

УДК 62-685

## ПОДБОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПУНКТОВ ВРЕМЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ

*А.В. Разуваев, В.И. Бурлаков*

Представлена методика определения величины тепловой мощности для отопления автономного объекта в виде пункта временного размещения в зависимости от климатических условий. Определены необходимые исходные данные для проведения расчета тепловой мощности для отопления объекта, рассмотрены возможные варианты помещений для использования их в качестве обеспечивающих жизнедеятельность пункта временного размещения.

*Ключевые слова:* пункт временного размещения; методика расчета; тепловая мощность для отопления; средне-эксплуатационная тепловая мощность; когенерационная установка.

---

## УБАКТЫЛУУ ЖАЙГАСУУ ПУНКТТАРЫ ҮЧҮН ЭНЕРГЕТИКАЛЫК ЖАБДУУЛАРДЫ ТАНДОО

*А.В. Разуваев, В.И. Бурлаков*

Бул макалада климаттык шарттарга жараша убактылуу жайгашуу пункту катары автономдук объектти жылытуу үчүн жылуулук кубаттуулугунун чоңдугун аныктоо методикасы сунушталды. Объектти жылытуу үчүн жылуулук кубаттуулугун эсептөөгө керектүү зарыл болгон баштапкы маалыматтар аныкталды, убактылуу жайгашуу пунктунун жашоо ишмердигин камсыз кылуучу катары пайдалануу үчүн имараттардын мүмкүн болгон варианттары каралды.

*Түйүндүү сөздөр:* убактылуу жайгашуу пункту; эсептөө методикасы; жылытуу үчүн жылуулук кубаттуулугу; орточо колдонулуучу жылуулук кубаттуулугу; когенерациялык түзүлүш.

---

## EQUIPMENT SELECTION FOR ITEMS TEMPORARY ACCOMMODATION

*A. V. Razuvaev, V.I. Burlakov*

The work presents a method of determining the amount of thermal power for heating an autonomous object in the form of a temporary accommodation facility. The necessary raw data for the calculation of thermal power for the heating of the facility has been determined, and possible options for the premises for use for the life of the temporary accommodation facility have been considered.

*Keywords:* temporary accommodation; calculation method; thermal capacity for heating; medium-exploitation thermal power; cogeneration plant.

Создание пунктов временного размещения людей, автономных полевых лагерей, автономных временных городков и тому подобных объектов, которые служат для размещения подразделений служб спасения или, например, военных подразделений защиты в виде миротворческих сил, а также для гражданского населения, необходимо для временного размещения пострадавших от техногенных и атмосферных воздействий [1, 2].

Пункты временного размещения (ПВР) могут размещаться в соответствии с имеющимися требованиями и в различных климатических условиях [2].

В любом случае, при необходимости реализации ПВР в холодный период времени, в условиях зимы или просто холодного климата требуется обеспечение такого объекта теплоэнергетическими ресурсами. Электроэнергия необходима для обеспечения работы различного оборудования объекта, а также обеспечения теплом для отопления соответствующих помещений.

Помещения автономного объекта могут быть в виде отдельных палаток, причем различного вида, блок-контейнеров, домиков из щитовых материалов, бревенчатых или из сэндвич-панелей.

Поэтому для подбора необходимого энергетического оборудования и его параметров для обеспечения в необходимом количестве теплоэнергетическими ресурсами требуется разработать алгоритм – методику для решения этих вопросов.

Так, количество различных помещений зависит от количества необходимого размещения людей, как специалистов различных специальных подразделений, так и гражданского населения.

Такие помещения должны быть разделены на несколько групп: первая – для жилья (спальные места), вторая – для размещения необходимого оборудования для специализированных подразделений (например, медицинского оборудования и коек для больных, специальных кабинетов типа хирургических, помещений для приготовления пищи, различных нагревательных устройств, административных помещений и т. д.). Третья группа – это энергетическая, в которую входит эксплуатационный персонал всего энерготехнологического оборудования объекта.

Поскольку помещения первой группы предназначены для проживания людей, необходимо предусмотреть и количество спальных мест. Для группы медицинского, административного, банно-прачечного блока, а также для пищеблока столовой должно быть рассчитано количество смен приема пищи. Должны быть также предусмотрены помещения для административной службы, службы охраны и складирования продуктов и товарно-материальных ценностей различного назначения.

Для расчетов одной из главных составляющих является знание количества людей для обеспечения их жильем и необходимым питанием со всеми нормативными требованиями. Определить эту величину можно по удельным показателям, приведенным, например, в работах [3–6], либо по конкретным значениям потребляемой электрической энергии, затраченной на комфортное проживание и работу применяемого оборудования. К этим параметрам относятся: освещение, как самого жилого помещения, так и освещения территории городка, электрические мощности применяемого оборудования и его количества.

Это могут быть печи для приготовления пищи, печи подогрева пищи, кондиционеры, компьютеры, средства связи, в том числе возможно и спецсвязь, стиральные машины, различного рода сушилки, система охранной сигнализации и другое различное оборудование, потребляющее электрическую энергию. Необходимо учитывать и электрическую мощность на собственные нужды электростанции. Причем все эти электрические мощности суммируются с учетом их количества одного типа, что позволяет определить электрическую мощность всего автономного объекта. Эту величину условно обозначим  $P_{об/эл}$  :

$$P_{об / эл} = \sum P_{об / эл}^i \quad (1)$$

Проведем анализ необходимых параметров при условии применения для этого теплоэнергетического комплекса когенерационную установку на базе двигателя внутреннего сгорания – дизеля, т. е. использование дизель-генераторов для выработки электрической энергии для удовлетворения нужд объекта.

Суммарная мощность дизель-генераторной электростанции равна суммарной электрической мощности объекта –  $P_{об/эл}$ . Для определения количества дизель генераторов воспользуемся рекомендациями работы [7]:

$$n = \frac{P_{об/эл}}{3} + 1, \quad (2)$$

где  $n$  – количество дизель генераторов для выработки электроэнергии.

В результате получаем всего четыре одинаковых по мощности ДГ, при этом один ДГ всегда находится в резерве. Резервный ДГ служит для технического обслуживания, долива или замены масла в поддоне ДГ, небольшого текущего ремонта.

Наличие ДГ необходимо в любом случае, независимо от климатических условий, т. к. электропитание необходимо в любое время года. Хотя мощность электропитания в холодный период может несколько увеличиться за счет снижения длительности светового дня, применения приборов отопления с электроприводом и т. д. А вот наличие отопления в помещениях автономного объекта в холодное время года должно быть как ночью, так и днем при средней температуре наружного воздуха в течение двух–четырёх дней ниже плюс 8 °С.

Поэтому необходимо знать алгоритм и методику расчета теплотерь помещений пунктов временного размещения, причем различного назначения и конструктивного исполнения.

Для этого воспользуемся основными положениями работы А.Е. Алейникова, А.Б. Федорова, А.И. Тютюнникова «Методика расчета теплотерь и теплоступлений через ограждающие конструкции каркасно-тентовых и надувных сооружений», где приводится обоснование расчета теплотерь через ограждение помещения. Представим типовой расчет для помещения с учетом того, что материал для его сооружения разный.

Для определения сопротивления теплопередаче  $R_i$  ограждающих стен конструкций помещения могут быть использованы следующие формулы:

для схем ограждающих конструкций:

$$R_i = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_b}, \quad (3)$$

где  $\alpha_n$  и  $\alpha_b$  – коэффициенты теплоотдачи, соответственно, от наружной и внутренней поверхностей ограждения, Вт/м<sup>2</sup> · °С;  $\delta_i$  – толщина слоя материала ограждения, м;  $\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности слоя материала ограждения, Вт/м · °С.

Значения коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_n$  и  $\alpha_b$  рекомендуется принимать:

- для зимних условий –  $\alpha_n = 23$  Вт/м<sup>2</sup> · °С;

- для внутренних поверхностей стен и потолков –  $\alpha_b = 8,7$  Вт/м<sup>2</sup> · °С.

Для примера возьмём расчет теплотерь палатки из поливинилхлоридного материала, теплотехнические характеристики которого имеют следующие величины:

- коэффициент теплопроводности –  $\lambda_c = 0,16$  Вт/м · °С;

- объемный вес –  $\gamma_c = 1350$  кг/м<sup>3</sup>.

При толщине слоя ПВХ в ограждающей конструкции  $\delta_c = 0,001$  м, его термическое сопротивление составит:

$$R_c = \frac{\delta_c}{\lambda_c} = \frac{0,001}{0,16} = 0,0063 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/ Вт},$$

т. е. значение  $R_c$  весьма мало и вклад слоя ПВХ в теплозащиту ограждающих конструкций составит небольшую величину. Это значение можно принять для оценочных расчетов теплотерь. А так как

применяемые материалы могут быть различными, иметь разное количество слоев, то и величина термического сопротивления этого материала будет разной.

В таблице 1 приведены некоторые виды материалов и значения коэффициентов их теплопроводности. Зная толщину и сам материал, можно определить термическое сопротивление соответствующего слоя палатки, в том числе и пола.

Таблица 1 – Коэффициент теплопроводности некоторых материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности материалов, Вт/(м·К)
Искусственный мех	0,041
Перо-пуховая смесь	0,034
Ватин шерстяной	0,043
Хлопок	0,050
Лен	0,040
Шерстяной войлок	0,052

Для определения величины теплоты, необходимой для отопления всех имеющихся помещений, необходимо знать теплотери каждого из этих помещений. Должны учитываться: назначение помещения, его габариты, материал ограждающих конструкций, климатическая зона расположения. Тогда суммарная величина тепловой мощности будет равна сумме теплотерь всех помещений, входящих в состав пункта временного размещения:

$$Q_{т.пом} = \sum Q_i + Q_{пот}, \tag{4}$$

где  $Q_i$  – теплотери соответствующих помещений, требующих теплоснабжения;  $Q_{пот}$  – тепловые потери при выработке и транспортировке тепловой энергии до потребителя.

А теплотери соответствующих помещений будут равны:

$$Q_i = K_i * \sum S_{пом} * \Delta T, \tag{5}$$

где  $Q_i$  – теплотери соответствующего помещения, Вт;

$K_i$  – коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup>·гр (величина, обратная термическому сопротивлению –  $1/R_i$  ограждения определенной по формуле (3), а сама величина зависит от материала изготовления ограждения и его теплотехнических свойств;

$\sum S_{пом}$  – суммарная площадь соответствующего ограждения одного (i-го) помещения, м<sup>2</sup>. Она определяется и зависит от назначения этой площади (например, материал самого ограждения, наличие оконного проема, световой проем, определяется для каждой площади, изготовленной из одного и того же типа материала, т. к. материал полов, стен или крыши может быть разным);

$\Delta T$  – разность температур между наружным и внутренним воздухом, гр, зависит от района расположения пункта и соответственно от значения минимальной температуры самой холодной пятидневки (определяется по ГОСТ – «Климатология .....») и значением температуры внутри помещения, которая зависит от его назначения (жилое, склады, помещение с оборудованием, административное, медицинского назначения и т. д.) и определяется по соответствующим нормативным документам.

Также величину  $Q_i$  можно уточнить некоторым коэффициентом с учетом неравномерности подаваемой теплоты в помещение. Это, например, связано с различной дневной и ночной температурой окружающего воздуха.

$K_i$  – коэффициент теплопередачи можно рассчитать по формуле (3), зная необходимые теплотехнические параметры слоев ограждения, либо этот параметр представляет изготовитель материала данного ограждения. Так, например, сэндвич-панели изготавливаются из нескольких слоев (рисунок 1) и их теплотехнические параметры зависят от термоизолированного материала (таблицы 2 и 3 [8]).

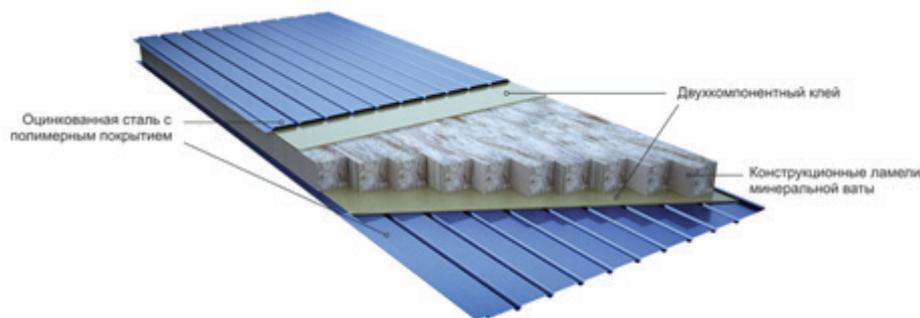


Рисунок 1 – Типовая конструкция сэндвич-панели

Таблица 2 – Параметры сэндвич-панелей с наполнением из базальтовой минеральной ваты

Толщина панели, мм	60	80	100	120	150	200
Удельный вес, кг/м <sup>2</sup>	14,3	16,6	19,0	21,0	24,0	30,6
Звукоизоляция, дБ	31	32	33	33	34	36
Сопротивление теплопередачи, R <sub>0</sub> м <sup>2</sup> ·°C/Вт	1,1	1,5	2,0	2,4	3,0	4,0
Теплопроводность утеплителя, Вт/(м·K), не более	0,05					

Таблица 3 – Параметры сэндвич-панелей с пенополистирольным утеплителем ПСБ-С-25

Толщина панели, мм	60	80	100	120	150	200
Удельный вес, кг/м <sup>2</sup>	9,81	9,88	9,94	10,71	11,87	12,30
Звукоизоляция, дБ	31	31	32	32	34	36
Сопротивление теплопередачи, R <sub>0</sub> м <sup>2</sup> ·°C/Вт	1,54	2,05	2,56	3,08	3,85	5,13
Теплопроводность утеплителя, Вт/(м·K), не более	0,039					

На основании приведенных выше данных по определению необходимой электрической мощности для конкретного пункта временного размещения, а также зная его состав по количеству необходимых помещений для жилья (специалистов и/или гражданского населения), специализированных и административных помещений, можно рассчитать необходимую тепловую мощность, для их отопления.

Таким образом, зная  $\Sigma Q_i$  – теплотери каждого помещения (независимо от исполнения) и величины потерь теплоты при ее транспортировки –  $Q_{пот}$ , можно определить необходимую суммарную тепловую мощность для отопления всего объекта по формуле (4).

При использовании на автономном объекте дизель-генераторов для выработки электрической энергии  $P_{об/эл}$ , необходимо и экономически целесообразно применять систему утилизации вторичной теплоты от выхлопных газов и охлаждающей жидкости дизеля, как это предложено в работах [9 – 11].

Расчеты и результаты экспериментов показали, что выработка тепловой энергии составляет 0,9 от электрической мощности ДГ. То есть

$$Q_{тДГ} = 0,9 P_{об/эл} \quad (6)$$

Зная тепловую мощность от системы утилизации ДГ, необходимо сравнить ее с величиной тепловой мощности всего объекта (всех помещений). То есть  $Q_{т пом}$  и  $Q_{т д.г.}$ .

Результаты работы [10] позволяют определить выработку тепловой мощности ДГ в зависимости от его электрической нагрузки, что дает возможность рассчитать среднеэксплуатационную тепловую мощность с учетом электрической нагрузки у потребителя.

Тогда, при  $Q_{т пом} = Q_{т д.г.}$  – тепловой мощности от ДГ (применяя когенерационную установку) хватает для отопления всего объекта и это – оптимальный вариант. При  $Q_{т пом} > Q_{т д.г.}$  и теплоты от ДГ не хватит, и тогда требуется дополнительный источник тепла. При  $Q_{т пом} < Q_{т д.г.}$  теплоты от ДГ будет

достаточно для отопления всего объекта, система автоматики отреагирует и поддержит необходимую величину. Все эти варианты зависят в основном от региона размещения, т. е. от наружной температуры окружающего воздуха. Остаются, конечно, некоторые вопросы, но они решаемы.

Таким образом, имея все необходимые параметры объекта, и используя методику определения тепловой мощности для отопления объекта, можно определить необходимое оборудование и алгоритм его работы.

Предлагаемый алгоритм расчета теплопотерь помещений автономного объекта позволяет в сжатые сроки выбрать из каталогов необходимое и эффективное оборудование для электро- и теплоснабжения различных объектов и в частности, для пунктов временного размещения различных служб и гражданского населения. Кроме этого, его можно использовать при проведении теплотехнических расчетов для типовых проектов систем электро- и теплоснабжения автономных объектов.

#### *Литература*

1. Полевое размещение войск: опыт организации и уроки истории / В.П. Андреев, А.И. Андриянов и др. СПб.: Аврора, 2015. 480 с.
2. Егоров П.В. Исследование эксплуатационных свойств палаток военного назначения для оснащения полевых лагерей / П.В. Егоров, В.И. Бурлаков, А.В. Алексеев и др. // Отчет о научно исследовательской работе. Вольск: ВВИМО, 2015. 68 с.
3. Методические рекомендации по организации и оборудованию пунктов временного размещения эвакуированных лиц и беженцев на территории Южного федерального округа (на базе палаточных лагерей). МЧС России Южный региональный центр по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Ростов-на-Дону, 2008.
4. Методические рекомендации по организации первоочередного жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях и работы пунктов временного размещения пострадавшего населения / МЧС России № 2-4-87-37-14 от 25.12.2013.
5. Методические указания по проектированию, возведению и эксплуатации пунктов временного размещения населения, пострадавшего в результате чрезвычайных ситуаций / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ), 2012. 312 с.
6. 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.
7. 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.
8. Сайт фирмы Evgorpanel. Ульяновск, Россия (дата обращения: 03.01.2021).
9. 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.
10. Энергетические установки на базе двигателей ЧН 21/21 для объектов малой энергетики и использования в полевых лагерях: монография / А.В. Разуваев. Вольск: ВВИМО, 2020. 75 с.
11. ВСП 43-02-05 / МО РФ. Правила проектирования стационарных электростанций с двигателями внутреннего сгорания объектов военной инфраструктуры.