

УДК: 662.997:621

 10.5281/zenodo.13843878

ОЦЕНКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВОГО СЕЛЬСКОГО ДОМА В УСЛОВИЯХ РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА



**Давлонов Хайрулла
Алламуратович**

PhD, доц-Каршинского
инженерно-экономического
института, Карши, Узбекистан
E-mail: davlonov88@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-7444-9853



**Тошмаматов Бобир
Мансурович**

Старший преподаватель-
Каршинского инженерно-
экономического института,
Карши, Узбекистан
E-mail: bobur160189@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-7051-5307



**Камолов Бехзод
Илхомович**

Докторант-Каршинского
инженерно-экономического
института, Карши, Узбекистан
E-mail: behzod0288@mail.ru
ORCID ID: 0009-0005-2119-3010

Аннотация. В настоящее время в нашей Республике уделяется особое внимание вопросам экономии традиционных энергетических ресурсов в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения коммунально-бытовых и социальных объектов, а также жилых домов и развитию использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В данной работе с учетом климатических особенностей Кашкадарьинской области были проведены расчеты тепловых нагрузок и теплоэнергетических характеристик для типовых сельских домов с площадью отопления 144 м².

Методы и материалы. Тепловые нагрузки систем отопления, охлаждения и горячего водоснабжения сельских домов рассчитаны с использованием методов укрупненных показателей градусо-суток отопительного периода (ГСОП) и экспериментальных измерений.

Результаты. Определены, что тепловая нагрузка сельского дома с отапливаемой площадью 144 м² и объемом 432 м³ составляет 13,8÷14,0 кВт, тепловая нагрузка в системе вентиляции — 10,1 кВт, а в системе горячего водоснабжения — 1,3 кВт. На основе результатов экспериментальных исследований, проводимых 18-го числа каждого месяца в отопительном сезоне 2023 и 2024 годов, были получены графики тепловых нагрузок для сельского дома с отапливаемой площадью 144 м² (рисунки 1 и 2).

Ключевые слова: сельский дом, тепловая нагрузка на отопление, отопительный период, резкоконтинентальный климат, годовой расход тепловой энергии, расход топлива, условное топливо.

KESKIN KONTINENTAL IQLIM SHAROITIDA QISHLOQ NAMUNAVIY UYINING ISSIQLIK ENERGETIKA XARAKTERISTIKALARI

Davlonov Xayrulla

Allamuratovich

*Qarshi muhandislik-iqtisodiyot
instituti dotsenti, PhD
Qarshi, O'zbekiston*

Toshmamatov Bobir

Mansurovich

*Qarshi muhandislik-iqtisodiyot
instituti katta o'qituvchisi,
Qarshi, O'zbekiston*

Kamolov Behzod

Ilhomovich

*Qarshi muhandislik-iqtisodiyot
institute doktoranti,
Qarshi, O'zbekiston*

Annotatsiya. Hozirgi vaqtda Respublikamizda kommunal-maishiy va ijtimoiy obyektlar, aholi xonadonlarining issiqlik va issiq suv ta'minoti tizimlarida an'anaviy energiya resurslarini tejash, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirish muammolariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Qashqadaryo viloyati iqlim xususiyatlarini hisobga olgan holda, isitish maydoni 144 m² yuzaga ega bo'lgan qishloq uylarining issiqlik yuklamalarini hisoblash ishlari amalga oshirilgan.

Usul va materiallar. Namunaviy qishloq uylarining issiqlik, sovutish va issiq suv ta'minoti tizimlari issiqlik yuklamalarini issiqlik-texnik, gradus-sutkalar va eksperimental usullardan foydalanib hisoblangan.

Natijalar. Isitish maydoni 144 m², isitish hajmi 432 m³ bo'lgan namunaviy qishloq uyining issiqlik yuklamasi 13,8÷14,0 kVt, sovutish tizimida issiqlik yuklamasi 10,1 kVt va issiq suv ta'minoti tizimidagi issiqlik yuklamasi 1,3 kVt ekanligi aniqlangan. 2023 va 2024 yil isitish mavsumida har oyning 18-sanasida o'tkazilgan tajribaviy tadqiqot natijalari asosida isitish maydoni 144 m² bo'lgan qishloq uyining issiqlik yuklamalar grafiklari olingan (1 va 2 rasm).

Kalit so'zlar: qishloq uyi, isitish tizimining issiqlik yulamasi, isitish davri, keskin kontinental iqlim, yillik issiqlik energiyasi iste'moli, yoqilg'i sarfi, shartli yoqilg'i.

ASSESSMENT OF THERMAL ENERGY CHARACTERISTICS OF A TYPICAL RURAL HOUSE IN A SHARP CONTINENTAL CLIMATE

Davlonov Khayrulla

Allamuratovich

*PhD, docent of Karshi Engineering-
Economics Institute,
Karshi, Uzbekistan*

Toshmamatov Bobir

Mansurovich

*Senior Lecturer of Karshi
Engineering-Economics Institute,
Karshi, Uzbekistan*

Kamolov Behzod

Ilhomovich

*Doctoral student Karshi
Engineering-Economics Institute,
Karshi, Uzbekistan*

Abstract. At present, in our Republic, special attention is paid to the issues of saving traditional energy resources in the systems of heat supply and hot water supply of municipal and social facilities, as well as residential buildings, and the development of the use of renewable energy sources. In this work, taking into account the climatic features of the Kashkadarya region, calculations of heat loads and heat energy characteristics for rural houses with a heating area of 144 m² were carried out.

Methods and materials. Heat loads of heating, cooling, and hot water supply systems of rural houses are calculated using methods enhanced by the indicator of the heating period of the GSOP, degree-days, and experimental measurements.

Results. It was determined that the heat load of a rural house with a heated area of 144

m² and a volume of 432 m³ is 13.8÷14,0 kW, the heat load in the ventilation system is 10.1 kW, and in the hot water supply system - 1.3 kW. Based on the results of experimental studies conducted on the 18th of each month in the heating season of 2023 and 2024, heat load graphs were obtained for a rural house with a heated area of 144 m² (Figures 1 and 2).

Keywords: *village house, heating system heat transfer, heating period, severe continental climate, annual heat energy consumption, fuel consumption, equivalent fuel.*

Введение. В условиях резко континентального и аномального изменения климата, особенно в сельской местности, возникают проблемы, связанные с бесперебойным энергоснабжением автономных систем отопления и охлаждения зданий [1,2].

В настоящее время из-за низкой энергоэффективности традиционных отопительных систем, высоких транспортных расходов, ухудшения экологической устойчивости и уменьшения запасов традиционного органического топлива возникает необходимость разработки альтернативных систем теплоснабжения [3,4,5]. Применение гибридных систем теплоснабжения сельских домов с применением ВИЭ позволяет обеспечить экономии традиционных энергоресурсов и снижение вредных выбросов в окружающую среду.

В данной работе с целью оценки теплотребления определены основные теплотехнические и теплоэнергетические характеристики типового сельского дома с учетом метеорологических характеристик климата.

Методы и материалы. Система теплоснабжения типовых сельских домов, построенные и эксплуатируемые в условиях Кашкадарьинской области резкоконтинентального климата, требуют определенный расход природных энергоресурсов (природный газ, уголь,

дрова и т.п.). Для рационального использования природных топливно-энергетических ресурсов, внедрения энергоустановок на основе ВИЭ и решения проблем энергоэффективности сельских домов необходимо определить требуемую расчетную тепловую нагрузку на отопление с учетом основных теплофизических характеристик климата местности [6-9].

В статье авторами определены тепловые нагрузки систем отопления, охлаждения и горячего водоснабжения (ГВС) типового сельского дома с общей отапливаемой площадью 144 м², с учетом климатических особенностей Кашкадарьинской области, таких как температура окружающей среды, солнечная радиация, термодинамические свойства воздуха и теплотехнические характеристики здания. Теплотехнические расчеты произведены с применением методики расчета по укрупненным показателям ГСОП и экспериментальных измерений.

Результаты и обсуждение.

I. Расчет по укрупненным показателям.

Расчетная тепловая нагрузка на отопление сельского дома можно определить по формуле [11,12].

$$Q_{от} = \alpha V_{от} q_{от} (t_{вв} - t_{нв}^p) (1 + K_{инф}) \cdot 10^{-3} \text{ кВт} \quad (1)$$

где, $\alpha = 1,18$ – поправочный коэффициент, учитывающий отличие

расчетной температуры наружного воздуха; $V_{от}$ –отопливаемый объем здания, m^3 ; $q_{от}$ –удельная отопительная характеристика здания, $\frac{кДж}{m^3 \cdot ч \cdot ^\circ C}$; $t_{вв}$ – температура внутреннего воздуха, $^\circ C$; $t_{нв}^p$ –расчетная температура наружного воздуха, $K_{инф}$ –коэффициент инфильтрации.

Производим расчет тепловую нагрузку на отопление сельского дома по укрупненным показателям:

$$Q_{от} = 1,2 \cdot 432 \cdot 0,7 \cdot 33 \cdot 1,35 = 13,8 \text{ кВт} \approx 14,0 \text{ кВт}$$

Результаты расчетов тепловой нагрузки типового сельского дома для условий Каршинского района Кашкадарьинской области приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные теплотехнические характеристики типового сельского дома.

№	Название параметров	Обозначение	Единица измерения	Значение
1	Отопительная площадь	$F_{от}$	m^2	144
2	Отапливаемый объем	$V_{от}$	m^3	432
3	Поправочный коэффициент	α	-	1,18÷1,2
4	Температура внутреннего воздуха	$t_{вв}$	$^\circ C$	20÷24
5	Расчетная температура наружного воздуха	$t_{нв}^p$	$^\circ C$	-13
6	Удельная отопительная характеристика здания	$q_{от}$	$\frac{Вт}{m^3 \cdot ч \cdot ^\circ C}$	0,5÷0,6
7	Тепловая нагрузка на отопление	$Q_{от}$	кВт	13,8
8	Удельная тепловая нагрузка на 1 m^2	$q_{уд}$	$\frac{Вт}{m^2}$	95,8

Тепловые нагрузки сельских домов площадью $144 m^2$ рассчитаны по результатам исследований, проводимых 18 числа каждого месяца (декабрь, январь,

февраль, март).

Полученные результаты представлены на рисунках 1 и 2.

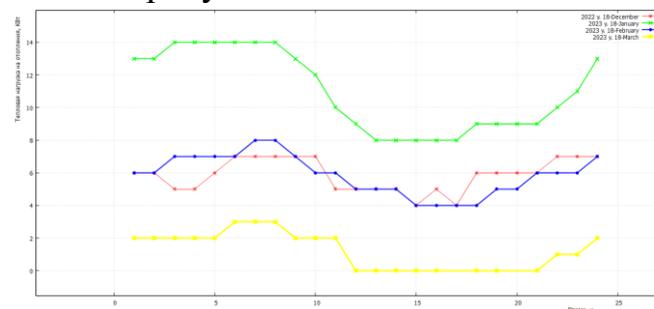


Рис.1. График расчетной тепловой нагрузки на отопление за отопительный период 2023 года (Каршинский район).

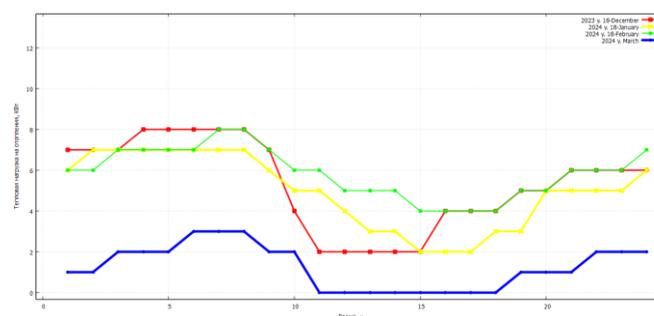


Рис.2. График расчетной тепловой нагрузки на отопление за отопительный период 2024 года (Каршинский район).

II. Расчет тепловой нагрузки на отопление сельского дома методом градусо-суток отопительного периода (метод ГСОП).

Расчет производится согласно данным КМК 2.01.18-2018 [10].

Удельный расход тепловой энергии на отопление при $ГСОП=2000 \div 3000 \frac{^\circ C \cdot сут}{год}$.

$$q_{уд}^{от} = 99 \div 100 \frac{Вт}{m^2}$$

Для сельского дома с площадью отопления

$F_{от} = 144 m^2$ тепловая нагрузка на

отопление составляет:

$$Q_{от} = 100 \cdot 144 = 14400 \text{ Вт} = 14,4 \text{ кВт}$$

Годовой расход тепловой энергии на отопление за отопительный период определение по формуле [11,12]:

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{от} \cdot q_{уд}^{от}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{год}}, \quad (2)$$

где, ГСОП-градусо-сутки отопительного периода, $\frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}}{\text{год}}$,

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) \cdot \tau_{от} \quad (3)$$

где, $t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$; $t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха в отопительном периоде, $^{\circ}\text{C}$; $\tau_{от}$ – продолжительность отопительного периода, $\frac{\text{сут}}{\text{год}}$.

Для условий Каршинского района $\tau_{от} = 132$ сут.

$$\text{ГСОП} = (20 - 3) \cdot 132 = 2244 \frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}}{\text{год}}$$

Тогда тепловая нагрузка на отопление по методу ГСОП будет равна

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot 2244 \cdot 432 \cdot 0,5 = 11632 \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{год}}$$

Расход холода на кондиционирование воздуха в летнем режиме здания [13,14]:

$$Q_{охл} = q_{охл} \cdot F_{пол} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (4)$$

где, $q_{охл} = 65 \div 70, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ – удельный расход холода; $F_{пол}$ – жилая площадь сельского дома, м^2 .

Таким образом, расход холода на систему охлаждения воздуха:

$$Q_{охл} = 70 \cdot 144 \cdot 10^{-3} = 10,1 \text{ кВт}$$

Расход холода на охлаждения сельского дома за период кондиционирования воздуха (май-август):

$$W_{охл} = Q_{охл} \cdot \tau_{охл}, \text{ кВт} \cdot \text{час} \quad (5)$$

$$W_{охл} = 10,1 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 24 = 29088 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

или

$$W_{охл} = 10,1 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 8 = 9696 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Расход тепловой энергии на ГВС:

$$Q_{ГВС} = \frac{0,278 \cdot n \cdot q_{ср} \cdot C_{рв} (t_{г} - t_{х})}{24 \cdot 10^3} = \frac{0,278 \cdot 5 \cdot 105 \cdot 4,19 \cdot 50}{24 \cdot 10^3} = 1,30 \text{ кВт}$$

Таким образом, максимальная тепловая мощность на отопление и ГВС:

$$Q_{теп}^{\Sigma} = Q_{от} + Q_{ГВС}, \text{ кВт} \quad (6)$$

$$\text{т.е. } Q_{теп}^{\Sigma} = 13,8 + 1,3 = 15,1 \text{ кВт}$$

Основные теплоэнергетические характеристики сельского дома приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Теплоэнергетические характеристики типового сельского дома ($F_{от} 144 \text{ м}^2$).

№	Параметры	Обозначение	Ед.изм.	Значение
1	Тепловая нагрузка на отопление	$Q_{от}$	кВт	13,8
2	Тепловая нагрузка на охлаждение	$Q_{охл}$	кВт	10,1
3	Тепловая нагрузка на ГВС	$Q_{ГВС}$	кВт	1,3
4	Максимальная тепловая мощность на отопление и ГВС	$Q_{теп}^{\Sigma}$	кВт	15,1
5	Общее теплопотребление за отопительный период	$Q_{год}$	кВт · час	47 836

III. Экспериментальный метод расчета тепловой нагрузки на отопление.

По показателям газосчетчика марки Sarf G4 среднесуточный расход газа в отопительный период [15] в условиях Каршинский район составил $b_{уд}^{сут} = 18 \div 25 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$.

В период отопление, при $\tau = 132$ сут;

$$V_{\text{газ}} = 132 \cdot 20 = 2640 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$\text{При } b_{\text{уд}}^{\text{сут}} = 25 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

$$V_{\text{газ}} = 132 \cdot 25 = 3300 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Тогда тепловая нагрузка на отопление составляет:

$$Q_{\text{от}} = \frac{V_{\text{газ}} \cdot Q_{\text{р}}^{\text{н}} \cdot \eta_{\text{КУ}}}{3,6 \cdot 132 \cdot 24} = \frac{3300 \cdot 36,3 \cdot 0,8}{3,6 \cdot 132 \cdot 24} =$$

8,4 кВт

Заключение. Проведен анализ потребления энергии системами отопления, охлаждения и горячего водоснабжения типовых сельских домов с площадью отопления 144 м² с учетом природно-климатических условий Кашкадарьинской области.

Анализ теплового баланса типовых сельских домов, построенных в Кашкадарьинской области, показал, что для типового сельского дома с площадью

отопления 144 м² и объемом отопления 432 м³ средняя тепловая нагрузка на систему отопления составляет 13,8÷14,0 кВт, на систему охлаждения — 10,1 кВт, а на систему горячего водоснабжения — 1,3 кВт.

Исходя из природно-климатических условий Кашкадарьинской области, общая тепловая нагрузка типового сельского дома с площадью отопления 144 м² за один отопительный сезон (длительность отопительного периода для Кашкадарьинской области составляет 132 суток) составляет в среднем 47 836 кВт·ч.

Удельная теплотребления сельского дома составляет 332,2 $\frac{\text{кВт}\cdot\text{час}}{\text{м}^3\cdot\text{год}}$, а на отопления 303,6 $\frac{\text{кВт}\cdot\text{час}}{\text{м}^3\cdot\text{год}}$, т.е. 91% от общего теплотребления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 16 февралдаги «2023 йилда қайта тикланувчи энергия манбаларини ва энергия тежовчи қурилмаларини жорий этишни жадаллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-57 сонли қарори.
2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг таракқиёт стратегияси тўғрисида» ги ПФ-60-сонли фармони.
3. Uzakov G., Khamraev S., Khuzhakulov S. Rural house heat supply system based on solar energy. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1030(1), 012167
4. Узиков Г. Н., Базаров О. Ш., Давланов Х. А., Тошмаматов Б. Научно-инновационные разработки Каршинского инженерно-экономического института по использованию возобновляемых источников энергии Беларусь-Узбекистан: формирование рынка инновационной продукции Сборник материалов научно практической конференции (Минск, 14–15 марта 2023 г.), стр. 353-356.
5. Узиков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М. Энергоэффективные системы и технологии с использованием альтернативных источников энергии //Альтернативная энергетика. 2021. Т. 1. С. 7-19.

6. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Ибрагимов У.Х., Тошмаматов Б.М. Исследование комбинированного водовоздушного солнечного коллектора при ламинарном гидродинамическом режиме//Альтернативная энергетика. 2021. Т. 1. С. 33-40.
7. Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М. Анализ гибридных систем отопления жилых зданий, использующие ВИЭ//Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. 2023. Т. 8. № 1. С. 9-15.
8. Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Камолов Б.И., Тошмаматов Б.М. Интегрированные автономные системы энергоснабжения объектов, расположенных в сельской местности//Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. №2, 03.07.2023-г. Стр. 9-14.
9. Zakhidov R.A., Tajiyev U.A., Kiseleva E.I., Saliev G.S., Gorobtsov S.I. On the Possibility of Sustainable Energy and Water Supply of Low-Rise Residential Buildings Located in Areas with an Arid Climate using Combined Wind and Solar Photovoltaic Power Complexes of Low Power. Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika) this link is disabled, 2022, 58(1), pp. 159–164.
10. КМК. 2.01.18-2018.
11. Исаканов Е.М., Шыныбай Ж.С. Моделирование теплонасосных систем теплохлodosнабжения сельских домов // Исследования, результаты. №4 (76) 2017, С. 508-512.
12. Пилипенко Н.В. Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений. С. Петербург, 2016.48 с.
13. Каваленко Е.В., Тягунов М.Г. Гибридные энергетические комплексы с когенерацией в изолированных энергетических системах//Альтернативная энергетика и экология. №10-11, 2015, 167-177 с.
14. Ливчак В.И. Градусо-сутки отопительного периода как инструмент сравнения уровня энергоэффективности зданий в России и в других странах//Энергосбережение. №6, 2015 г. С. 20-25.
15. Беркова Е.А., Ример А. Обоснование оптимального варианта теплоснабжения автономных объектов с использованием тепловых насосов// В сборнике: 66-я Международная научная конференция. Астрахань, 2022. С. 399-403.