

УДК 62-685

ПРИМЕНЕНИЕ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. Разуваев, В.И. Бурлаков

Обоснована актуальность и необходимость создания автономных объектов в полевых условиях для обеспечения временного размещения людей, которые требуют обеспечения электро- и теплоснабжением имеющихся помещений. Представлены расчеты, необходимые для обоснования применения когенерационной установки на базе дизель-генератора для отопления объекта в зимних условиях. Расчетом подтверждена экономическая эффективность применения когенерационной установки для обеспечения потребителей необходимыми энергетическими ресурсами.

Ключевые слова: когенерационная энергетическая установка; тепло- и электроснабжение автономного полевого лагеря; расчет теплопотерь палаткой; экономическая эффективность предлагаемого теплоснабжения.

ТАЛАА ШАРТЫНДА АВТОНОМДУК ОБЪЕКТТЕР ҮЧҮН КОГЕНЕРАЦИЯЛЫК ТҮЗҮЛҮШТҮ КОЛДОНУУ

А.В. Разуваев, В.И. Бурлаков

Бул макалада талаа шартында убактылуу элдерди жайгаштыруу үчүн электр энергиясы жана жылуулуук менен жабдууну талап кылган автономдук объекттерди түзүүнүн актуалдуулугу жана зарылдыгы негизделген. Кышында объектти жылытуу үчүн дизель-генератордун базасында когенерациялык түзүлүштү колдонууну негиздөө үчүн зарыл болгон эсептөөлөр берилди. Керектөөчүлөрдү зарыл болгон энергетикалык ресурстар менен камсыз кылуу үчүн когенерациялык түзүлүштү колдонуунун экономикалык натыйжалуулугу эсептөөлөр менен тастыкталды.

Түйүндүү сөздөр: когенерациялык энергетикалык түзүлүш; автономдук талаа лагерин жылуулуук жана электр энергиясы менен жабдуу; чатырдын жылуулуку жоготуусун эсептөө; сунушталган жылуулуук менен жабдуунун экономикалык натыйжалуулугу.

USE OF COGENERATION PLANT FOR AUTONOMOUS OBJECTS IN THE FIELD

A. V. Razuvaev, V. I. Burlakov

The relevance and the need to create autonomous facilities in the field is justified in order to provide temporary accommodation for people who require the provision of electricity and heat supply to existing premises. The calculations required to justify the use of a cogeneration plant based on a diesel generator for heating the facility in winter conditions are presented. The calculation confirmed the economic efficiency of the use of the cogeneration plant to provide consumers with the necessary energy resources.

Keywords: cogeneration power plant; heat and power supply of the autonomous field camp; calculation of heat loss tent; economic efficiency of the proposed heating supply.

В настоящее время в условиях нестабильной геополитической обстановки и наличия техногенных катастроф часто возникают условия, при которых требуется сооружать временные быстровозводимые объекты для размещения личного состава МЧС, подразделений вооруженных сил или, при

необходимости, гражданского населения. Установка полевых лагерей позволяет более успешно решать поставленные задачи. Для обеспечения теплоснабжения этих объектов применяются индивидуальные тепло-генераторы на дизельном топливе, позволяющие поддерживать жизнедеятельность автономного полевого лагеря в холодное время года.

Для выработки электроэнергии на этих объектах используются дизель-генераторы, а вот теплом каждая палатка в составе объекта обеспечивается индивидуальным дизельным воздушным отопителем. При таком обеспечении энергоресурсами объекта дизельное топливо тратится на выработку электрической энергии и отдельно на теплоснабжение.

В справочном документе Европейского Союза по наилучшим энергоэффективным технологиям [1] среди основных причин, ставящих проблему повышения энергетической эффективности в число приоритетных, названы: изменение климата как результат увеличения выбросов парниковых газов вследствие сжигания ископаемого топлива, а также снижение устойчивости энергетической системы из-за продолжающегося масштабного потребления невозобновляемых запасов ископаемого топлива.

Серьезное внимание вопросам энергосбережения уделяется и в Российской Федерации [2, 3], однако приходится констатировать, что на текущий момент применение энергоэффективных технологий в нашей стране находится на недостаточном уровне.

Поэтому для поддержания надежного и более дешевого электро- и теплоснабжения объектов авторы предлагают применять когенерационные установки (КУ) на базе дизель-генератора (ДГ), которые позволяют максимально снизить затраты на энергоресурсы, что подтверждают проведенные расчеты.

Использование КУ в качестве основного источника электрической и тепловой энергии для полного удовлетворения потребностей в энергоресурсах автономного объекта приведет к существенному экономическому эффекту.

Для определения необходимой величины тепловой мощности в целом для всего объекта необходим расчет теплопотерь отдельных сооружений, зданий или помещений. Для этого необходимо знать коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, габариты этого сооружения, площадь стен (или площадь ограждающей конструкции), а также район расположения отапливаемого объекта. Это необходимо для определения величины минимальной температуры для расчета теплопотерь, а также принятую температуру воздуха внутри помещения в зависимости от его назначения. Если площадь окон занимает существенную величину относительно общей площади боковых стен сооружения, то необходимо знать и коэффициент теплопередачи конструктивного исполнения этих окон.

По известной формуле [4] был проведен расчет теплопотерь сооружения. Для полевого быстро-возводимого лагеря в качестве примера была взята палатка модели Пб, параметры которой представлены в таблице 1. Общий вид этой палатки показан на рисунке 1. Для расчета площади ограждения палатки ее габаритный эскиз представлен на рисунке 2.

$$Q_{\text{пот}} = K * S * \Delta T, \quad (1)$$

где $Q_{\text{пот}}$ – теплопотери палатки, Вт; K – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/м²°С; $S_{\text{нал}}$ – площадь ограждающей конструкции палатки со всех сторон, м²; ΔT – разность температур между наружным и внутренним воздухом, гр.

Палатка Пб представляет собой каркасно-тентовое сооружение, ширина которого составляет 6 м, длину 9 м. Каркас палатки имеет четырехарочную конструкцию с жестким термоизолированным полом, а боковые стены и крыша имеют утепленные наметы. При необходимости и по требованию заказчика палатка может иметь длину кратную трем метрам.

Палатка предназначена как для размещения в ней людей – 16 человек при двухрядном и двухъярусном их размещении, а также для различного вида помещений – комнаты отдыха, классы для различного рода занятий, штабы различного рода и другого назначения.

Таблица 1 – Технические характеристики палатки П6

Габаритные размеры	Величина
Ширина	6,0 м
Длина, м	9,0 м
Полезная площадь	53,0 м ²
Высота по стене (внутренняя/полезная)	2,2 м
Высота по коньку (внутренняя/полезная)	3,1 м
Цвет снаружи	Оливково-зеленый
Цвет внутри	Белый
Количество входов (выходов)	2 шт.
Количество окон	6 шт.
Покрытие пола	Жесткое термоизолированное
Коэффициент теплопередачи	0,5 Вт/м ² *К
Разрешенная распределенная нагрузка на пол	200 кг/м ²
Разрешенная точечная нагрузка на поверхность пола	100 кг
Покрытие крыши	Мягкое, многослойное, термоизолированное
Коэффициент теплопередачи	0,8 Вт/м ² *К
Покрытие стен	Мягкое, многослойное термоизолированное
Коэффициент теплопередачи	0,8 Вт/м ² *К
Снеговая нагрузка	120 кг/м ²
Ветровая нагрузка	120 кг/м ²
Температура окружающего воздуха	От –50 до +50 °С



Рисунок 1 – Общий вид палатки типа П6

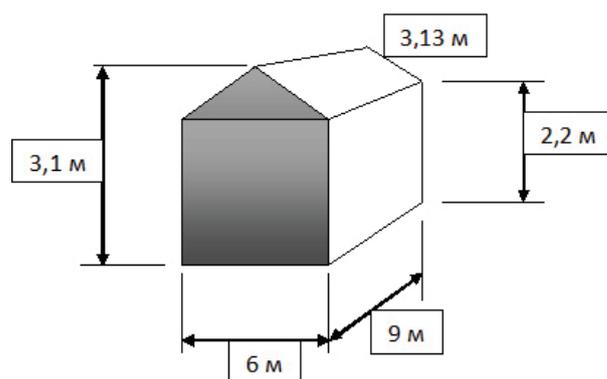


Рисунок 2 – Габаритный эскиз палатки П6

Таблица 2 – Климатические параметры холодного периода года

Саратов	Значение
Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,98	–34
Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,92	–33
Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	–16
Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	–37
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	6,9
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	82
Количество осадков за ноябрь–март, мм	159
Преобладающее направление ветра за декабрь–февраль	СЗ
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	5,6
Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С	4,4

Рассчитаем соответствующие площади ограждения:

S крыши = $2 \cdot 3,13 \cdot 9 = 56,34 \text{ м}^2$; S бок стены = $2 \cdot 2,2 \cdot 9 = 39,6 \text{ м}^2$;

S торц = $2 \cdot 3 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$; S конька = $0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ м}^2$;

S пола = 53 м^2 – дана в таблице 1.

Суммарная площадь ограждений (крыши, боковых стен, торцов, конька – треугольника крыши) составляет $137,34 \text{ м}^2$. Площадь пола в данном случае не суммируется, так как у этого ограждения коэффициент теплопередачи другой, чем у стен палатки.

Теперь необходимо знать климатические условия эксплуатации комплекта палаток, которые зависят от района дислокации этого лагеря. В данном случае также условно примем район дислокации – Саратовская область с ее климатическими условиями, представленными в таблице 2, где имеются данные для более детального расчета теплопотерь с учетом регионального климата.

Расчет теплопотерь палаткой проводили на экстремальную температуру воздуха – пяти наиболее холодных суток в регионе, в данном случае она равна -34 °С, тогда как температура внутри помещения – палатки, должна быть равна $+18$ °С. Разность температуры наружи и внутри помещения составила $\Delta T = +18 - (-34) = 52$ °С. Это максимальный перепад температур и он берется в расчет потому что система отопления должна обеспечить нормальную температуру в помещении – палатки при температуре воздуха наиболее холодных пяти суток.

Величину коэффициента теплопередачи для бокового ограждения и крыши палатки взяли из таблице 1, она составляет $0,8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, а для пола – $0,5 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. С учетом наличия неплотностей, и возможных утечек теплого воздуха, примем эту величину в 10% от общих теплопотерь и затем результирующую величину теплопотерь умножим на коэффициент $1,1$.

Таблица 3 – Техничко-экономические показатели различных вариантов ПВР (пунктов временного размещения)

№ п/п	Наименование показателя	Показатель по проекту			
		125	250	375	500
1	Численность пострадавшего населения, чел	125	250	375	500
2	Суточный расход (24 часа):				
3	эл/энергия, кВт*ч	6850	13700	20550	27400
4	эл/мощность, кВт	285,4	570,8	856,2	1141,6
5	удельная эл/мощность, кВт/чел	2,28	2,28	2,28	2,28
6	вода, м ³	18,0	36,0	54,0	72,0
7	топливо, л	2217	4434	6651	8867
8	тепло, Гкал	0,2524	0,5048	0,7572	1,0094
9	Мощность тепловая, Гкал/час	0,0105	0,021	0,0315	0,042
10	Мощность тепловая, кВт	12,2	24,4	36,6	48,9
11	Удельная тепл. мощность, кВт/чел	0,098	0,098	0,098	0,098

По формуле (1) определим величину теплопотерь от одной палатки типа П6:

$$Q_{\text{огражд}} = K * S * \Delta T = 0,8 * 137,34 * 52 * 1,1 = 6284,67 \text{ Вт} = 6,285 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{пола}} = 0,5 * 53 * 52 * 1,1 = 1515,8 \text{ Вт} = 1,516 \text{ кВт}.$$

Тогда суммарные теплопотери одной палаткой типа П6 составят:

$$Q_{\text{палатки}} = 7,82 \text{ кВт}.$$

Для дальнейших расчетов были использованы данные, представленные в работе [5], где содержатся показатели по потреблению электроэнергии, теплу и топливу, которые рассчитаны на температуру наружного воздуха -30°C , и представлены в таблице 3 из [4]. В этой таблице представлены и рассчитанные удельные показатели по затратам электрической и тепловой мощности в зависимости от численности населения пункта временного размещения.

Для примерных расчетов была взята численность пункта временного размещения в 250 человек. Тогда необходимая электрическая мощность дизель-генератора (ДГ) для автономного электроснабжения объекта должна иметь 570,8 кВт, а тепловая мощность – 24,4 кВт.

Теперь для отопления палаток применим когенерационную установку на базе ДГ мощностью 575 кВт. При этом получение тепловой мощности соизмеримо с электрической [6, 7], тогда величина тепловой мощности составит $575 \text{ кВт} * 0,9 = 517,5 \text{ кВт}$. Эту теплоту можно использовать на отопление палаток. Так как к палаткам необходимо подводить горячую воду, хоть и по термоизолированным трубам, то естественно, при транспортировке возникнут тепловые потери. Величину этих потерь также можно рассчитать, но в данном случае примем их величину в 15 %. Тогда на отопление палаток ее остается меньше, что составит: $Q_{\text{утил}} = 517,5 \text{ кВт} / 1,15 = 450 \text{ кВт}$. При этом можно определить количество палаток, которые можно отапливать от КУ. Рассчитаем эту величину:

$$N_{\text{палат}} = Q_{\text{утил}} / Q_{\text{палатки}} = 450 / 7,82 = 57,54 \text{ шт} = 57 \text{ штук}.$$

Для палаточного городка численностью 250 чел., необходимо $250 / 16 \approx 16$ палаток, где 16 человек – количество людей в одной палатке.

Можно теперь сравнить цифры – количество палаток, которые можно отапливать с помощью когенерационной установки, составит 57 палаток, а вот необходимое количество палаток для 250 человек – это всего лишь 16 штук. Это сравнение говорит само за себя.

Конечно, эти цифры можно уточнять по конкретным данным палаточного лагеря с учетом количества палаток непосредственно для людей, и палаток для различного оборудования в зависимости от их назначения и других факторов. Надежность этого энергетического комплекса можно обеспечить, используя рекомендации работы [8].

Для оценки экономической эффективности этого мероприятия был проведен расчет стоимости дизельного топлива для отопления 16 палаток дизельным воздушным отопителем с КПД, равным 90 %.

$$Q_{16 \text{ палаток}} = 16 * Q_{\text{палатки}} / 0,9 = 16 * 7,82 / 0,9 = 139 \text{ кВт.}$$

То есть экономическая эффективность повышается за счет незакупленного топлива на отопление.

Для получения этой тепловой мощности необходимо рассчитать количество теплоты в сутки, зная теплотворную способность дизельного топлива – 10200 ккал/кг, и при его стоимости 41 руб/литр, экономическая эффективность составит 14 415 руб/сутки. Рассчитаем экономию за два самых холодных месяца, т. е. ~ 60 суток. Эта величина составит 864 900 рублей. В остальные месяцы экономическая эффективность будет меньше, но она все равно она будет. Впоследствии это можно детально рассчитать.

Выводы. Таким образом, анализ результатов предложенного метода показал эффективность применения КУ для пунктов временного размещения. При этом необходимо учитывать численность размещаемого личного состава, количество необходимого оборудования и помещений (например, для кухни, медицинского поста, поста охраны объекта, мест хранения запасов материального обеспечения и т. д.) их тип и энергопотребление.

Литература

1. European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. 2009. URL: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/ENE_Adopted_02-2009.pdf (дата обращения: 27.01.2019)
2. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» // Российская газета. 2008. Федеральный выпуск № 0(4680).
3. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: федер. закон: [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г. : одобр. Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]. // Российская газета. 2009. Федеральный выпуск № 226(5050).
4. URL: <http://www.setrus.ru/> (дата обращения: 21.10.2020 г.)
5. Методические рекомендации по эксплуатации оборудования быстровозводимых пунктов временного размещения населения, пострадавшего в результате чрезвычайных ситуаций / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014. 152 с.
6. Агафонов А.Н. Совершенствование характеристик энергетических установок на базе двигателей ЧН 21/21 объектов малой энергетики / А.Н. Агафонов, А.В. Разуваев. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2006. 148 с.
7. Разуваев А.В. Системы утилизации теплоты энергетической установки / А.В. Разуваев, Д.А. Костин // Сб. научных статей 2-й межд. молод. научно-практ. конф. (24–25 сентября 2015 г.): в 3 т. Т. 2. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2015. С 340–343.
8. Разуваев А.В. Повышение надежности энергоснабжения автономного объекта / А.В. Разуваев, С.В. Мурин, Д.А. Костин // Энергобезопасность и энергосбережение. 2013. № 6 (54). С. 23–25.