

О разработке системы автономного энергоснабжения объектов военной инфраструктуры с использованием сжиженного природного газа

В.А. Вакуненко, А.Н. Ключев, В.В. Петров

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения, Санкт-Петербург

Аннотация: Авторами статьи разработана система автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа. Характерной особенностью разработанной системы является упрощенное конструктивное исполнение криогенного оборудования сжиженного природного газа, повышение надежности и эффективности обслуживания автономной системы энергоснабжения, а также возможность независимой работы друг от друга газового двигателя и котельной станции.

Ключевые слова: котельная, сжиженный природный газ, объект военной инфраструктуры, автономное энергоснабжение.

Известно об экономической эффективности применения сжиженного природного газа в системах автономного энергоснабжения удаленных населенных пунктов [1-3].

В настоящее время имеется ряд систем энергоснабжения отдельных объектов, удаленных от централизованной электрической сети линий электропередачи. Одной из таких систем является автономная система энергоснабжения, включающая электрохимический генератор (ЭХГ) на основе топливных элементов с твердым полимерным электролитом (ТПЭ), блок аккумуляторных батарей, электролизер с ТПЭ, и водородный и кислородный баллоны, соединенные посредством трубопровода и клапанов с соответствующими газовыми полостями ТЭ и электролизера [4].

Однако данная система имеет недостаток, им является ограниченная область ее использования, связанная с потребностью для работы чистых и дорогостоящих компонентов топлива - водорода и кислорода, а также сложность ее конструкции и технологии эксплуатации, невысокая надежность и ограниченный ресурс работы ЭХГ.

Аналогом данной системы является котельная установка автономной (децентрализованной) системы теплоснабжения, содержащая водогрейный

котел с горелкой, к которой подключен газопровод природного газа, подключенные к котлу трубопроводы нагретой и обратной воды, местные системы отопления и горячего водоснабжения, подключенные к трубопроводам нагретой и обратной воды, подключенный к трубопроводу обратной воды трубопровод подпиточной воды [5]. Недостатком является необходимость сетевого трубопроводного природного газа и невозможность одновременной выработки тепловой и электрической энергии для удаленных от централизованных источников энергии военных объектов и населенных пунктов.

Также известны военные объекты с автономной системой энергоснабжения, независимой от централизованных источников энергии, направленной на снижение материальных и энергетических затрат на организацию эксплуатации военного объекта по хранению различных видов военной техники, при этом автономная система энергоснабжения состоит из источника электрической энергии и блока аккумуляторных батарей [6]. Хранение вооружения и военной техники является одним из важнейших элементов их эксплуатации [7] и требует значительных затрат на электроэнергию, обеспечивающих требуемые правила и условия хранения [8].

Недостатком предлагаемой автономной системы энергоснабжения военного объекта является использование нетрадиционной энергетики на основе солнечной энергии, что не гарантирует постоянное производство электрической и тепловой энергии, особенно в осенне-зимний период и дождливую погоду.

Перед авторами статьи стояла задача, заключающаяся в упрощении конструктивного исполнения криогенного оборудования, повышении надежности и эффективности обслуживания автономной системы

энергоснабжения, а также возможности независимой работы друг от друга газового двигателя и котельной станции.

Для достижения этого результата авторами разработана система автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа, включающая связанные между собой теплоизолированное криогенное хранилище сжиженного природного газа, испаритель сжиженного природного газа, газовый двигатель с электрогенератором, котельную станцию и газовый коллектор, из которого одна часть газа направляется по газопроводу в газовый двигатель для производства электроэнергии, а вторая часть испарившегося сжиженного природного газа направляется по газопроводу в котельную станцию, связанную тепловой сетью с насосом с потребителями тепловой энергии, для сжигания природного газа в котельной станции и выработки тепловой энергии, снабжена заглубленной камерой, заполненной инертным газом, в которой расположены испаритель сжиженного природного газа и теплообменник с электрическим нагревом, а также блоком аккумуляторных батарей, при этом газовый коллектор связан с теплоизолированным криогенным хранилищем сжиженного природного газа линией наддува с обратным клапаном, электрогенератор газового двигателя связан электросетью через блок аккумуляторных батарей с теплообменником с электрическим нагревом, а потребителями тепловой и электрической энергии являются удаленные военные объекты или населенные пункты [9].

Введение в состав системы автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа, заглубленной камерой, заполненной инертным газом, в которой расположены испаритель сжиженного природного газа и теплообменник с электрическим нагревом, блока аккумуляторных батарей, линии наддува с обратным клапаном, соединяющим газовый коллектор

газовой полостью хранилища сжиженного природного газа линией наддува с обратным клапаном, электросети, соединяющей через блок аккумуляторных батарей электрогенератор газового двигателя и теплообменник с электрическим нагревом, позволяет получить новое свойство, заключающееся в возможности упрощения конструктивного исполнения криогенного оборудования за счет исключения погружного криогенного насоса, помещенного внутри хранилища сжиженного природного газа, и применения вместо него для подачи сжиженного природного газа в испаритель линии наддува, соединяющей газовый коллектор с газовой полостью хранилища СПГ, повышении надежности и эффективности обслуживания автономной системы энергоснабжения за счет применения электрической энергии, вместо тепловой, для испарения СПГ путем размещения испарителя сжиженного природного газа и теплообменника с электрическим нагревом в заглубленной камере, заполненной инертным газом, что исключает взрывы при разгерметизации испарителя, а также возможность независимой работы друг от друга газового двигателя и котельной станции за счет применения блока аккумуляторных батарей, через который электрогенератор газового двигателя связан электросетью с теплообменником с электрическим нагревом, что обеспечивает накопление энергии в блоке аккумуляторных батарей электрической энергии и процесс постоянного испарения СПГ в испарителе, даже при неработающем газовом двигателе.

Совокупность вышеперечисленных свойств, вводимых отличительных признаков обеспечивает отсутствие необходимости наличия высококвалифицированных специалистов для обслуживания криогенного оборудования и возможность применения данного технического решения для удаленных военных объектов и населенных пунктов и рациональное использование ресурсов и материальных сред.

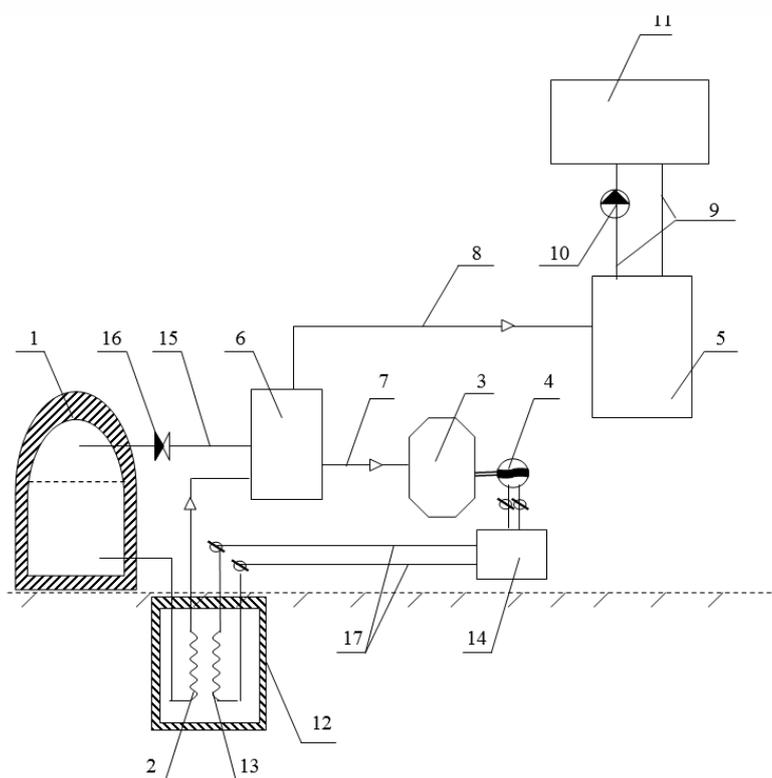


Рисунок 1 – Система автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа

1 – теплоизолированное криогенное хранилище сжиженного природного газа, 2 – испаритель сжиженного природного газа, 3 – газовый двигатель, 4 – электрогенератор, 5 – котельная станция, 6 – газовый коллектор, 7, 8 – газопровод, 9 – тепловая сеть, 10 – насос, 11 – потребители тепловой энергии, 12 – заглубленная камера, заполненная инертным газом, 13 – теплообменник с электрическим нагревом, 14 – блок аккумуляторных батарей, 15 – линия наддува, 16 – обратный клапан, 17 – электросеть.

На рисунке 1 изображена система автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа.

Система автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа, включает в себя связанные между собой теплоизолированное криогенное хранилище сжиженного природного газа (1), испаритель сжиженного природного газа (2), газовый двигатель (3) с электрогенератором (4), котельную станцию (5) и газовый коллектор (6), из которого одна часть газа направляется по газопроводу (7) в газовый двигатель (3) для производства электроэнергии, а вторая часть испарившегося сжиженного природного газа направляется по газопроводу (8) в котельную станцию (5), связанной тепловой сетью (9) с насосом (10) с потребителями тепловой энергии (11) (например, удаленными военными объектами) для сжигания природного газа в котельной станции и выработки тепловой энергии, заглубленную камеру (12), заполненную инертным газом (например, азотом), в которой расположены испаритель сжиженного природного газа (5) и теплообменник с электрическим нагревом (13), а также блок аккумуляторных батарей (14), при этом газовый коллектор (6) связан с газовой полостью хранилища сжиженного природного газа (1) линией наддува (15) с обратным клапаном (16), электрогенератор (4) газового двигателя (3) связан электросетью (17) через блок аккумуляторных батарей (14) с теплообменником с электрическим нагревом (13).

Система автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа функционирует следующим образом.

Теплоизолированное криогенное хранилище сжиженного природного газа (1) заполняется сжиженным природным газом от внешнего источника, например, автомобиля-метановоза (на рис. не показан).

Из криогенного хранилища СПГ (1) сжиженный природный газ поступает в испаритель сжиженного природного газа (2), расположенный в

заглубленной камере (12), заполненной инертным газом, самотеком за счет давления в газовой полости хранилища (1) и разницы высот расположения хранилища (1) и испарителя (2). В испарителе (2) сжиженный природный газ испаряется за счет теплообмена с инертным газом, который подогревается от теплообменника с электрическим нагревом (13), также расположенного в заглубленной камере (12).

Из испарителя СПГ (2) газообразный природный газ поступает в газовый коллектор (6), из которого одна часть газа направляется по газопроводу (7) в газовый двигатель (3) для производства электроэнергии, а вторая часть испарившегося сжиженного природного газа направляется по газопроводу (8) в котельную станцию (5), связанной тепловой сетью (9) с насосом (10) с потребителями тепловой энергии (11) (например, удаленными военными объектами) для сжигания природного газа в котельной станции и выработки тепловой энергии.

Работа газового двигателя (3) приводит к производству электроэнергии в электрогенераторе (4), расположенном на одном валу с двигателем (3). Основная часть электроэнергии поступает к потребителям (11), а небольшая часть электроэнергии от электрогенератора (4) идет на подзарядку блока аккумуляторных батарей (14), который связан электросетью (17) с теплообменником с электрическим нагревом (13).

Для поддержания постоянного давления в газовой полости криогенного хранилища СПГ (1) газовый коллектор (6) связан с газовой полостью хранилища сжиженного природного газа (1) линией наддува (15) с обратным клапаном (16), что позволяет при снижении давления в газовой полости криогенного хранилища СПГ (1), за счет уменьшения количества СПГ в хранилище СПГ (1) при эксплуатации предлагаемой автономной системы энергоснабжения, перепускать часть газообразного природного газа из газового коллектора 6 в газовую полость криогенного хранилища СПГ (1).

Вывод: нами разработана система автономного энергоснабжения удаленных военных объектов и населенных пунктов с использованием сжиженного природного газа, отличающаяся от существующих аналогов, и обладающая преимуществами, позволяющими упростить конструктивное исполнение криогенного оборудования СПГ, повысить надежность и эффективность обслуживания автономной системы энергоснабжения [10], а также дает возможность независимой работы друг от друга газового двигателя и котельной станции.

Литература

1. Григорьев А.С. Автономная система энергоснабжения. Патент РФ на полезную модель №136643, опубл. от 10.01.2014, Бюл. №1.
2. Finite Element Modelling of Insulation Thicknesses for Cryogenic Products in Spherical Storage Pressure Vessels. Oludele Adeyefa, Oluleke Oluwole. - Department of Mechanical Engineering, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 2014. pp. 5-6.
3. Numerical simulation of heat transfer by natural convection in a storage tank. Hariti Rafika, Fekih Malika, Saighi Mohamed. - Laboratory of Thermodynamics and Energetically Systems LTSE, Physics Faculty, University of Science and Technology Houari Boumediene, U.S.T.H.B, Bab Ezzouar 16111, Algiers Algeria. 2013. pp 4-5.
4. Хаванова П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения. Журнал АВОК. 2002, №1, с. 14-21.
5. Вакуненко В.А., Ершов Г.А., Петров В.В., Плоцкий П.В. К вопросу о снижении стоимости строительства хранилищ теплоаккумулирующего вещества за счёт использования холодильного потенциала сжиженного природного газа // Инженерный вестник Дона, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4851/.

6. Голощапов В.М. Автономное хранилище вооружения и военной техники с солнечной системой энергообеспечения. Патент РФ №2654894, опубл. от 23.05.2018, Бюл. №15.

7. Бунин М.А., Монджиевский Д.Р., Мухин А.В., Петров В.В. Города в системе оборонной инфраструктуры Северо-западного федерального округа // Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3833/.

8. Кириллов Н.Г. СПГ - моторное топливо XXI века. //НефтьГазпромышленность, №3, 2007, - С. 44-47.

9. Лазарев А.Н., Кириллов Н.Г. Ивановский С.В. Способ испарения и использования сжиженного природного газа для систем автономного энергоснабжения в арктической зоне. Патент РФ №2570952, опубл. от 20.12.2015, Бюл. №35.

10. Коновалов В.Б., Саркисов С.В., Вакуненко В.А., Мусатов В.И. Последствия воздействий террористических групп на системы жизнеобеспечения населенных пунктов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму № 3-4 (129-130), 2019. – С. 78-82.

References

1. Grigor'ev A.S. Avtonomnaya sistema energosnabzheniya [Autonomous power supply system]. Patent RF №136643, 2014.

2. Finite Element Modelling of Insulation Thicknesses for Cryogenic Products in Spherical Storage Pressure Vessels. Oludele Adeyefa, Oluleke Oluwole. - Department of Mechanical Engineering, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 2014. pp. 5-6.

3. Numerical simulation of heat transfer by natural convection in a storage tank. Hariti Rafika, Fekih Malika, Saighi Mohamed. - Laboratory of Thermodynamics and Energetically Systems LTSE, Physics Faculty, University of Science and Technology Houari Boumediene, U.S.T.H.B, Bab Ezzouar 16111, Algiers Algeria. 2013. pp 4-5.

4. Khavanova P.A. Zhurnal AVOK. 2002, №1, pp. 14-21.

5. Vakunenkov V.A., Ershov G.A., Petrov V.V. Plotskiy P.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4851/.

6. Goloshchapov V.M. Avtonomnoe khranilishche vooruzheniya i voennoy tekhniki s solnechnoy sistemoy energoobespecheniya [Autonomous storage of weapons and military equipment with a solar energy supply system]. Patent RF №2654894, 2018.

7. Bunin M.A., Mondzhievskiy D.R., Mukhin A.V., Petrov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3833/.

8. Kirillov N.G. Neft'Gazpromyshlennost', №3, 2007, pp. 44-47.

9. Lazarev A.N., Kirillov N.G. Ivanovskiy S.V. Sposob ispareniya i ispol'zovaniya szhizhennogo prirodnogo gaza dlya sistem avtonomnogo energosnabzheniya v arkticheskoy zone [Method for evaporation and use of liquefied natural gas for autonomous power supply systems in the arctic zone]. Patent RF №2570952, 2015.

10. Konovalov V.B., Sarkisov S.V., Vakunenkov V.A., Musatov V.I. Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodeystviya terrorizmu № 3-4 (129-130), 2019. pp. 78-82.