решения математических задач при помощи моделирования случайных величин.

Исходя из реальных условий эксплуатации ДЭС, целесообразно первоначально принять то обстоятельство, что подразделение имеет в своем составе некоторое количество автомобильных прицепов различных типов.

В этом случае можно рассмотреть парк из n автомобильных прицепов одного или нескольких аналогичных типов, предназначенных для обслуживания перебазированием одну или несколько однотипных по массово-габаритным показателям единиц ДЭС. Заявки, поступающие на их перебазирование должны носить случайный характер. Каждая заявка поступает на прицеп № 1 (условно). Если в момент поступления заявки, T_k , прицеп № 1 свободен, он привлекается к выполнению задачи в течение времени t_z , если в момент T_k прицеп занят, заявка мгновенно передается на прицеп № 2, и так далее.

Если на момент T_k все прицепы заняты, задача в установленные сроки не выполняется, т. е. система дает отказ.

Необходимо определить, сколько в среднем заявок на перебазирование ДЭС обслужит имеющийся парк прицепов за время T (интересующий рассматриваемый период) и сколько заявок в обслуживании останутся невыполненными. В этой связи, далее можно принимать решение о необходимости доукомплектования или сокращения качественного и количественного состава парка прицепов.

В отдельных случаях, при решении задач подобного рода можно найти аналитическое решение, однако в сложных случаях, когда, например, величина t_z случайна и зависит от целого ряда независимых факторов (квалификация персонала, частота пиковых нагрузок и т. д.) метод Монте-Карло оказывается единственно применимым [2].

Для определения характера потока заявок на перебазирование ДЭС, близок ли он к простейшему или к более сложному, необходимо воспользоваться результатами предыдущих статистических наблюдений в течении достаточно длительного периода, чтобы результаты этих наблюдений можно было бы считать статистически надежными. В большинстве случаев этому условию удовлетворяют сведения, зафиксированные документально.

В случае, когда поток заявок близок к простейшему (или потоку Пуассона), промежуток времени τ между двумя последовательными заявками есть случайная величина, распределенная в интервале $(0; \infty)$ с плотностью

$$\int_0^{\tau} p(x) dx = \gamma, \quad (1) [2]$$

Что, по сути, является классическим экспоненциальным распределением.

На рис. 1 представлены плотности вероятности экспоненциального распределения при значениях: $a=1$ и $a=2$, что наиболее соответствует реальным условиям эксплуатации передвижных ДЭС, в частности по закону «больших чисел».

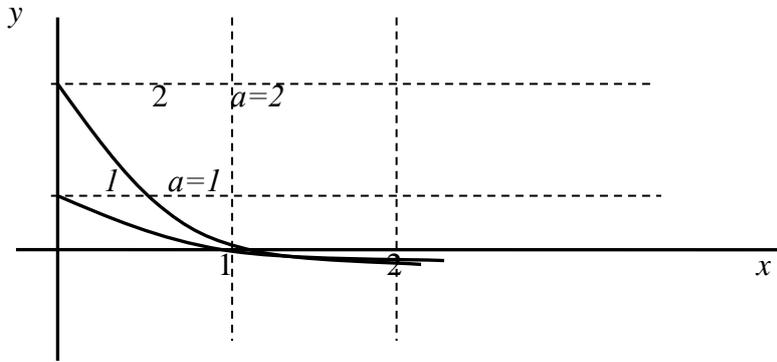


Рис.1 Плотность вероятности экспоненциального распределения: при $a=1$ и $a=2$ (формула (1))

Математическое ожидание (среднее) значения τ

$$M_{\tau} = \left[-xe^{-ax} \right]_0^{\infty} + \int_0^{\infty} e^{-ax} dx = \left[-\frac{e^{-ax}}{a} \right]_0^{\infty} = \frac{1}{a}, \quad (2) \quad [2].$$

Параметр a является плотностью потока заявок на переобазирование ДЭС.

Процесс нахождения случайной величины τ путем варьирования одного или нескольких значений некой случайной величины γ можно получить с учетом (1) из общего выражения

$$\int_b^a p(x) dx = \gamma, \quad (3)$$

в данном случае примет вид

$$\int_0^{\tau} ae^{(-ax)} = \gamma, \quad (4)$$

После вычисления интеграла слева получается соотношение

$$\tau = -\frac{1}{a} \ln(1 - \gamma), \quad (5)$$

Очевидно, что величина $(1 - \gamma)$ распределена точно также, как и γ , поэтому вместо формулы (5) можно использовать формулу

$$\tau = -\frac{1}{a} \ln \gamma, \quad (6)$$

В общем случае для простейшего потока отказов в выполнении заявок на переобазирование ДЭС для парка прицепов схема расчета следующая:

Момент освобождения i -го прицепа из всей локальной совокупности прицепов ($i=1...n$), пригодных для переобазирования одного типа ДЭС, сходных по массово-габаритным показателям, - t_i ;

За начальный момент времени расчета принимается момент поступления первой заявки на переобазирование $T_1 = 0$. Можно считать, что в этот момент времени все t_i равны T_1 , т. е. все прицепы из локальной совокупности n на этот момент времени свободны. Время окончания наблюдения (расчета) $T_{кон} = T_1 + T$.

Первая заявка на переобазирование поступает для прицепа № 1. Это означает, что в течении времени t_3 прицеп будет задействован на выполнение задачи и, следовательно, необходимо в расчетах заменить значение t_1 на новое значение $(t_1)_{нов} = T_1 + t_3$, добавить 1 к количеству выполненных заявок и перейти к рассмотрению новой заявки [3].

Пусть k -ое количество заявок уже рассмотрено. В этом случае необходимо рассмотреть момент поступления $(k+1)$ -ой заявки. Для этого выбирается очередное значение γ и по формуле (6) вычисляется очередное значение $\tau = \tau_k$. Далее вычисляется момент поступления $(k+1)$ -ой заявки

$$M\mu_{\text{вып}} \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{\text{отк}(j)}, \quad (7) \quad [4]$$

Для определения условия возможности выполнения задачи по перебазировки ДЭС прицепом №1 необходимо проверить условие

$$\tau_k \leq T_{k+1}, \quad (8)$$

В том случае, если данное условие выполняется, к моменту времени T_{k+1} прицеп уже свободен и может быть привлечен для выполнения задачи. Далее необходимо учесть выполненную заявку (добавить к количеству уже выполненных), заменить t_i на $T_k + t_3$ и перейти к рассмотрению следующей заявки.

В том случае, если условие (10) не выполняется, прицеп № 1 занят. Тогда проверяется возможность привлечения прицепа № 2

$$t_2 \leq T_{k+1}, \quad (9)$$

Если условие (9) выполняется, то t_2 заменяется на $T_{k+1} + t_3$, учитывается выполненная заявка (добавляется к количеству уже выполненных) и рассматривается следующая заявка.

В случае если условие (9) не выполнено, рассматривается возможность привлечения прицепа № 3

$$t_3 \leq T_{k+1}, \quad (10)$$

Может оказаться, что при всех $i=1\dots n$

$$t_i > T_{k+1}, \quad (11)$$

то есть в момент времени T_{k+1} все имеющиеся в наличии прицепы заняты. В этом случае необходимо учесть невыполненную заявку (добавит к количеству отказов в выполнении заявок) и перейти к рассмотрению следующей заявки.

Каждый раз, после определения T_{k+1} необходимо проверять условие окончания расчетов

$$T_{k+1} > T_{\text{кон}}, \quad (12) \quad [4]$$

Когда условие (12) становится выполненным, расчеты прекращаются. Количество выполненных заявок и количество отказов в выполнении заявок составят значения $\mu_{\text{вып}}$ и $\mu_{\text{отк}}$.

Подобным образом расчеты повторяются N раз с использованием различных γ . Из результатов всех расчетов определяются средние

$$M\mu_{\text{вып}} \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{\text{вып}(j)}, \quad (13)$$

где $\mu_{\text{вып}(j)}$ - значения $\mu_{\text{вып}}$, полученные в j -ом шаге расчета.

В случаях, когда величина t_3 случайна и зависит от целого ряда независимых факторов (как было замечено раньше - от квалификации персонала, частоты пиковых нагрузок, а также в случаях, когда типаж прицепов в составе парка достаточно разнообразен, когда значительно различаются условия доставки ДЭС на объект применения и т. д.) схема расчета остается в основном прежней, но значения t_3 необходимо каждый раз варьировать в зависимости от случайной величины γ и формула варьирования для каждого прицепа будет применима отдельная формула.

Предложенный метод позволяет рассматривать системы с запаздыванием, т. е. с выполнением заказа на перебазировку с задержкой по времени (ожиданием обслуживания принятым или другим прицепом).

Также возможно рассматривать системы, в которых очередную заявку на перебазирование ДЭС принимает другой прицеп, который освободился раньше, можно рассматривать случайные выходы из строя отдельных прицепов и случайное время ремонта (восстановления) каждого из них, можно учесть изменения плотности потока заявок на перебазирование по времени. и т. д.

В любом случае, подобная методика может быть эффективно реализована с помощью использования несложных программных средств, например стандартного приложения Microsoft Office - Excel, с возможностью привлечения непрерывной обратной связи с наблюдаемым процессом.

В конечном итоге, командиром подразделения анализируются полученные результаты, и принимается решение о необходимом количестве прицепов для решения поставленной задачи.

Предлагаемая методика позволяет существенно увеличить эффективность применения автомобильных подразделений и снизить материальные затраты благодаря учёту в расчётах всего множества факторов влияющих на планирование и эксплуатацию транспортных средств.

Список литературы:

1. ПромСнабКомплект. Оборудование. Материалы. Инструменты. Каталог. –СПб.: «Типография «Правда 1906»», 2012. – 289 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Определения, теоремы, формулы. 6-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 832 с.
3. Венецкий И. Г., Венецкая В. И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе. – М.: Статистика, 1979. - 448 с.
4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

Отходы и их переработка. Вторичное сырьё. Ресурсосбережение Waste & recycling. Secondary raw materials. Resource conservation

УДК 355.7:621.314.222

Гуков Д.В., Загуляев С.Д.
Gukov D.V., Zagulyaev S.D.

Снижение магнитных потерь силового трансформатора с concentрическими обмотками под нагрузкой

Reduction of magnetic losses of a power transformer with concentric windings under load

Аннотация: Уменьшение потерь в силовых трансформаторах, широко применяющихся в системах военного назначения, снижает финансовые затраты на их эксплуатацию. Проведено исследование влияния взаимного расположения concentрических обмоток на магнитные потери. В качестве первичной использовалась сначала ближняя к магнитопроводу обмотка, а затем дальняя. Трансформатор нагружался активным и индуктивным током. Измерение намагничивающего тока под нагрузкой производилось запатентованным способом с применением специально откалиброванных шунтов. Выявлено, что первичную обмотку трансформатора с concentрическими обмотками предпочтительно располагать дальше от магнитопровода. Это позволит при работе под нагрузкой снизить намагничивающий ток, снизить потери в стали без снижения уровня боевой готовности систем военного назначения.

Abstract: Reduction of losses in power transformers, widely used in military systems, reduces the costs of their operation. The influence of a relative concentric core, was used, then the secondary. The transformer was loaded with active and inductive current. The measurement of the magnetizing current under load was

carried out by a patented method with the use of specially calibrated shunts. It was found that the primary winding of a transformer with concentric windings is preferably located further away from the magnetic core. This will allow to reduce the magnetizing current when working under load, to reduce copper losses without reducing the combat readiness of military systems.

Ключевые слова: *трансформатор; концентрическое расположение обмоток, намагничивающий ток, системы военного назначения, потери в стали.*

Keywords: *transformer, concentric location of windings, magnetizing current, military systems, losses in steel.*

Силовые трансформаторы широко используются в системах жизнеобеспечения объектов и комплексов военной инфраструктуры. Однако конструктивные решения современных трансформаторов не позволяют эффективно решать вопросы повышения их коэффициента полезного действия (КПД), улучшать их технико-экономические показатели (ТЭП). Поэтому, как нам представляется, задача разработки новых технических решений ресурсосберегающих трансформаторов представляется актуальной, прежде всего с точки зрения экономии ресурсов на поддержание боеготовности военных объектов.

В силовых трансформаторах обмотки чаще располагают концентрически. Такое расположение обмоток определяет малое рассеяние магнитного потока. Поля рассеяния замыкаются не только по воздуху, а прежде всего по магнитопроводу. В результате, поля рассеяния имеют разные пути и различные значения. Различия в расположении обмоток (ближе к магнитопроводу или дальше) определяют различия в индуктивностях потоков рассеяния. Известно, что для обмоток, расположенных концентрически, индуктивность рассеяния больше у обмотки, расположенной ближе к магнитопроводу [1].

Однако вопросы, связанные с полями рассеяния магнитного потока отдельных обмоток, изучены недостаточно (обычно этим пренебрегают). Исследования [2, 3], показали, что учёт рассеяния магнитного потока позволяет под нагрузкой снизить сечение магнитопровода сварочного трансформатора или выполнить магнитопровод с переменным сечением. Это приводит к существенной экономии материалов и энергии.

Значит, исследование особенностей полей рассеяния самой большой категории трансформаторов, применяемых на объектах Министерства обороны РФ, рекомендации по расположению обмоток могут принести значительный экономический эффект без снижения уровня боевой готовности за счёт уменьшения намагничивающего тока, потерь в стали. Поэтому, цель исследования - выявить зависимость расположения концентрических обмоток силового трансформатора на его характеристики.

Исследовался универсальный однофазный трансформатор ОСМ 1,0 кВт, с двумя концентрическими обмотками: ближняя к магнитопроводу с номинальным напряжением 220В и дальняя от магнитопровода с номинальным напряжением 230В.

Трансформатор, благодаря броневого конструкции магнитопровода, отличается малым рассеянием магнитного потока. Это подтверждается опытом короткого замыкания (напряжение короткого замыкания составило 1,77%).

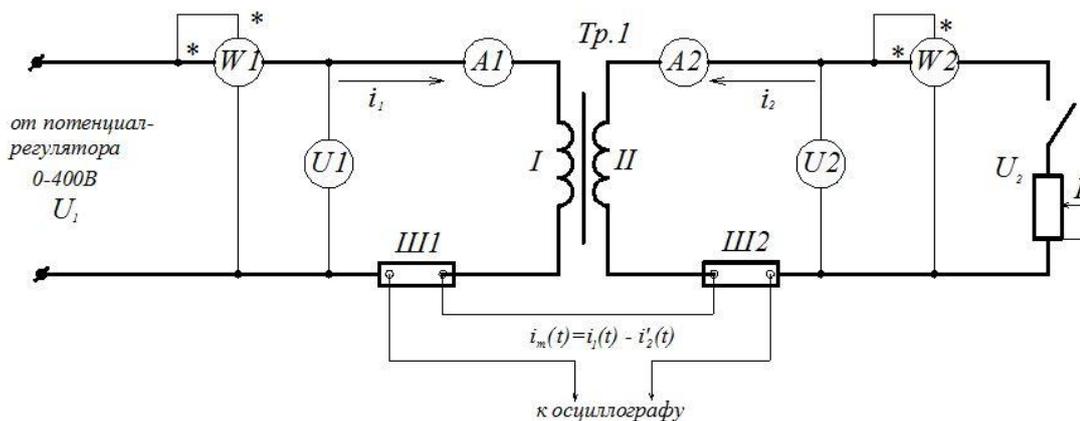


Рис. 1. Схема исследования

Для измерения намагничивающего тока под нагрузкой была применена схема, изображенная на рис. 1 [4]. В первичной и вторичной обмотке установлены шунты Ш_1 и Ш_2 . Соотношение между номинальными токами шунтов выбрано равным коэффициенту трансформации трансформатора. Клеммы шунтов Ш_1 и Ш_2 соединены таким образом, чтобы падение напряжения от тока $i_2'(t)$ на шунте Ш_2 вычиталось из падения напряжения на шунте Ш_1 от тока $i_1(t)$. Осциллограф в такой схеме покажет ток $i_\mu(t)$. Реальная осциллограмма приведена на рис. 2.

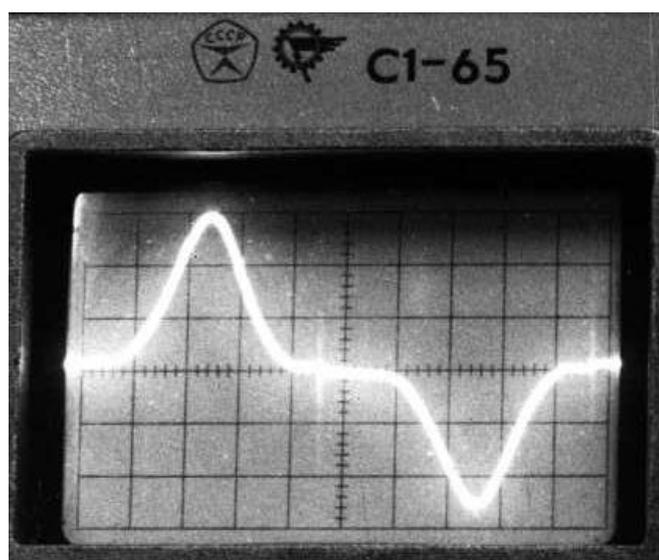


Рис. 2. Реальные осциллограммы намагничивающего тока при сильном насыщении магнитопровода

В ходе исследования трансформатор в режиме холостого хода подавали напряжение несколько больше номинального, магнитопровод насыщался и намагничивающий ток имел явные признаки нелинейности (так легче контролировать максимальное значение намагничивающего тока). Поддерживая питающее напряжение постоянным, трансформатор нагружали до нагрузки, близкой к номинальной. Амплитудное значение намагничивающего тока и другие данные измерений фиксировали.

В дальнейшем первичную и вторичную обмотки меняли местами, исследование повторяли. Начальное значение питающего напряжения на холостом ходу подбиралось так, чтобы амплитудное значение намагничивающего тока было точно таким же, как в предыдущем опыте.

Аналогично выполнялись опыты и для индуктивной нагрузки. Данные опытов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Активная нагрузка

Опыты	Первичная обмотка - БЛИЖНЯЯ к магнитопроводу				Первичная обмотка – ДАЛЬНЯЯ от магнитопровода			
	1	2	3	4	1	2	3	4
$U_1, В$	260	260	260	260	260	260	260	260
$I_1, А$	1,4	3	4	5	1,1	3	4	5
$U_2, В$	264	264	262	262	250	246	246	246
$I_2, А$	0,6	2,4	3,4	4,45	0,25	2,75	3,85	4,9
$I_{намаг}, дел$	1,3	1,4	1,4	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3
$I_{намаг}, А$	1,56	1,68	1,68	1,80	1,56	1,56	1,56	1,56
Вывод	Инамаг. растёт				Инамаг. постоянен			

Таблица 2

Индуктивная нагрузка

Опыты	Первичная обмотка - БЛИЖНЯЯ к магнитопроводу				Первичная обмотка – ДАЛЬНЯЯ от магнитопровода			
	1	2	3	4	1	2	3	4
$U_1, В$	252	252	252	252	260	260	260	260
$I_1, А$	1	3	4	5	1	3	4	5
$U_2, В$	256	256	256	256	246	250	250	250
$I_2, А$	0	2,25	3,4	4,35	0	2,5	3,6	4,7
$I_{намаг}, дел$	1,3	0,9	0,8	0,7	1,3	0,8	0,7	0,6
$I_{намаг}, А$	1,41	0,98	0,87	0,76	1,41	0,87	0,76	0,65
Вывод	Инамаг. снижается				Инамаг. снижается			

Для удобства процессы в трансформаторе будем анализировать с применением Т-образной схемы замещения (рис. 3).

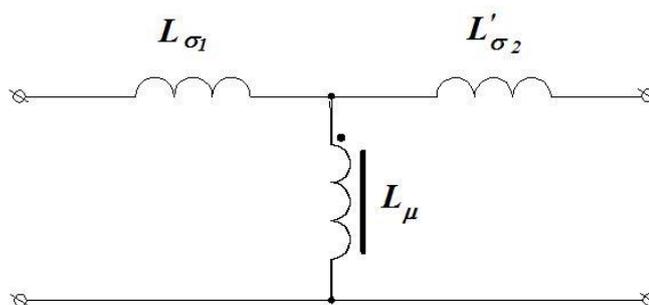


Рис. 3. Упрощённая Т - образная схема замещения трансформатора

Ток нагрузки, протекающий по индуктивности рассеяния первичной обмотки $L\sigma_1$, вызывает падение напряжения, и к намагничивающей ветви $L\mu$ будет приложено меньшее напряжение, что определит снижение намагничивающего тока. Эффект будет тем сильнее, чем режим работы ближе к режиму короткого замыкания. Причём фаза тока нагрузки так же может иметь значение. Индуктивный ток нагрузки совпадает по фазе с намагничивающим током и может его «заменить» (обеспечить ЭДС индукции первичной обмотки, уравнивающую питающее напряжение) и снизить.

С другой стороны, ток нагрузки будет создавать потоки рассеяния первичной обмотки, которые будут замыкаться частично по железу, в области размещения первичной обмотки, частично по воздуху. При этом магнитопровод будет дополнительно нагружен, что приведёт к росту намагничивающего тока.

По результатам опытов наблюдаются различные тенденции изменения намагничивающего тока в зависимости от расположения первичной обмотки и характера нагрузки. Различия связаны, в том числе, с использованием анизотропной холоднокатаной электротехнической стали при изготовлении магнитопровода трансформатора. Данный вид стали является текстурированным и обладает высокими электротехническими свойствами в одном направлении. По другим направлениям магнитная проницаемость резко снижается и достигает минимальных значений при пути магнитного потока в направлении, перпендикулярном направлению прокатки.

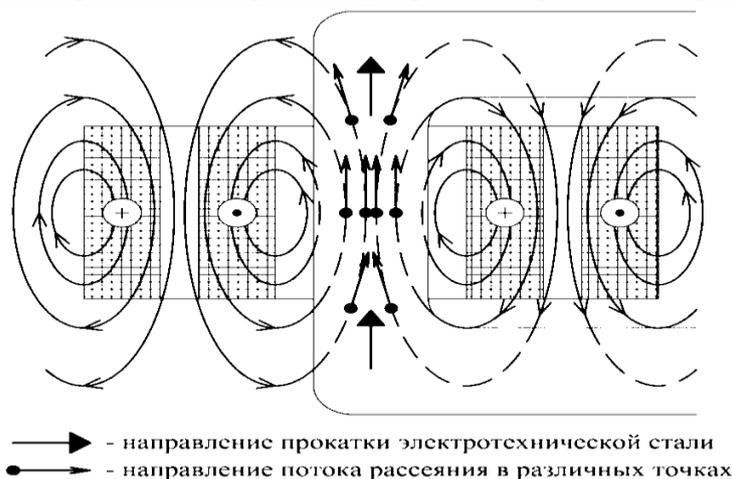


Рис. 4. Направления магнитного потока рассеяния в различных точках поля

Так как часть магнитного потока рассеяния обмотки проходит по магнитопроводу не в направлении прокатки (рис. 4), то магнитная проницаемость в этих местах снижена.

Внутренняя обмотка трансформатора обладает большей индуктивностью рассеяния, чем наружная [3]. Значит, магнитный поток рассеяния внутренней обмотки в большей степени замыкается по сердечнику трансформатора, чем по воздуху, встречает большее магнитное сопротивление, что влияет на увеличение тока намагничивания.

Кроме того, характер тока нагрузки играет большую роль. Намагничивающий ток является индуктивным и при активной нагрузке, в случае, когда внутренняя обмотка – первичная, возрастает под действием указанных факторов. А в случае наружной первичной обмотки, тенденция на увеличение намагничивающего тока снижается, его значение не меняется при изменении активной нагрузки.

При индуктивной нагрузке, ток нагрузки совпадает по фазе с намагничивающим и, тем самым, его «подменяет», а, значит, намагничивающий ток уменьшается. Эффект увеличения тока намагничивания из-за анизотропии электротехнической стали полностью подавляется индуктивным током нагрузки.

В ходе опытов не удалось выявить различия в потерях трансформатора при подключении к источнику обмотки ближней к магнитопроводу и дальней. Потери в трансформаторе невелики и, возможно, не хватило точности измерения. Форма намагничивающего тока при индуктивной и активной нагрузках различна.

Определение необходимого расположения обмоток с помощью опытного исследования далеко не всегда представляется возможным. Решение данной проблемы – в математическом моделировании.

Создание математической модели предлагается следующим способом. Определим схемы замещения. В расчёте важны индуктивности рассеяния обмоток, изменяющиеся с течением времени в широких пределах, поэтому электрическую схему трансформатора в данном случае представим в виде индуктивно связанных цепей (рис. 5).

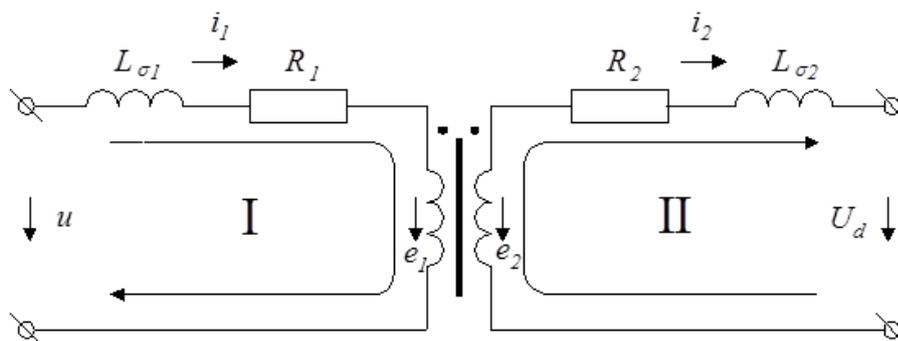


Рис. 5. Электрическая схема с учетом индуктивностей рассеяния

$L_{\sigma 1}$ и $L_{\sigma 2}$ – индуктивности рассеяния по воздуху (не насыщаются). Для учета перераспределения магнитного поля в магнитопроводе от намагничивающего тока примем T-образную схему замещения магнитной цепи (рис. 6), где: F_1, F_2 – МДС обмоток; Φ_1, Φ_2 – потоки через первичную и вторичную обмотки; R_{σ} – линейное воздушное сопротивление магнитному потоку в воздухе; $R_{\mu 1}, R_{\mu 2}$ – магнитные сопротивления участков магнитопровода в области размещения первичной и вторичной обмоток.

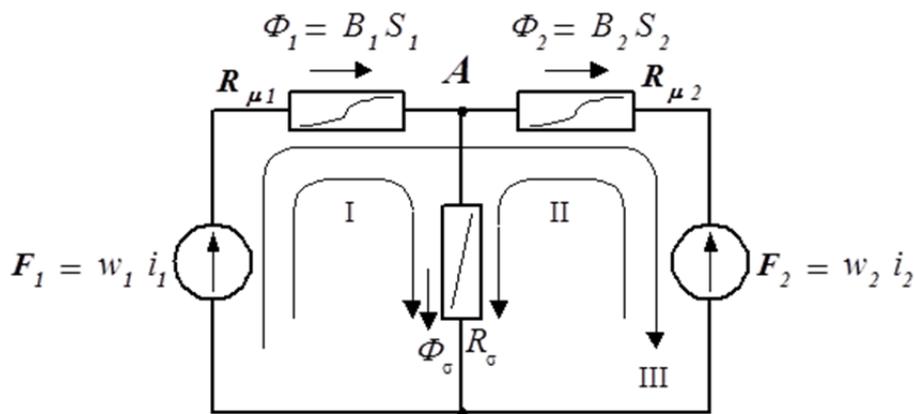


Рис. 6. Схема замещения магнитной цепи,

На электрической схеме (рис. 5) в I и II контурах зададимся направлениями обхода токов, ЭДС и напряжений, по второму закону Кирхгофа составим уравнения:

$$U_{1m} \sin \omega t = w_1 S_1 \frac{dB_1}{dt} + L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 \quad (1)$$

$$w_2 S_2 \frac{dB_2}{dt} = i_2 R_2 + U_d + L_{\sigma 2} \frac{di_2}{dt} \quad (2)$$

По схеме замещения магнитной цепи (рис. 6) составим третье уравнение для III направления обхода и систему уравнений для контуров I и II (H_0 и B_0 – коэффициенты аппроксимации основной кривой намагничивания):

$$l_1 H_0 \operatorname{sh} \frac{B_1}{B_0} + l_2 H_0 \operatorname{sh} \frac{B_2}{B_0} = w_1 i_1 - w_2 i_2 \quad (3)$$

$$\begin{cases} w_1 i_1 = \Phi_1 R_{\mu 1} + \Phi_{\sigma} R_{\sigma}; \\ w_2 i_2 = \Phi_2 R_{\mu 2} + \Phi_{\sigma} R_{\sigma} \end{cases} \quad (4)$$

Продифференцировав уравнение (3) и уравнение, получаемое после решения системы уравнений (4), а так же с учетом уравнений (1) и (2), будем иметь систему из четырех исходных уравнений. Эти уравнения были решены с помощью программных средств ПЭВМ, опыты физического эксперимента были промоделированы. Сходимость результатов корректная. Наибольшее отклонение не превышало 9%. Были промоделированы различные конструкции трансформаторов, с различным расположением обмоток.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Индуктивность рассеяния одной из обмоток может в несколько раз превышать индуктивность рассеяния другой обмотки, приведённой к одному числу витков.

2. В трансформаторах с concentрическими обмотками и магнитопроводом с высокой анизотропией, используемых на объектах военного назначения, первичную обмотку целесообразно располагать дальше от магнитопровода. Это снизит намагничивающий ток и потери в стали без снижения уровня боевой готовности.

Список литературы:

1. Марквардт Е. Г. О рассеянии обмоток трансформатора // Электричество.-1937. № 11.-с.60-63.
2. Гуков Д. В., Перцев А. В. Сварочный трансформатор с уменьшенным сечением магнитопровода // Электротехника. – 1996. – № 6. – С. 22-25.
3. Патент РФ № 2121416 МКИ В 23 К 9/10, НО1 F 21/00 Гуков Д. В., Еруманс А. А. Устройство для сварки // Бюл. № 31 от 10.11.98.
4. Патент РФ №2328749 МПК G01R 19/00 Гуков Д. В., Гуков А. Д. и др. Способ измерения намагничивающего тока трансформатора, работающего под нагрузкой // Бюл. №19 от 10.07.2008.

УДК 725.181:721.011

Булат Р.Е., Климанов С.Г.
Bulat R.E., Klimanov S.G.

Теория и практика повышения качества размещения войск в полевых условиях
Theory and practice of quality improvement of bed-down of forces in the field conditions

Аннотация: В статье раскрываются вопросы качества обустройства войск при их размещении в полевых условиях при длительном отрыве от пунктов постоянной дислокации. Анализируются опыт войск и научные исследования в области размещения личного состава в мобильных временных военных городках. Авторами сформулированы рекомендации по внедрению типовых мобильных временных военных городков.

Abstract: The article deals with the problems of bed-down of forces in the field conditions when the troops are away from their permanent disposition for a long time. Forces experience and scientific works in the field of personnel bed down in temporary mobile garrisons are analyzed. The authors provide recommendations on introduction of standard temporary military mobile garrisons.

Ключевые слова: качество обустройства войск, размещение, эксплуатационное содержание, обеспечение коммунальными услугами воинских частей, длительный отрыв от пунктов постоянной дислокации, архитектурно-планировочные решения, боеготовность, психофизиологические факторы, полевые условия, ведомственные строительные нормы, мобильный временный военный городок

Key words: quality of troops arrangement, deployment, operational maintenance, community facilities in military garrisons, long period away from permanent disposition, architectural-planning solutions, combat readiness, human factors, field conditions, departmental building norms and regulations, temporary military mobile garrisons

Известно, что решение проблемы повышения боеспособности Вооружённых Сил Российской Федерации тесно связано с необходимостью повышения качества обустройства войск [1]. Поэтому рост современных требований к обустройству войск обуславливает поиск научно-обоснованных путей совершенствования взаимосвязанных вопросов размещения, эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами воинских частей и организаций Министерства обороны Российской Федерации.

Вместе с тем, следует отметить, что важнейшим фактором боеготовности войск в условиях их длительного отрыва от пунктов постоянной дислокации (более 6 месяцев), является качество принятых архитектурно-планировочных решений при их размещении. При этом важно подчеркнуть, что архитектурно-планировочная организация среды размещения частей и подразделений влияет на их способность к оперативному решению боевых и повседневных задач по предназначению не только прямо (например, отражается на скорости перевода в высшие степени боевой готовности), но и косвенно. К скрытому влиянию на боеготовность следует отнести физические, психические и физиологические факторы, воздействующие на личный состав в полевых условиях.

Архитектурно-планировочная среда должна служить неперенным условием эффективности боевого дежурства, способствовать преодолению сверхнагрузок, обеспечивать восстановление сил организма, создавать необходимую гигиеническую обстановку, содействовать дисциплине и уставному порядку и т.д. При этом значимость решения вопросов качества размещения войск в полевых условиях при решении задач по защите и обеспечению безопасности государства в современной геополитической обстановке только усиливается.

Поэтому актуальность научного обоснования вопросов дальнейшего развития системы размещения, эксплуатационного содержания и обеспечения войск коммунальными услугами в полевых условиях не подлежит сомнению. При этом наша позиция состоит в том, что длительный отрыв войск от пунктов постоянной дислокации требует переосмысления подходов к размещению личного состава в полевых условиях с учётом как специфики выполнения боевых и повседневных задач, так и особенностей психофизиологических потребностей военнослужащих.

Наряду с этим, значимых теоретических исследований в области обустройства военнослужащих в полевых условиях в настоящее время не выявлено. Проводимые совещания, конференции и другие научные мероприятия рассматривают, как правило, вопросы обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации современными видами вооружения и военной техники. Научные исследования в направлении обустройства и войск чаще всего направлены на пункты постоянной дислокации, а решение вопросов полевого размещения войск сводится к рекламе производителей современных мобильных комплексов.

Вместе с тем, Устав внутренней службы Вооружённых Сил Российской Федерации чётко определяет два вида размещения войск: в пунктах постоянной дислокации и при расположении лагерем в полевых условиях. При этом размещение в полевых условиях имеет ряд требований, на основании которых базируется нормативная база Министерства обороны Российской Федерации по эксплуатационному содержанию и обеспечению коммунальными услугами воинских частей в условиях длительного отрыва от пунктов постоянной дислокации [2,3].

Кроме того, мы считаем, что низкий теоретический уровень вопросов развития обустройства войск в полевых условиях объясняется результатами реформирования проектных институтов военно-строительного комплекса Министерства обороны Российской Федерации и привлечения к проектированию и строительству коммерческих организаций на договорной основе.

В результате создавшегося положения и отсутствия инвентарных материальных средств (например, АПЛ-500) отдельные руководители воинских частей решают вопросы по обустройству личного состава самостоятельно, не имея достаточного профильного профессионального образования в области строительства и архитектуры. Как правило, целью подобного строительства является перемещение личного состава из инвентарного палаточного лагеря в быстровозводимые временные здания. Примером подобного подхода к обустройству личного состава может являться строительство военных городков в одном из южных регионов страны, (рис. 1, 2, 3) собственными силами из имеющихся в наличии строительных материалов [4].

В соответствии с оперативным техническим заданием и указаниями заместителя Министра обороны Российской Федерации генерала армии Булгакова Д.В. группой учёных Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения с 18 по 21 октября 2016 г. было проведено обследование вышеназванных военных городков.

Схема военного городка и его строительство



Рис. 1. Схема военного городка и казарменных корпусов



Рис. 2. Военный городок

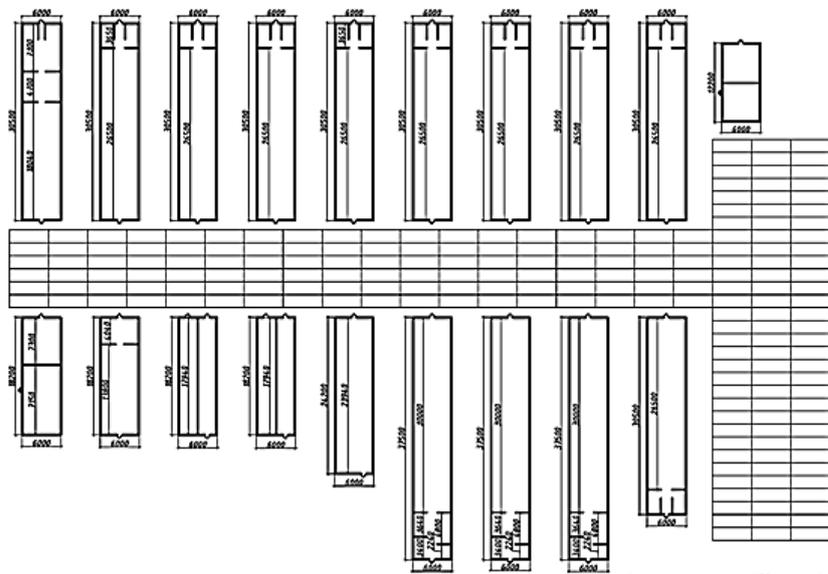


Рис. 3. План военного городка

В процессе обследования военных городков был выявлен ряд нарушений, свидетельствующий о непрофессиональных решениях вопросов обустройства войск. Так, возведение зданий и сооружений осуществлялось без проектной документации и оценки воздействия опасных природно-техногенных явлений (сейсмичности и просадки грунтов), с нарушением санитарно-гигиенических и

технологических требований, без противопожарных разрывов между зданиями (рис. 4, 5, 6) [2,3,4,5].

Кроме того, при устройстве тепловой защиты покрытий применен пенополистирол с односторонним фольгированием, который по техническим характеристикам не допускается к применению в открытом виде (рис. 7). Ряд нарушений связан с отсутствием защиты металлических септиков от коррозии (рис. 8)



Рис. 4. Организация рельефа, водоотведение, покрытия площадок и благоустройство



Рис. 5. Нарушения при устройстве фундаментов





Рис. 6. Общестроительные работы и их качество

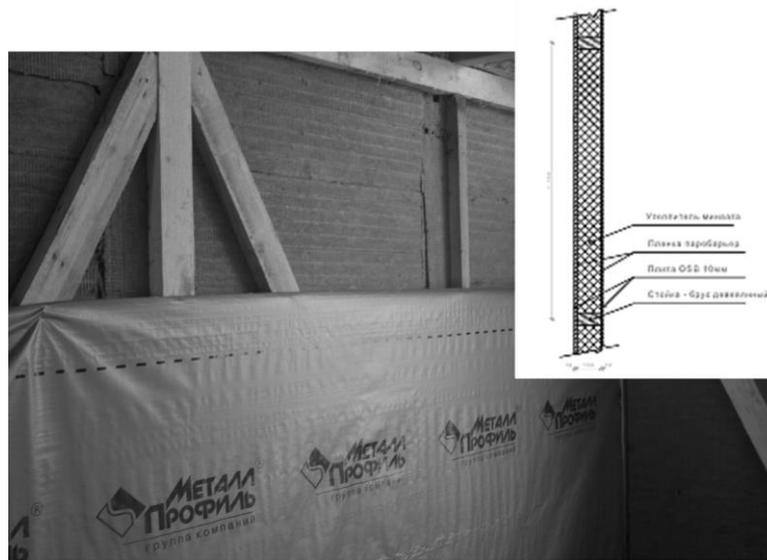


Рис. 7. Организация теплозащиты здания

Ёмкости септиков



**Совмещённая
подземная прокладка
инженерных
коммуникаций**

Рис. 8. Прокладка инженерных коммуникаций.

В результате проведённого обследования, специалистами был сделан вывод о том, что обследованные временные военные городки по архитектурно-планировочным, конструктивным, санитарно-гигиеническим и другим решениям не отвечают требованиям общегосударственных и ведомственных строительных норм [2,3,9]. В них не могут быть в полной мере обеспечены условия для повседневной служебной и бытовой деятельности военнослужащих, что недопустимо для дальнейшей эксплуатации.

Поэтому группой учёных кафедры «Военная архитектура, автоматизированные системы проектирования и естественнонаучные дисциплины» института с целью разработки рекомендаций к повышению боеготовности войск при полевом размещении войск были проанализированы научные достижения в области строительства временных военных городков. Анализ исследований показал целесообразность применения опыта размещения военно-строительных частей. Так, например, обеспечение безопасных условий жизнедеятельности военнослужащих военно-строительного комплекса МО РФ достигалось использованием мобильных воинских зданий промышленного изготовления с высокой оборачиваемостью (до 30 – 50 раз) [4, 6].

В рамках нашего исследования в качестве критериев подбора комплектов и конструктивных систем воинских зданий для временных военных городков нами были определены численность подразделений и продолжительность дислокации (Таблица 1.)

Таблица 1

Продолжительность дислокации, мес.	Численность подразделений, чел.			Этажность
	менее 100	до 300	более 500	
до 6	К	К	К _п	1
6 – 18 (24)	К _п	БСР	БСР	1 – 2
свыше 24	БСР	БСР	БСР	2

Условные обозначения:

К – контейнерные (объёмные блоки) на ходу;

К_п – контейнерные (объёмные блоки) перевозимые;

БСР – быстровозводимые сборно-разборные.

Вместе с тем, в рамках выполненной институтом научно исследовательской работы были решены следующие задачи:

- дана инженерная оценка района строительства временного военного городка;
- сформирована планировочная организация земельного участка казарменно-служебной зоны временного военного городка;
- подготовлены основные технологические решения зданий временного военного городка;
- предложены основные архитектурно-конструктивные решения для зданий временного военного городка;
- выполнены основные решения по системам жизнеобеспечения (теплоснабжению, отоплению, водоснабжению, водоотведению, электроснабжению и освещению), а также инженерному оборудованию казарменно-служебной зоны временного военного городка.

В результате на основе существующих условий размещения военнослужащих во временных военных городках нами была подготовлена типовая схема размещения казарменно-служебной зоны временного военного городка, соответствующая действующим нормативно-правовым актам.

В целом, приоритетное место в нашем исследовании принадлежало тем планировочным возможностям мобильных комплексов, конструктивным системам зданий и сооружений, подтвердившим выбор своими высоким технико-экономическими и эксплуатационными

показателями. Поэтому нами был разработан альбом типовых решений архитектурно-строительной и технологической частей казарменно-служебной зоны мобильного временного военного городка.

Таким образом, анализ проблемы повышения качества размещения войск в полевых условиях показал, что выполнении боевых и повседневных задач в условиях длительного отрыва от пунктов постоянной дислокации (более 6 месяцев) предопределяет необходимость реализации следующих мероприятий:

1. В рамках разработки новой классификации размещения войск (вместо пунктов постоянной дислокации и полевых условий) необходимо установить следующие виды размещения:

пункты постоянной дислокации войск;

временное размещение войск;

полевое размещение войск;

2. Организовать среди промышленных предприятий, готовых к выпуску мобильных зданий для Минобороны России, проектно-конструкторские изыскания с целью обновления планировочных и конструктивных решений военных городков и воинских зданий (с постановкой НИОКР);

3. Провести технико-экономическое обоснование и эстетическую оценку представленных проектно-конструкторских решений как экспериментального, так и перспективного использования по установленным типам военных городков и воинских зданий при научном сопровождении Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения;

4. Определить головные предприятия по военным округам, готовых к производству типовых мобильных воинских зданий, инженерных коммуникаций и оборудования как комплектных систем;

5. Использовать данные комплектные системы для обеспечения войск воинскими зданиями, инженерными коммуникациями и оборудованием как инвентарные;

6. Подготовить нормативную правовую базу для временного и полевого видов размещения войск в виде специальных ведомственных строительных норм (проект ВСН в рамках постановки соответствующей НИР).

7. Подготовить проект приказа Министра обороны Российской Федерации по обеспечению войск инвентарным имуществом;

8. На основе ВСН по временному обустройству войск подготовить положение по эксплуатации зданий и сооружений военных городков, которое ввести в Устав внутренней службы ВС РФ отдельным разделом (главой);

9. Предложить форму учёта для временных типов зданий как основных средств, стоящих на балансе войсковых частей, на весь расчётный срок службы (20 лет) как инвентарных зданий (при передислокации здания возвращаются на хранение);

10. Создать на площадях производственно-логистических комплексов в необходимом количестве комплекты типовых временных воинских зданий различного назначения, инженерное оборудование и деталей необходимых для размещения войск по нормативам временных военных городков в различных регионах;

11. Ввести в службу заказчика Минобороны России должности инженера-проектировщика (военного архитектора) для надзора за строительством и эксплуатацией временных и капитальных объектов (подготовку специалистов данной категории способен осуществить Военный институт (инженерно-технический)).

Список литературы

1. Булат Р.Е., Кабанов А.Н., Лазарев А.Н. О роли архитектурных решений в оптимизации адаптационного периода офицеров 76 ВДД. СПб. ВИТУ, 2004, - 47с.

2. ВСН 34-94 МО РФ Планировка и застройка военных городков.- М.: 1994, -103с.
3. ВСН 35-94 МО РФ Общевоинские здания. – М.: 1994, -211с.
4. Отчет о научно-исследовательской работе «Типовая схема размещения казарменно-служебной зоны временного военного городка» (Шифр «ВВГ-2016»). С-Пб.: 2017, - 64с.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. № 123-ФЗ. URL: <http://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovaniyah-pozharnoj-bezopasnosti/> (дата обращения: 17.10.17)
6. Альбом курсовых проектов казарм для временного проживания войск. (Шифр «ВВГ-2016») Санкт-Петербург (ВИ(ИТ) ВА МТО, 2016, - 45с.
7. СНиП 2.07.01-89*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М.: 1998, - 34с.
8. Климанов С.Г. Курс лекций по истории военной архитектуры. ч.1 Русская цивилизация. / ВИСИСПб.: 1995, -87с.
9. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 384 -ФЗ. 2009, URL: <http://fkr17.ru/upload/medialibrary/1df1/384-FZ.pdf>. (дата обращения: 19.10.17)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бараш Андрей Леонидович, кандидат технических наук доцент, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулева, доцент кафедры «Применение автомобильных подразделений», т. 892136505 61, e-mail: a.l.barash@yandex.ru

Белов Олег Евстафьевич, кандидат технических наук, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулева, доцент кафедры, т. 89217419929, e-mail: belov19681@yandex.ru

Булат Роман Евгеньевич, доктор педагогических наук доцент, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, заместитель начальника института по учебной и научной работе, т. 89216571144, e-mail: bulatrem@mail.ru

Головко Константин Викторович, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулева, адъюнкт кафедры «Применение автомобильных подразделений», т. 8 920 376 98 41, e-mail: kv13g@yandex.ru

Гринеv Алексей Павлович, кандидат технических наук, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулева, старший преподаватель кафедры систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры, тел.: 89111825067, e-mail: apgrinev69@yandex.ru

Гуков Дмитрий Васильевич, доктор технических наук, профессор, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулева», профессор кафедры «Электроснабжение, электрооборудование и автоматика», тел.:8911754-57-85, e-mail: guokovdmitry@rambler.ru

Загуляев Сергей Дмитриевич, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулева, курсовой офицер-преподаватель, тел.:89215756920, e-mail: zagulyaev.sd@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Barash Andrey L., candidate of technical sciences associate Professor, MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, (associate Professor of the department applications are automotive units phone: 89213650561, e-mail: a.l.barash@yandex.ru

Belov Oleg E., candidate of technical Sciences, MI(E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, Associate Professor, phone: 89217419929, e-mail:belov19681@yandex.ru

Bulat Roman E., doctor of pedagogical Sciences, associate Professor, MI(E) MA of logistics behalf of the army General A.V. Khrulev, Deputy chief of Institute on educational and scientific work, phone: 89217419929, e-mail: bulatrem@mail.ru

Golovko Konstantin V., MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, adjunct of the department applications are automotive units, phone: 8 920 376 98 41, e-mail: kv13g@yandex.ru

Grinev Aleksey P., candidate of technical Sciences, MI(E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, senior lecturer of the department of life support systems for military infrastructure facilities, phone: 89111825067, e-mail: apgrinev69@yandex.ru

Gukov Dmitry V., doctor of technical sciences professor, MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, Professor of department of power supply, electrical equipment and automation, phone: 8911754-57-85, e-mail: guokovdmitry@rambler.ru

Zagulyaev Sergey D., MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, course officer-teacher, phone: 89215756920, e-mail: zagulyaev.sd@yandex.ru

Игнатчик Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, начальник кафедры «Системы жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры», тел.: 8 (812) 275-65-03, e-mail: ign73@yandex.ru

Климанов Сергей Григорьевич, кандидат архитектуры доцент, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, заведующий кафедрой «Военная архитектура, автоматизированные системы проектирования и естественнонаучные дисциплины», т.89112684860, e-mail: Sergio19531@rambler.ru

Подпорин Александр Владимирович, кандидат технических наук; доцент СПбГАСУ, тел. 89313372590, e-mail: podporin2@yandex.ru;

Пчельников Игорь Викторович, кандидат технических наук, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, старший преподаватель кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», тел.: (8635) 25-53-34, e-mail: pchelnikov.igor@mail.ru

Саенко Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, старший преподаватель, тел.: 89110036454 e-mail: s.saenko@bk.ru

Седых Николай Артемович, доктор технических наук, профессор, ВИ (ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, инженер лаборатории химии кафедры систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры, тел.: 8 (812) 275-65-03, e-mail: ign73@yandex.ru

Сизон Екатерина Константиновна, магистр СПбГАСУ, ГУП «Водоканал», ведущий специалист; тел.: 89118386871; e-mail: sizon.ekaterina@mail.ru;

Скуднева Ираида Андреевна, ООО "СпецСтройПроект", инженер ВК; тел.: 89218663850; e-mail: Iraida_Skudneva@mail.ru

Сухарь Геннадий Анатольевич, кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, доцент кафедры, тел.: 89112157982, e-mail: g-suxar@mail.ru

Териков Алексей Сергеевич, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, магистрант кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», т.(8635) 25-53-34, e-mail:65613@mail.ru

Фесенко Лев Николаевич, доктор технических наук профессор Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, профессор кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», тел.: (8635) 25-53-34, e-mail: 65613@mail.ru

Шипилов Андрей Александрович, кандидат технических наук; ООО"СпецСтройПроект"; генеральный директор; тел.: 89219701634; e-mail: shipilov2000@mail.ru

Ignatchik Victor S, doctor of technical Sciences professor, MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, head of the department of life support systems of military infrastructure facilities, phone: 8 (812) 275-65-03, e-mail: ign73@yandex.ru

Klimanov Sergey G., Candidate of Architecture, Associate Professor, MTI of Military academy of logistics named after army General A.V. Khrulev, Head of the Department of Military Architecture, Automated Systems for Design and Science Disciplines, phone: 89112684860? e-mail: Sergio19531@rambler.ru

Podporin Alexander V., candidate of technical sciences, Associate Professor of SPbSACU, phone: 89313372590, e-mail: podporin2@yandex.ru

Pchelnikov Igor V., candidate of technical sciences, the South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, senior lecturer of the department "Water management, engineering networks and environmental protection"., phone: (8635) 25-53-34, e-mail: pchelnikov.igor@mail.ru

Saenko Sergey S., candidate of technical sciences, MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, Senior Lecturer, phone : 89110036454, e-mail: s.saenko@bk.ru

Sedih Nikolay A, doctor of technical Sciences professor, MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, engineer of the laboratory of chemistry of the department of life support systems of military infrastructure facilities, phone: (812) 275-65-03, e-mail: ign73@yandex.ru

Sizon Ekaterina K., master SPbSACU, FSUE "Vodokanal", leading specialist, phone: 89118386871; e-mail: sizon.ekaterina@mail.ru;

Scudneva Iraida A., LLC "SSP", engineer, phone: 89218663850; e-mail Iraida_Skudneva@mail.ru

Suchar Gennady A., candidate of technical sciences, MI (E) MA of logistics behalf of the army General A. V. Khrulev, Associate Professor, phone: 89112157982, e-mail g-suxar@mail.ru

Terikov Alexey S, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, master of the chair "Water management, engineering networks and environmental protection", phone: (8635) 25-53-34, e-mail: 65613@mail.ru

Fesenko Lev N., doctor of technical sciences professor, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, professor of the department "Water management, engineering networks and environmental protection", phone: (8635) 25-53-34, e-mail: 65613@mail.ru

Shipilov Andrey A., candidate of technical sciences, LLC "SSP", general Director, phone: 89219701634; e-mail: shipilov2000@mail.ru