

Применение мобильных энерго-систем на базе ВИЭ и водорода для энергоснабжения полевых лагерей

Мобильные палаточные лагеря сегодня играют важную роль, выступая в качестве эффективного решения для временного размещения спасательных служб, туристов или отдыхающих граждан. Палатки также активно используются для детских летних лагерей, при организации культурных мероприятий, пунктов временного размещения при ликвидации аварий или катастроф. При работе спасательных служб время размещения мобильного палаточного лагеря не превышает десяти дней, в течение которых необходимо обеспечить палатки теплом и электроэнергией.

На сегодняшний день основным источником энергии для мобильных полевых лагерей Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС) и других организаций и ведомств являются дизельные генераторы, вместе с которыми на объекты поставляются и резервуары с дизельным топливом. Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в сочетании с водородными системами накопления энергии позволяет существенно снизить как потребление дизельного топлива, так и углеродный след подобных лагерей.

Использование возобновляемых источников энергии в сочетании с водородными системами накопления энергии позволяет снизить потребление дизельного топлива и углеродный след

Варианты энергоснабжения полевых лагерей описываются во многих работах, например, в [1–3]. В качестве типового решения, наиболее удачно приближенного к работам исследователей Московского физико-технического института (МФТИ) по энергообеспечению полевых лагерей МЧС, можно выделить [1], которое и будет рассмотрено далее.

На рис. 1 схематично показано данное энергообеспечение полевого лагеря [1]. Энергоснабжение осуществляется с дизельного генератора и солнечных панелей с контроллером. Помещение палатки подключается к локальному энергоснабжению через ввод. Система энергоснабжения оборудована накопителями энергии. Есть возможность подключения к электрическим сетям, но для рассматриваемого в статье варианта автономного энергоснабжения этот вариант неактуален.

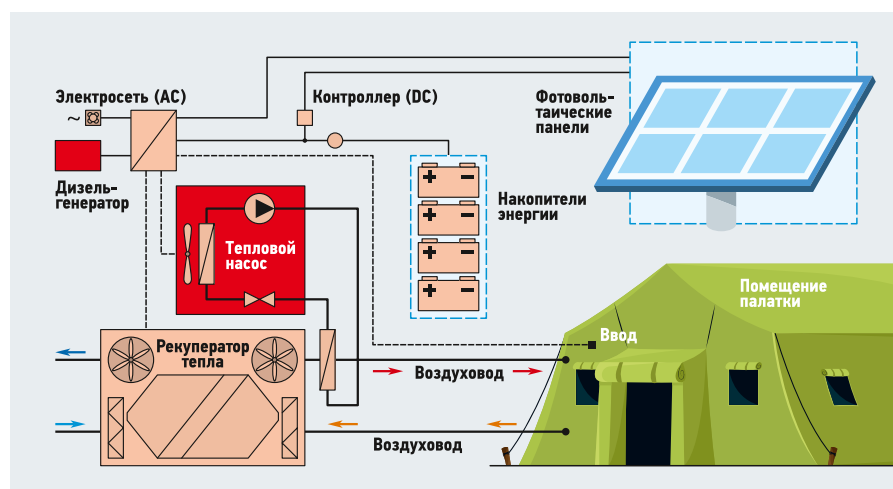


Рис. 1. Схема энергоснабжения мобильного полевого лагеря [1]

Рецензия эксперта на статью получена 30.01.2025 [The expert review of the article was received on January 1, 2025]

УДК 620.9. Научная специальность: 2.4.5.

Применение мобильных энергосистем на базе ВИЭ и водорода для энергоснабжения полевых лагерей

В. А. Карасевич, к.т.н., научный сотрудник; Ю. В. Васильев, исполнительный директор, Научно-технический центр (НТЦ) автономной энергетики Московского физико-технического института (МФТИ)

Рассмотрены основные низкоуглеродные технические решения, которые могут быть эффективно использованы при организации автономного жизнеобеспечения и энергоснабжения мобильных полевых лагерей на срок до десяти календарных дней. Также приведены технические решения экспериментальной водородной системы энергообеспечения мобильных лагерей в рамках водородного полигона МФТИ в Сахалинской области.

Ключевые слова: энергоснабжение полевых лагерей, водородная энергетика, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, водородные системы хранения энергии, мобильные энергосистемы.

UDK 620.9. Scientific specialty number: 2.4.5.

The use of mobile energy systems based on renewable energy sources and hydrogen for energy supply to field camps

V. A. Karasevich, PhD, Researcher; Yu. V. Vasiliev, Executive Director, the Scientific and Technical Center (STC) of Autonomous Power Engineering of the Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT)

The article discusses the main low-carbohydrate technical solutions that can be effectively used in the organization of autonomous life support and energy supply for mobile field camps for up to ten calendar days. The article also provides technical solutions for an experimental hydrogen energy supply system for mobile camps within the framework of the MIPT hydrogen test range in the Sakhalin Region.

Key words: energy supply to field camps, hydrogen energy, renewable energy sources, solar energy, hydrogen energy storage systems, mobile energy systems.

Для отопления помещения палатки в варианте, описанном в [1], используется воздушный тепловой насос («воздух — воздух»), а также в схеме предусмотрена рекуперация тепла воздуха 8, отводимого из палатки. Тёплый воздух в помещение подаётся и отводится через воздуховоды. В отличие от [1], в большинстве схем теплоснабжения палаток используется стоящая внутри палатки печь либо находящийся внутри палатки электрообогреватель или тепловая пушка. Также возможна подача нагретого дизельным генератором воздуха по воздуховоду.

Предложенный специалистами МФТИ вариант с водородным энергоснабжением, который описан далее в статье, предполагает использование для отопления комбинации электрического обогревателя и уходящего тепла водородного топливного элемента (ТЭ).

Стенд МФТИ на Сахалинском водородном полигоне

Стенд МФТИ «МЧС» на водородном полигоне в Южно-Сахалинске предназначен для отработки концепции низкоуглеродного мобильного полевого лагеря. Многие экстренные службы, такие как МЧС, активно используют практику развёртывания мобильных полевых лагерей. При необходимости мобильные полевые лагеря доставляются к месту их развёртывания автотранспортом или с помощью вертолётов, а время их функционирования обычно не превышает десяти дней.

На сегодняшний день основным источником электроэнергии для состоящих из быстровозводимых палаток мобильных полевых лагерей МЧС и других организаций и ведомств являются дизельные генераторы, вместе с которыми на объекты поставляются и резервуары с дизельным топливом. Отопление часто обеспечивается дизельными и газовыми (работающими на пропан-бутане) тепловыми пушками. В то же время использование ВИЭ в сочетании с водородными системами накопления энергии позволяет существенно снизить потребление дизельного топлива и уменьшить углеродный след от энергоснабжения палаток мобильных полевых лагерей.

В состав энергосистемы стенда, состоящей из трёх десятифутовых контейнеров* (фото 1), входят мобильная солнечная электростанция установленной мощностью 16,5 кВт (30 модулей по 550 Вт, пере-

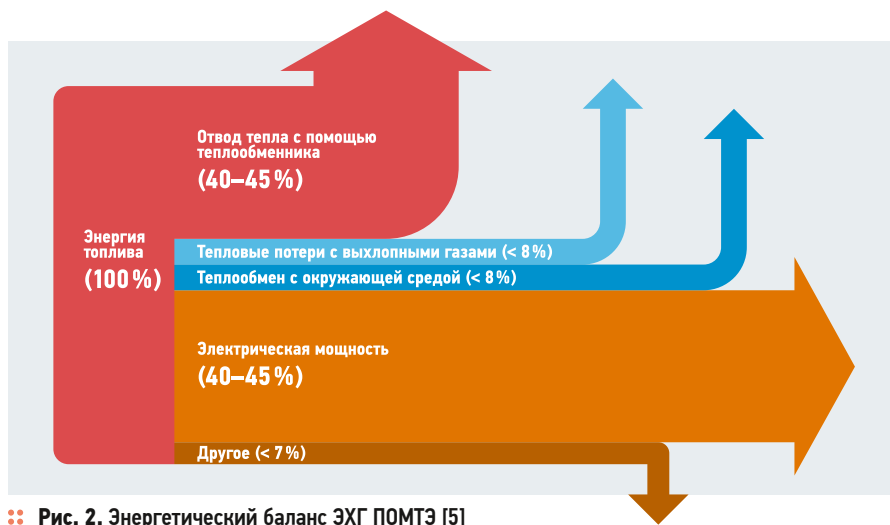


❖ Фото 1. Оборудование для стенда энергоснабжения лагеря МЧС

возится в отдельном контейнере), система хранения водорода общим объёмом 2,436 м³ (12 баллонов по 203 л с давлением в баллонах до 350 бар, которые занимают отдельный контейнер) и опорно-балансирующий накопитель на базе литий-ионных батарей ёмкостью 28 кВт·ч. В составе контейнеров также расположено ВРУ 380/220 В, 62/60 кВт (с приборами учёта) и силовой преобразователь мощностью 50 кВт·А (напряжение 380/220 В). Всё оставшееся оборудование размещается в третьем контейнере. При приби-

ширина — 6,26 м) для её отопления необходима тепловая пушка мощностью 6 кВт (на отопление 1 м² площади в расчёте принимается 100 Вт тепла), максимальное потребление электроэнергии пушкой или электрообогревателем (исходя из практического опыта тепловая пушка потребляет примерно 1 кВт·ч электроэнергии на 2 кВт·ч тепла) за десять дней может составить примерно 0,72 МВт·ч.

Решения, которые предлагаются в рамках научно-исследовательских работ, проводимых Научно-техническим центром



❖ Рис. 2. Энергетический баланс ЭХГ ПОМТЗ [5]

тии на место расположения (контейнеры могут доставляться автомобильным или воздушным транспортом) солнечная электростанция монтируется на быстровозводимых конструкциях и, как и водородная система хранения энергии, подключается к силовому преобразователю.

В качестве исследуемого объекта для энергоснабжения на полигоне была использована армейская бескаркасная палатка УСБ-56 М (унифицированная санитарно-барачная модернизированная) вместимостью 20 человек, изготовленная из светопрозрачного водоупорного брезента и предназначенная для всесезонного использования [4]. Исходя из площади палатки 61,1 м² (длина палатки — 9,76 м,

(НТЦ) автономной энергетики МФТИ и в настоящий момент апробируемых на водородном полигоне МФТИ в Сахалинской области, для поддержания внутри палатки комфортной температуры подразумевают установку вместо теплового насоса из рис.1 источник низкопотенциального тепла от водородного топливного элемента. Как видно из рис. 2, водородный топливный элемент способен выдавать больше тепла, чем электроэнергия [5]. Обычно непосредственно на топливном элементе от 1 м³ водорода можно получить примерно по 1,5 кВт·ч тепла и электроэнергии, ещё до 0,5 кВт·ч тепла можно получить за счёт охлаждения выходящей с ТЭ воды.

* Стандартный 10-футовый контейнер (Dry Cube): габаритные размеры внешние (д×ш×в) — 2991×2438×2591 мм, внутренние (д×ш×в) — 2838×2352×2393 мм; дверной проём (ш×в) — 2336×2291 мм; объём — 16,5 м³; масса тары — 1200 кг; грузоподъёмность — 22 тонны; вместимость европаллет (800×1200 мм) — 5 шт.



Если считать, что из 1 м³ водорода вырабатывается 1,5 кВт·ч электроэнергии, то, исходя из запасов водорода в баллонах 710,5 м³ (объём баллонов — 2,436 м³, давление в баллонах — 350 бар, поправка на нелинейное сжатие водорода — 1,2) электрическая ёмкость водородной системы хранения энергии для полевого лагеря МЧС превышает 1 МВт·ч.

Следовательно, потребность обогревающего устройства палатки УСБ-56 М, как уже было рассчитано выше, составляет примерно до 0,72 МВт·ч, что может быть удовлетворено за счёт выработки электроэнергии от топливного элемента.

В развитие представленного на водородном полигоне варианта энергоснабжения в рамках НИР был также рассмотрен

когенерационный вариант с использованием тепла от топливного элемента для энергоснабжения палатки. Температура выходящей из ТЭ воды составляет примерно 70 °С, что позволяет использовать уходящее тепло для нагрева воздуха, который подаётся через воздуховод на рис. 1 в помещение палатки.

В этом случае, даже при больших потерях тепла при его транспортировке, нагретым уходящим теплом ТЭ воздухом по воздуховоду в помещении палатки возможно обеспечить комфортную температуру (например, 21 °С) и значительно снизить потребляемую на отопление электрическую мощность. Это приведёт к существенной (по нашим оценкам, до 30 %) экономии водорода.



Ещё одним направлением работы по развитию стенда водородного энергоснабжения полевого лагеря МЧС является рекуперация воды, получаемой в результате реакции водорода с воздухом в ТЭ. Исходя из извлекаемых запасов водорода в баллонах (примерно 700 м³) на ТЭ в результате реакции будет образовано более 600 л воды, которая может быть частично собрана и далее использована в технических целях. Получение воды на месте в некоторых случаях может позволить высвободить до 0,5 тонн полезной нагрузки.

Предложенное МФТИ решение по хранению энергии (в водороде) способно обеспечить в течение десяти дней энергоснабжение палатки полевого лагеря на 20–30 человек

Заключение

Использование водородных систем хранения для энергоснабжения полевых лагерей позволяет полностью или частично уйти от потребления дизельного топлива, что способствует снижению углеродного следа и благоприятно отражается на окружающей среде.

Предложенное МФТИ решение по хранению энергии (в водороде), которое было разработано в рамках водородного полигона МФТИ «Восточный водородный кластер» в Сахалинской области, способно в течение десяти дней обеспечить энергоснабжение палатки полевого лагеря, в которой могут разместиться как минимум 20 человек, а при использовании двухэтажных кроватей — до 30 человек.

Развитие проектных решений в части использования тепла водородного топливного элемента системы хранения энергии приведёт к снижению расхода водорода на энергоснабжение палаток, а организация сбора и использования воды на ТЭ позволяет дополнительно получить до 500 л воды и высвободить до 0,5 тонн полезной нагрузки. ●

1. Borodinecs A., Zajecs D., Lebedeva K., Bogdanovics R. Mobile off-grid energy generation unit for temporary energy supply. *Applied Science*. 2022. Vol. 12. Issue 2. 13 p.
2. Разуваев А.В. Теплоснабжение автономных объектов в полевых условиях // *Журнал СОК*, 2023. №9. С. 28–38.
3. Разуваев А.В., Бурлаков В.И. Подбор энергетического оборудования для пунктов временного размещения // *Вестник КРСУ*, 2021. Т. 21. №4. С. 44–49.
4. Мобильное жилое помещение УСБ-56 М для экстремальных условий по ТУ 13.92.22-008-62963111–2021. Всесезонная армейская палатка на 20 человек [Электр. текст]. НАО «НПФ ОРТ». Режим доступа: prfort.ru. Дата обращ.: 10.12.2024.
5. Карасевич В.А. Основы водородной энергетики: учеб. пособие. — М.: РГУ нефти и газа, 2023. 98 с.

[References — see page 78.](#)

The use of mobile energy systems based on renewable energy sources and hydrogen for energy supply to field camps. Pp. 23–25.

Vladislav A. Karasevich, PhD, Researcher; **Yuri V. Vasiliev**, Executive Director, the Scientific and Technical Center (STC) of Autonomous Power Engineering of the Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT)

1. A. Borodinecs, D. Zajecs, K. Lebedeva, R. Bogdanovics. Mobile off-grid energy generation unit for temporary energy supply. *Applied Science*. 2022. Vol. 12. Issue 2. 13 p.
2. A.V. Razuvaev. *Teplosnabzhenie avtonomnykh ob#ektov v polevykh usloviyakh* [Heat supply of autonomous objects in the field]. *Zhurnal Santekhnika, Otoplenie, Konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2023. No. 9. Pp. 28–38. [In Russian]
3. A.V. Razuvaev, V.I. Burlakov. *Podbor jenergeticheskogo oborudovanija dlja punktov vremennogo razmeshchenija* [Selection of power equipment for temporary accommodation points]. *Vestnik KRSU* [Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University]. 2021. Vol. 21. No. 4. Pp. 44–49. [In Russian]
4. *Mobil'noe zhiloe pomeshchenie USB-56 M dlja jekstremal'nykh uslovij po TU 13.92.22-008-62963111–2021. Vsesезonnaja armejskaja palatka na 20 chelovek* [Mobile living space USB-56 M for extreme conditions according to Technical Specifications No. 13.92.22-008-62963111–2021. All-season army tent for 20 people]. NAO “NPF ORT” [“ORT Scientific and Production Firm”, CJSC]. Web-source: npfort.ru. Access date: December 10, 2024. [In Russian]
5. V.A. Karasevich. *Osnovy vodorodnoj jenergetiki: ucheb. posobie* [Fundamentals of hydrogen energy: A tutorial]. Moscow. *RGU nefti i gaza* [Gubkin Russian State University of Oil and Gas]. 2023. 98 p. [In Russian]