

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ УБЕЖИЩ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Владимир Стоянов, Февзи Акимов, Виктор Стоянов

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Адрес: Украина, 95493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181. e-mail: www.napks.edu.ua

Аннотация. В статье предлагается новый подход к проектированию более надежных, энергосберегающих систем электроснабжения потребителей, обеспечивающих жизнедеятельность укрываемых в малогабаритных убежищах гражданской защиты.

Ключевые слова: убежище, система энергоснабжения, накопитель тепловой энергии, термоэлектрический генератор.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительно расширился интерес к вопросам надежности защиты населения в малогабаритных индивидуальных убежищах, создаваемых в загородной зоне на участках дачного и жилого строительства. В соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) все убежища должны обеспечивать надежное укрытие людей в трех режимах: вентиляция, фильтровентиляция и герметизация. Электроснабжение систем жизнеобеспечения убежищ предусмотрено от городской сети и, в ряде случаев, от автономных источников дизельгенератора и (или) аккумуляторных батарей [3, 5, 6]. Однако надежность электроснабжения от этих источников не отвечает требованиям для приемников тока первой категории, устанавливаемых в убежищах для поддержания допустимых условий обитаемости. Предельно допустимыми являются температура воздуха до 30°C, концентрация диоксида углерода до 3%, кислорода до 17% и оксида углерода до 30 мг/м³. при отключении электроснабжения в режиме полной изоляции и отключении параметров от указанных пределов использование убежищ невозможно.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Как известно, самым главным элементом обеспечения жизнедеятельности человека является дыхание. В спокойном состоянии человек за 1 час поглощает до 20 л кислорода и выделяет при этом 16 л диоксида углерода, 40 г паров воды и 50 ккал тепла. Следовательно, при пребывании людей в убежище состав и свойства воздуха будут изменяться: содержание кислорода снижается и одновременно повышается концентрация двуокиси углерода, температура и относительная влажность. Кроме того, в воздухе будет расти содержание антропоксинов – веществ, выделяемых органами дыхания и через кожу человека вызывающих неприятные запахи и отрицательно влияющие на самочувствие человека.

Системы жизнеобеспечения убежищ должны создавать условия для непрерывного пребывания в них расчетного количества людей не менее двух суток – режим вентиляции; 12 часов – режим фильтровентиляции; 6 часов – режим герметизации. На обеспечение работы систем очистки и восстановления микроклиматических характеристик и газового состава воздуха затрачивается 75-80% от общей подводимой мощности. В то же время, анализ существующих систем электроснабжения существующих убежищ показал, что:

– надежность электроснабжения от госсети не отвечает требованиям приемников тока систем жизнеобеспечения, к которым относятся системы воздухообеспечения убежищ;

– предусматриваемая в некоторых случаях установка дизельгенераторов (ДГС) и аккумуляторных батарей (АБ) намного усложняет и удорожает эксплуатацию и не обеспечивает требуемой степени надежности электроснабжения убежищ в условиях чрезвычайных ситуаций [7];

– установка ДГС требует строительство воздухозабора, систем отведения отработанных газов и значительных тепловых потоков, что намного снижает надежность работы систем жизнеобеспечения в чрезвычайных ситуациях [8, 9].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Оборудование, разрабатываемое для обеспечения жизнедеятельности укрываемых в убежищах должно соответствовать требованиям, представленным в европейских стандартах. Анализ публикаций показал, что большинство высокоразвитых стран для повышения надежности укрытия населения в случае чрезвычайных ситуаций перешли на строительство убежищ семейного типа – бункеров. Возведением таких убежищ занимаются специализированные строительные фирмы Германии, США, Японии. Стоимость таких бункеров составляет десятки – сотни тысяч долларов США. Большая часть затрат приходится на специальные системы энергоснабжения и воздухообеспечения в которых приме-

няются современное оборудование, автоматика и микропроцессорные устройства, выпускаемые ведущими мировыми производителями [1, 2, 4].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью проведенных исследований является создание модели для поэтапного исследования процессов, связанных с разработкой источника тока для системы гарантированного энергоснабжения убежищ, создаваемого на основе накопителя вторичных тепловых энергетических ресурсов, ранее удаляемых из убежища в окружающую среду и термоэлектрического генератора.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Электроснабжение систем жизнеобеспечения убежищ осуществляется от государственной сети и автономного источника тока. В качестве автономного источника тока в убежищах чаще всего применяются ДЭС и аккумуляторные батареи.

При анализе электрической схемы питания аппаратуры и технологического оборудования систем жизнеобеспечения и требуемого уровня надежности электроснабжения существующих убежищ приходим к выводу, что надежность электроснабжения существующих убежищ не отвечает современным требованиям в условиях чрезвычайных ситуаций [11, 12].

Существенным недостатком энергетики убежищ является также неоправданно большой расход электрической энергии приемниками тока в режимах фильтровентиляции и герметизации в условиях чрезвычайных ситуаций. Установленные автономные источники электроэнергии в условиях герметизации не могут обеспечить работу систем очистки, восстановления газового состава, удаление теплоизбытков без связи с окружающей средой. Дублирование ДЭС, увеличение их мощности при низком коэффициенте использования электрической энергии для работы систем жизнеобеспечения, значительно повышает стоимость эксплуатации убежища. И все это заложено в проектных решениях, что недопустимо в условиях поддержания жесткого режима экономии энергоресурсов в стране.

Для снижения потребляемых мощностей и повышения надежности электроснабжения убежищ целесообразно [13, 14, 15]:

– провести тщательный анализ нагрузочных характеристик существующих и перспективных приемников тока системы жизнеобеспечения убежищ, как по качеству электроэнергии, так и по удельному потреблению активной и реактивной мощности. Определить номинальные и максимальные нагрузки. При этом особое внимание следует уделить анализу режимов фильтровентиляции и герметизации убежищ, разработать альтернативные

способы или наиболее экономичные режимы использования существующих систем жизнеобеспечения;

– в связи с низкой надежностью и эффективностью существующих систем электроснабжения убежищ большой вместимости необходимо провести исследование с целью разработки убежищ малой вместимости;

– для повышения надежности электроснабжения убежищ малой вместимости в условиях чрезвычайных ситуаций следует рассмотреть вариант установки в них источника гарантированного питания с выходной мощностью 1-2 кВт для питания потребителей в условиях полной герметизации (при отключении госсети и невозможности работы ДЭС);

– для питания потребителей в условиях герметизации вполне возможно использовать заранее накопленную тепловую энергию, выделяющуюся при работе установок в других режимах по очистке, поддержанию газового состава воздуха внутренних помещений и отработавших газов технологического оборудования, включая ДЭС с последующим преобразованием ее в электрический ток с использованием термоэлектрических генераторов (ТЭГ).

Высокая надежность и бесперебойность электроснабжения приемников электрической энергии в условиях герметизации оценивается вероятностными характеристиками. Поэтому выработка научно обоснованных решений по повышению надежности и бесперебойности электроснабжения является составной частью задачи по повышению эффективности защиты населения страны в условиях чрезвычайных ситуаций [24].

Одним из путей решения данной проблемы может быть использование специальных теплоаккумулирующих устройств, работающих совместно с ТЭГ [16]. Но для того, чтобы ТЭГ с устройством, аккумулирующим тепловую энергию вторичных энергетических ресурсов, мог самостоятельно выполнять функции автономного источника энергии в системах гарантированного энергоснабжения убежищ, должны быть решены следующие основные задачи:

1. Разработаны принципиальные схемы установок с тепловыми накопителями и ТЭГ для систем гарантированного энергоснабжения убежищ ГЗ;

2. Разработана серия конструкций автономных источников энергии в системах гарантированного энергоснабжения потребителей убежищ различной мощности при высокой степени надежности;

3. Подобран соответственно энергетическим параметрам утилизируемых тепловых потоков теплоаккумулирующий материал, позволяющий накапливать, хранить и использовать тепловую энергию в ТЭГ [17, 18, 20, 22];

4. Разработаны схемы и режимы преобразования накопленной тепловой энергии в электрическую с требуемыми характеристиками [21, 23].

Разработанная схема системы энергоснабжения убежищ ГЗ с тепловым накопителем и ТЭГ при работе в режиме частичной или полной герметизации объекта представлена на рис. 1.

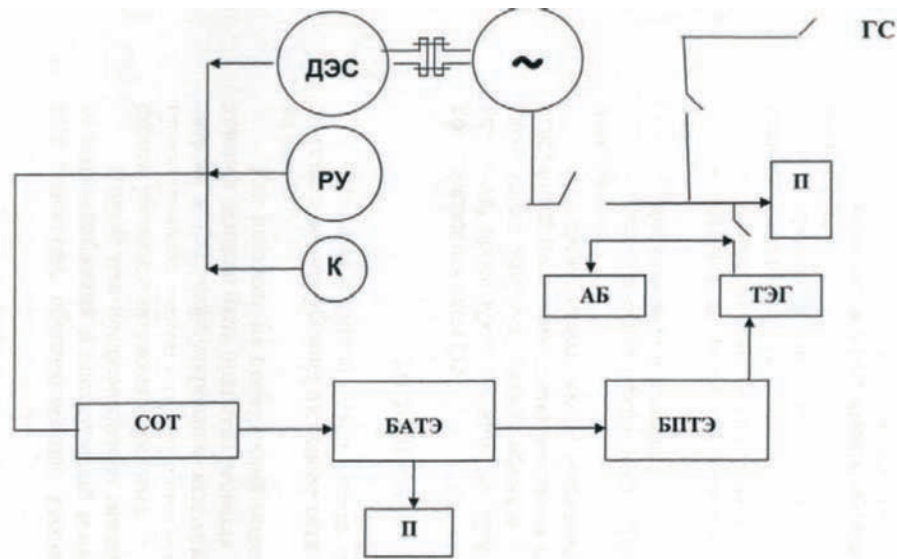


Рис. 1. Схема гарантированного энергоснабжения убежищ с использованием тепловых накопителей и ТЭГ, где: ДЭС – дизель-электрическая станция; СОР – системы отведения теплоты; БАТЭ – блок аккумуляции тепловой энергии; БПТЭ – блок подачи тепловой энергии; АБ – аккумуляторная батарея; ТЭГ – термоэлектрический генератор; П – потребители тепловой и электрической энергии; ГС – государственная сеть энергоснабжения убежищ; РУ – регенеративная установка; К – кондиционер.

Fig. 1. Chart of the assured energy supply of refuges with the use of thermal stores

В случае перехода убежища в режим фильтрации или полной герметизации и невозможности дальнейшей работы ДЭС, РУ, К накопленная в БАТЭ тепловая энергия поступает из блока подачи тепловой энергии – БПТЭ в ТЭГ и убежищ запитывается от источника гарантированного энергоснабжения, работающего от накопителя теплоты.

Для оценки возможности внедрения предлагаемых систем гарантированного энергоснабжения, использующих тепловую энергию, удаляемую системами отведения теплоты, в энергетику убежищ ГЗ, был проведен комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ [19, 25, 26].

Практическая сторона решаемой проблемы заключается в выборе режимов работы системы гарантированного энергоснабжения, построенной на базе теплового накопителя и ТЭГ, в период поддержания временных характеристик живучести убежищ при работе в автономном режиме [27].

На основе проведенного предварительного анализа возможных режимов работы были сформулированы основные требования, которым должен отвечать разрабатываемый на базе теплового накопителя и ТЭГ источник энергии для систем гарантированного энергоснабжения убежищ ГЗ. В число этих требований вошли [27]:

- высокая надежность во временном диапазоне, не менее 30 суток;
- высокое качество вырабатываемой тепловой и электрической энергии;

- быстрая готовность к действию, т.е. принятию нагрузки;
- простота и безопасность обслуживания, а также пожаро- и взрывобезопасность;
- прочность (механическая, электрическая, термическая), химическая и радиационная стойкость;
- независимость работы от наличия связи с окружающей средой;
- отсутствие помех для электро- и радиоаппаратуры и магнитных систем;
- высокая экономичность;
- экологическая безопасность при работе в замкнутых герметизированных объемах.

Из перечисленных выше требований видно, что создаваемый источник, основанный на использовании тепловых накопителей энергии для систем гарантированного энергоснабжения убежищ ГЗ, относится к категории технических устройств, проектирование которых приводит к множественности возможных конструктивных схем [15, 27].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Принятая в данной работе модель построения системы гарантированного энергоснабжения убежищ на основе теплового накопителя и ТЭГ представлена на рис. 2.

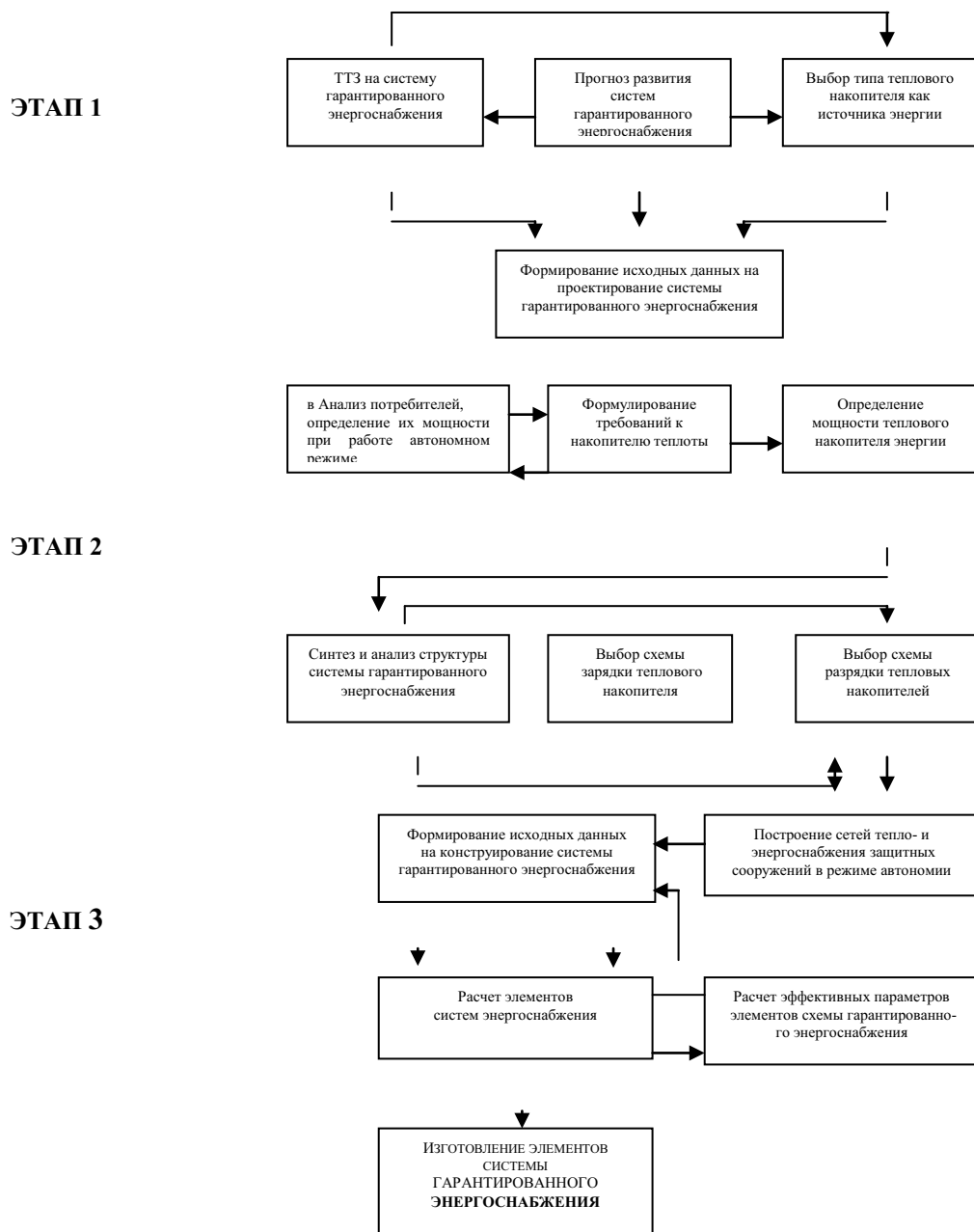


Рис. 2. Модель построения системы гарантированного энергоснабжения убежищ с тепловым накопителем и ТЭГ.
 Fig. 2. Model of construction of the system of the assured energy supply of refuges with a thermal store

Как показано на приведенной модели, результатом первого этапа исследования должно быть принятие решения по выбору типа накопителя тепловой энергии и ТЭГ, формулирование исходных данных и технического задания на проектирование системы гарантированного энергоснабжения для обеспечения работы убежищ в автономном режиме.

Второй этап предусматривает синтез структуры системы гарантированного энергоснабжения и последующий ее анализ с детальной разработкой

отдельных подсистем, обеспечивающих протекание основных рабочих процессов (схемы зарядки и разрядки, преобразователей, систем управления и контроля).

На третьем этапе осуществляется практическая реализация системы гарантированного энергоснабжения и ее подсистем.

Этапы разработки системы гарантированного энергоснабжения убежищ состоят из ряда подэтапов, реализация которых сводится к самостоятель-

ным и независимым задачам. При этом, исходя из требований системного подхода, необходимо учитывать, что одной из важнейших функций систем гарантированного энергоснабжения убежищ является обеспечение динамической устойчивости энергосистемы в режиме автономии.

Под динамической устойчивостью энергосистемы понимается ее способность после несанкционированного отключения государственного (внешнего) и автономного (внутреннего) источника восстановить исходное или практически близкое к нему (допустимое по условиям эксплуатации) состояние. С учетом этого система гарантированного энергоснабжения убежищ должна обеспечивать аккумуляцию теплоты отработанных газов и стоков оборудования и установок жизнеобеспечения (дизельного двигателя, регенеративных установок, кондиционерно-компрессорных станций и т.п.) для создания источников электрической энергии, работающих без связи с окружающей средой.

Согласно выбранному алгоритму на первом этапе осуществляется структурный анализ возможных альтернативных систем гарантированного энергоснабжения с накопителем тепловой энергии и ТЭГ. На этом этапе проводится сравнительная оценка энергетической мощности потребителей систем жизнеобеспечения с энергетическими возможностями накопителей тепловой энергии.

На втором этапе проводится формирование исходных данных для подбора соответствующего теплоаккумулирующего материала. В данной работе подбор теплоаккумулирующего материала осуществлялся с использованием как индивидуальных веществ, так и их смесей, которые поглощают или отдают тепло в процессе фазового перехода из твердого состояния в жидкое и наоборот (при температуре плавления или кристаллизации).

Задача третьего этапа состоит в разработке конструкции теплового накопителя для систем гарантированного энергоснабжения убежищ. В ходе проведения исследований на данном этапе были созданы и использованы различного рода конструктивные схемы систем, позволяющие обеспечить работу теплового накопителя в режимах накопления, хранения и выдачи запасенной энергии.

На четвертом этапе проведен расчет мощностных характеристик процесса разрядки теплового накопителя и подбор элементов блока преобразования тепловой энергии в электрическую. Этот этап включает в себя создание и экспериментальное исследование характеристик макета преобразователя тепловой энергии в электрическую, работающего в режиме автономного источника энергии и обеспечивающего питание оборудования систем жизнеобеспечения защитных сооружений в условиях частичной или полной герметизации.

На пятом этапе формировалась модель системы гарантированного энергоснабжения убежищ

ГЗ с использованием теплового накопителя и ТЭГ в качестве источника энергии.

ВЫВОДЫ

1. Ни один из источников электрической энергии убежищ самостоятельно не может решить проблемы обеспечения требуемой автономности и гарантированного электропитания убежищ гражданской защиты в условиях чрезвычайных ситуаций.

2. Для бесперебойного энергоснабжения потребителей в условиях герметизации убежищ, особенно в период заражения атмосферного воздуха для электропитания систем воздухообеспечения необходимо использовать автономные источники, работающие без связи с окружающей средой.

3. Для работы термоэлектрических генераторов в убежищах гражданской защиты имеется возможность использовать энергию тепловых потоков, до настоящего времени сбрасываемых в окружающую среду специальными системами отведения теплоты.

4. В работе предложена блок-схема проектирования системы гарантированного питания убежищ с использованием накопителя вторичных тепловых ресурсов и термоэлектрического преобразователя накопленной тепловой энергии в электрическую.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богуславский Л., 1962.: Снижение расхода энергии при работе систем отопления, вентиляции и кондиционирования. - М.: Стройиздат. - 84.
2. Богуславский Л., 1985.: Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции. - М.: Стройиздат. - 124.
3. Бреев В.В. и др., 1980.: Генераторы прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую. - М.: ВНИИТ. - 186.
4. Возобновляемые источники энергии, 1985.: Тез. науч.-техн. конф. - Черниголова.: Институт хим. физики АН СССР, 248.
5. ГОСТ 26416-85, 1985.: Агрегаты бесперебойного питания мощностью до 1кВт. Общие технические условия. - М.: Издательство стандартов - 86.
6. Гулия Н., 1991.: Накопители энергии. - М.: Энергоиздат. - 62.
7. Данилин А. и др., 1991.: Тепло- и холодоаккумулирующие материалы. - Краснодар, Изд-во КПИ. - 168.
8. Использование вторичных энергетических ресурсов и природного тепла в системах отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кон-

диционирования воздуха, 1982.:// Тез. Всесоюзного совещания. - М.: ГПИ Сантехпроект, 1982, 256.

9. Карпис Е., 1986.: Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха. - М.: Стройиздат. - 286.

10. Колодеев И., 1987.: Системы автономного электроснабжения. - М.: МО СССР. - 134.

11. Кононов Б., Самойленко Б., 1990.: Системы управления электроснабжением. - М.:МО СССР. - 152.

12. Крошко А., 1978.: Автономные источники и системы электропитания аппаратуры связи. - М.: Связь. - 168.

13. Морозовский В. и др., 1980.: Системы электроснабжения летательных аппаратов. - М.: Машиностроение. - 235.

14. Самойленко Б., Кононов Б., 1986.: Системы автоматического управления. - М.:МО. - 248.

15. Стоянов В. и др., 2010.: Аварийные источники энергии для объектов гражданской защиты // MOTROL. - №12С, 161 - 166.

16. Стоянов В., Токарев В., Хусаинов Р., 1987.: Исследование процесса распространения теплоты в замкнутом объеме. - Казань: КВКИУ. - 212.

17. Стоянов В., Пухов И. и др., 1990.: Аккумулятор тепла отходящих газов дизельных двигателей.//Мат. межд. симпозиума по нетрадиционной энергетике. - Бахчисарай, 219.

18. Стоянов В., Чемеричко А., Белюшков А., 1992.: Исследование состояния и разработка предложений по реконструкции системы энергоснабжения больницы им. Семашко с применением НВИЭ. - Симферополь: СВВСУ. - 292.

19. Стоянов В., 1996.: Схемы энергосберегающих технологий и теплообменных аппаратов простейших конструкций// Труды КИПиКС. - Симферополь. - Вып. 12, 78 - 83.

20. Стоянов В., 1996.: Вопросы развития Крыма. Науч.-практ. сб. - Вып 6. Концепция энергосбережения. - Симферополь: Таврия. - 265.

21. Стоянов В., 2001.: Выбор источника электроэнергии для систем гарантированного энергоснабжения объектов МО// Строительство и технологическая безопасность. Сб. науч. тр. НАПКС. - вып.4, 120 - 124.

22. Стоянов В., Сокальский А., 2001.: Автономные источники электроэнергии для систем гарантированного энергоснабжения объектов МЧС// Сб. науч. тр. КНУСА, Киев. - вып.5, 221 - 225.

23. Стоянов В., 2001.: Перспективные системы энергоснабжения малых населенных пунктов.// Материалы межд. конф.: Гурзуф, 156.

24. Стоянов В., Герман М., 2002.: Автономные источники энергии для обеспечения живучести объектов-укрытий. //Сб. науч. тр. НАПКС, Симферополь. Вып. 5, 134 - 137.

25. Стоянов В., Бакулина М., Малыгин Н., 2003.: Системы аварийного и резервного энергообеспечения в условиях чрезвычайных ситуаций. Мат. межд. конф. «Великий шелковый путь». Судак, 136.

26. Стоянов В., Бакулина М., Малыгин Н., 2003.: Источник гарантированного энергоснабжения с применением инновационных термоэлектрических технологий для защитных сооружений. // Сб. науч. тр. НАПКС, Симферополь. Вып. 6, 146 - 141.

27. Стоянов В. и др., 2010.: Исследование процессов регенерации воздуха герметичных помещений защитных сооружений// MOTROL. - №12С, 171 - 180.

PLANNING OF ENERGYSAVING SYSTEMS OF POWER SUPPLY OF SMALL REFUGES OF CIVIL DEFENCE

Summary. In the article the new going is offered near planning of more reliable, energysaving systems of electrosnabzheniya users, providing vital functions covered in small refuges of civil defence.

Key words: refuge, system of energy supply, store of thermal energy, thermo-electric generator.