

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование
и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Научная статья

УДК 697.12

doi: 10.28983/asj.y2024i6pp103-109

**Анализ теплообеспечения многоквартирных домов города Мичуринска
как важный механизм экологического менеджмента**

Мария Александровна Коваленко¹, Ольга Сергеевна Картечина¹,
Андрей Юрьевич Астапов², Наталья Викторовна Картечина², Дмитрий Валерьевич Гурьянов²

¹ Российский университет транспорта, Москва, Россия

² Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

e-mail: Mkovalenko@mnr.gov.ru

Аннотация. В статье проведен анализ удельного потребления тепловой энергии в жилых домах во время отопительного сезона. Показано, что потребление тепла зависит от температуры внешнего воздуха, типа и года постройки, учета и контроля работы домовых теплосчетчиков.

Ключевые слова: теплопотребление; тарифы; окружающая температура; отопительный сезон

Для цитирования: Коваленко М. А., Картечина О. С., Астапов А. Ю., Картечина Н. В., Гурьянов Д. В. Анализ теплообеспечения многоквартирных домов города Мичуринска как важный механизм экологического менеджмента // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 103–109. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp103-109>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Analysis of the heat supply of apartment buildings in the city of Michurinsk
as an important mechanism for environmental management**

Maria A. Kovalenko¹, Olga S. Kartechina¹, Andrey Yu. Astapov²,
Natalia V. Kartechina², Dmitry V. Guryanov²

¹Russian University of Transport Moscow, Russia

²Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

e-mail: Mkovalenko@mnr.gov.ru

Annotation. The article analyzes the specific consumption of thermal energy in residential buildings during the heating season. It is shown that heat consumption depends on the temperature of the outside air, the type and year of construction, accounting and control of the operation of house heat meters.

Keywords: heat consumption; tariffs; ambient temperature; heating season

For citation: Kovalenko M. A., Kartechina O. S., Astapov A. Yu., Kartechina N. V., Guryanov D. V. Analysis of the heat supply of apartment buildings in the city of Michurinsk as an important mechanism for environmental management. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(6):103–109. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp103-109>.

Введение. В силу особенностей климатических условий бесперебойное обеспечение населения и агропромышленного комплекса тепловой энергией в России является актуальной проблемой. На теплоснабжение расходуется более 50 % общего потребления топлива, что в два раза превышает расход топлива на нужды производства электроэнергии и соответствует топливемкости всех остальных отраслей экономики [3, 6].

Ненадежность теплоснабжения является одной из основных проблем систем централизованного теплоснабжения. Поскольку производство тепла в системах теплоснабжения на основе когенерации снижается, потребители отказываются от централизованного теплоснабжения и переходят на другие источники тепла. Это приводит к снижению производства и повышению цен на тепло



для оставшихся потребителей. Еще одной проблемой является чрезмерное потребление тепловой энергии из-за старения систем отопления и других неисправностей зданий. Это связано с неэффективным использованием тепловой энергии, что увеличивает расходы на отопление и оказывает негативное влияние на окружающую среду. Для решения этих проблем необходимо внедрять современные технологии теплоснабжения с высокой надежностью и эффективностью [5].

Одним из мероприятий, направленных на повышение рационального использования энергетических ресурсов и выработку приоритетных направлений в реализации энергосберегающих мероприятий, является сопоставление фактического тепло- и водопотребления здания по результатам измерений калориметрами, установленными на вводах тепловой сети в здание [9, 10].

Конечным результатом процесса измерения системы отопления является определение фактического расхода тепла в отопительный период, отнесенного к площади помещения [$\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$]. Это должно соответствовать графику подачи. Соответствие между фактической температурой и требуемой температурой по графику позволяет определить правильность режима отопления, а показатель удельного расхода тепла на отопление позволяет сравнивать их между собой и с эталонным домом [1, 2, 7].

Материалы и методы. Исследования проводятся на основе теории проектирования и эксплуатации систем теплоснабжения с применением основных методов научного познания: наблюдение, измерение, анализ и системный подход

Результаты исследований. На основе тепловых балансов за 2022–2023 гг. отопительного сезона построены графики выработки, отпуска и полезного отпуска тепла [4, 6].

Зависимость расхода тепла и газа от месяца представлена на графиках (рисунок 1, 2).

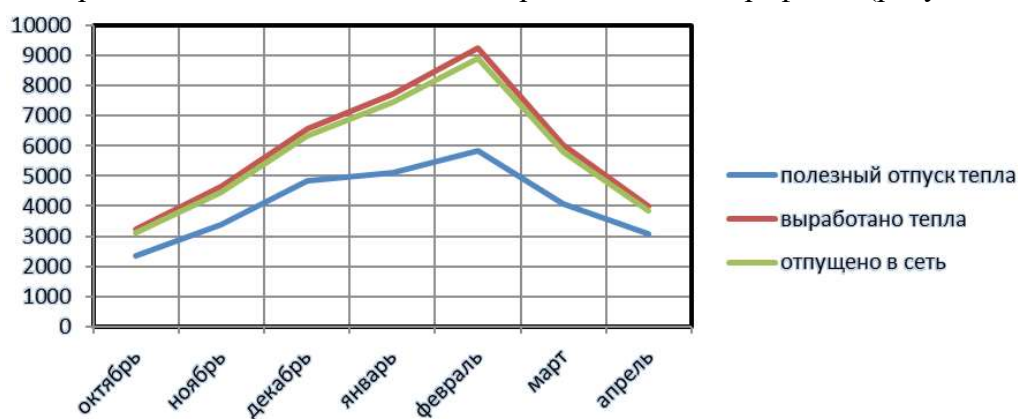


Рисунок 1 – График выработанного, полезного и отпущенного в сеть тепла, Гкал

Figure 1 – Graph of generated, useful and supplied heat to the network, Gcal

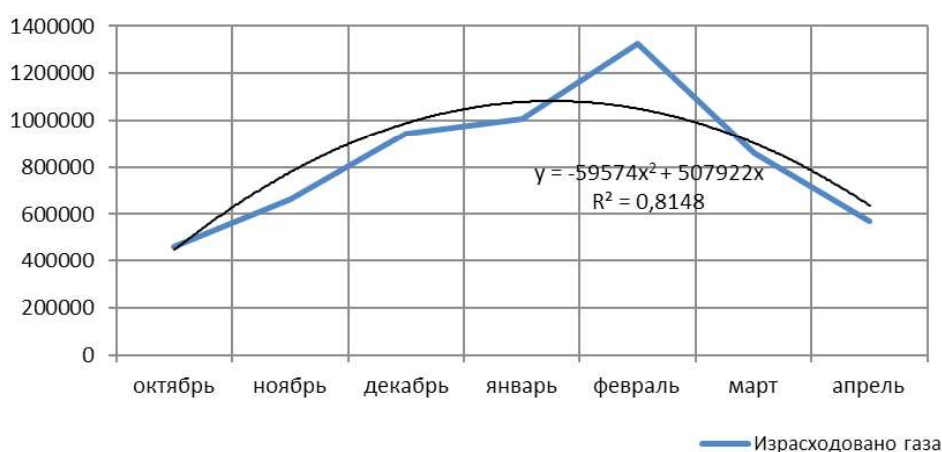


Рисунок 2 – Расход газа котельной

Figure 2 – Boiler room gas consumption

Расходы тепла напрямую зависят от внешней температуры воздуха, кроме того, температура влияет на теплопотери. Так, на февраль приходятся самый большой расход тепла и самые большие теплопотери.



Рассмотрим среднемесячные температуры за отопительный сезон 2022–2023 г. (таблица 1, Данные метеостанции г. Мичуринска).

Таблица 1 – Среднемесячные температуры, сезон 2022–2023 г.

Table 1 – Average monthly temperatures, season 2022–2023

Месяц	$t, ^\circ\text{C}$
Октябрь	5,4
Ноябрь	-0,6
Декабрь	-0,8
Январь	-6,3
Февраль	-8,8
Март	-9,4
Апрель	–

Исходя из данных (см. таблицу 1), делаем вывод, что наиболее холодные месяцы отопительного сезона февраль–март.

Проведем расчет удельного потребления тепла на 1 м^2 для каждого дома. Для расчета берем данные из теплового баланса о годовом потреблении тепла и общую площадь помещений для каждого дома. Используем формулу для расчета [3]:

$$Q_{\text{уд}} = Q/S, \quad (1)$$

где $Q_{\text{уд}}$ – удельное потребление тепла; Q – годовое потребление тепла; S – площадь жилых помещений.

На основании расчетов были построены зависимости потребленной теплоты жителями города Мичуринска по улице Липецкое шоссе, д. 66, корпус Д на ноябрь–декабрь от температуры воздуха (рисунок 3–6).

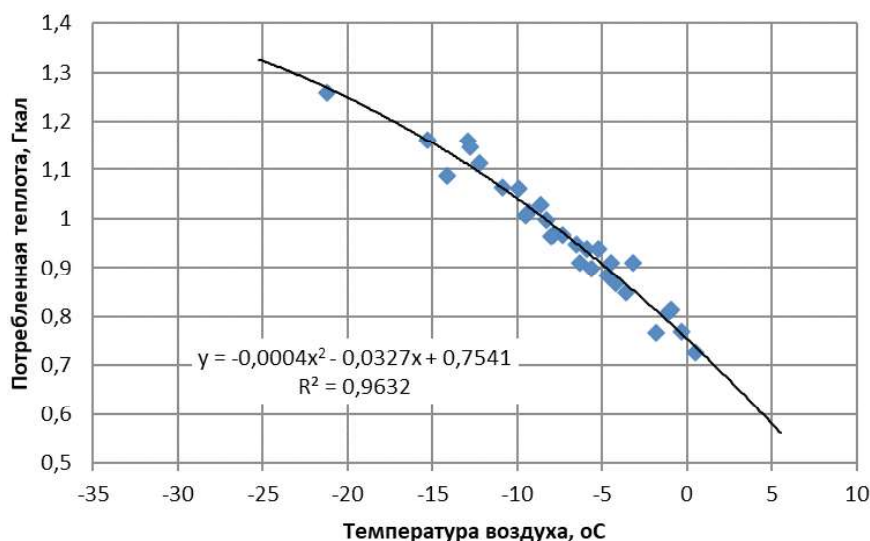


Рисунок 3 – Зависимость потребленной теплоты жителями дома Липецкое шоссе, д. 66, корпус Д от средней температуры воздуха с 16.11.2022 г. по 16.12.2022 г.

Figure 3 – Dependence of the heat consumed by residents of the house located on the Lipetskoye Shosse, 66, building D on the average air temperature from November 16, 2022 to December 16, 2022

Из графиков (см. рисунок 3–6) следует, что потребление тепла в зависимости от температуры окружающего воздуха нелинейна: увеличивается при снижении температуры, достигая максимума 1,3–1,4 Гкал, а при увеличении температуры потребление тепла уменьшается, асимптотически приближаясь к оси абсцисс. Отключение поставки тепла прекращается при достижении среднесуточной температуры воздуха $8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Проведенный анализ удельного потребления тепловой энергии для нужд отопления выявил 3 многоквартирных дома с наибольшими показателями удельного потребления [3,6], таблица 2.



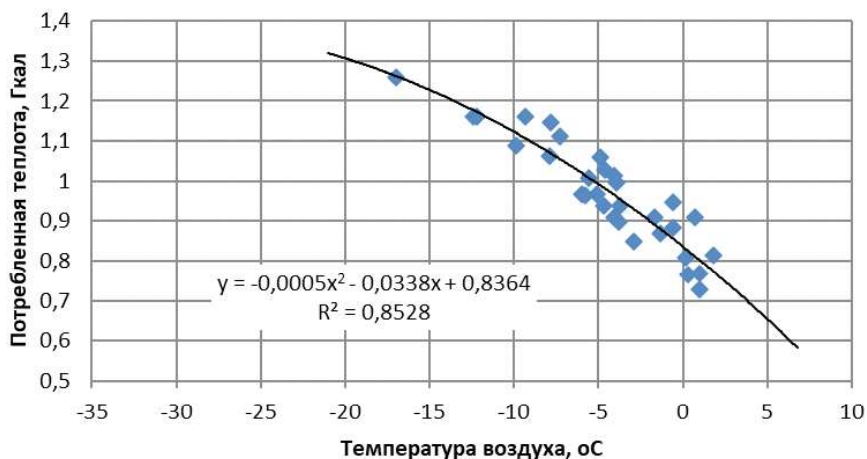


Рисунок 4 – Зависимость потребленной теплоты жителями дома Липецкое шоссе, д. 66, корпус Д от максимальной температуры воздуха с 16.11.2022 г. по 16.12.2022 г.

Figure 4 – Dependence of the heat consumed by residents of the house located on the Lipetskoye Shosse, 66, building D on the maximum air temperature from November 16, 2022 to December 16, 2022

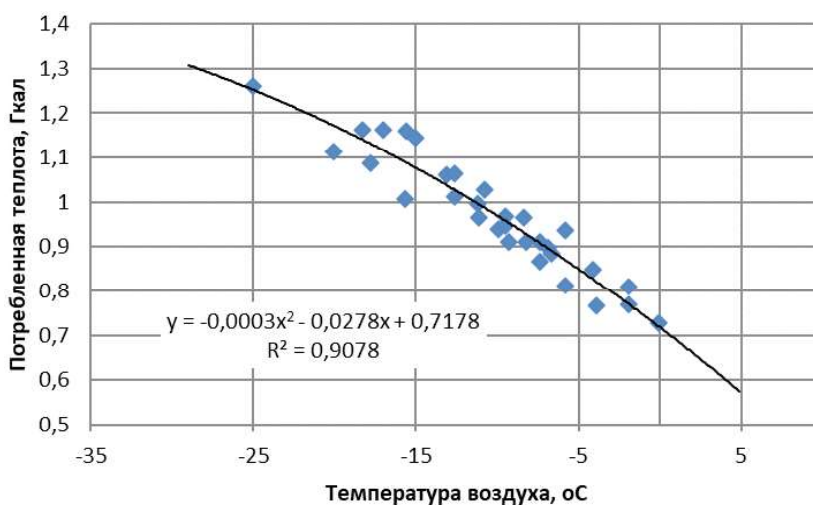


Рисунок 5 – Зависимость потребленной теплоты жителями дома Липецкое шоссе, д.66, корпус Д от минимальной температуры воздуха с 16.11.2022 г. по 16.12.2022 г.

Figure 5 – Dependence of the heat consumed by residents of the house located on the Lipetskoye Shosse, 66, building D on the minimum air temperature from November 16, 2022 to December 16, 2022

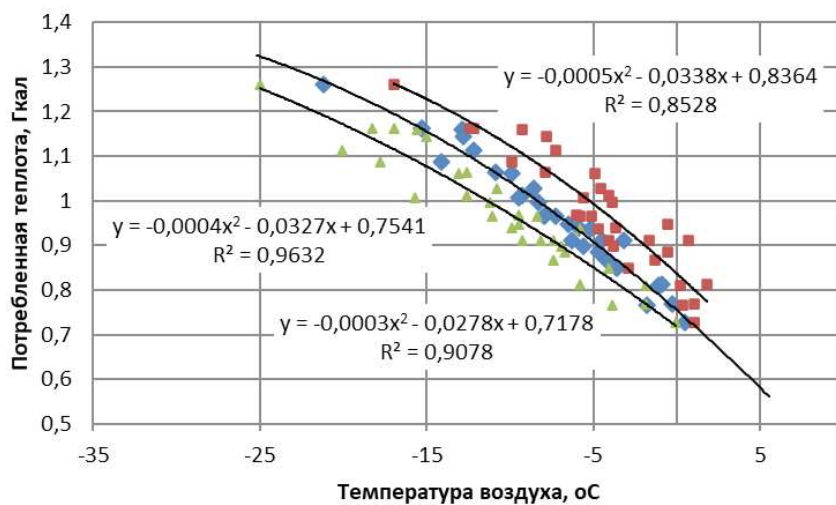


Рисунок 6 – Зависимость потребленной теплоты жителями дома Липецкое шоссе, д.66, корпус Д от температур воздуха с 16.11.2022 г. по 16.12.2022 г.

Figure 6 – Dependence of the heat consumed by residents of the house located on the Lipetskoye Shosse, 66, building D on the air temperature from November 16, 2022 to December 16, 2022



Таблица 2 – Распределение потребленной теплоты и удельная его стоимость в отопительный сезон

Table 2 – Distribution of consumed heat and its specific cost during the heating season

Отопительный сезон	Липецкое шоссе, д. 66, корпус В		Липецкое шоссе, д.66, корпус Д		Шевченко, д. 82	
	Теплота, Гкал	Стоимость 1 м ² , руб.	Теплота, Гкал	Стоимость 1 м ² , руб.	Теплота, Гкал	Стоимость 1 м ² , руб.
Ноябрь–декабрь 2022	28,53	48,6	29,99	51,07	25,72	37,88
Декабрь 2022 – январь 2023	29,47	50,19	29,79	50,74	26,62	39,21
Январь–февраль 2023	33,01	56,22	33,44	56,94	27,79	40,92
Февраль–март 2023	21,74	37,05	19,41	33,08	18,4	27,11
Март–апрель 2023	17,33	29,55	15,38	26,24	14,56	21,47

На рисунке 7 приведены данные по потреблению тепла домами за отопительный период.

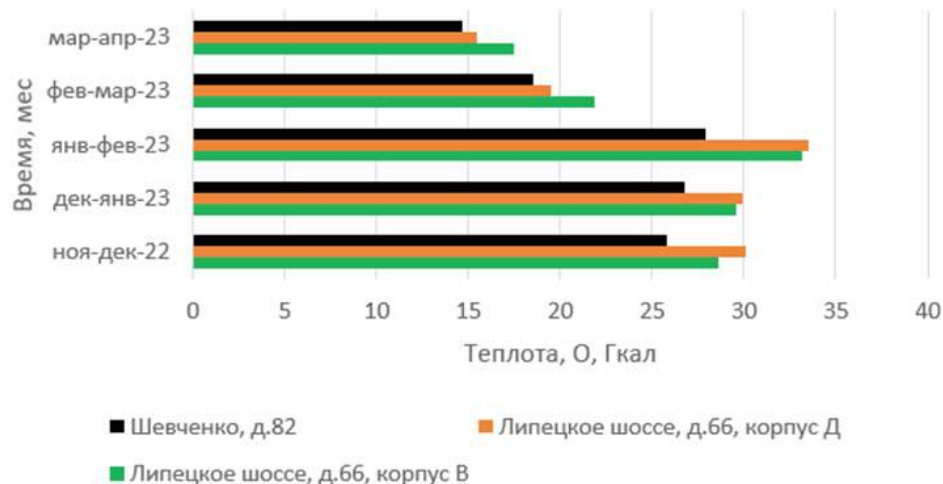


Рисунок 7 – Распределение потребленного тепла в жилых домах во время отопительного сезона

Figure 7 – Distribution of consumed heat in residential buildings during the heating season

На графике (рисунок 8) приведены данные по распределению удельной стоимости потребленного тепла в жилых домах во время отопительного сезона.

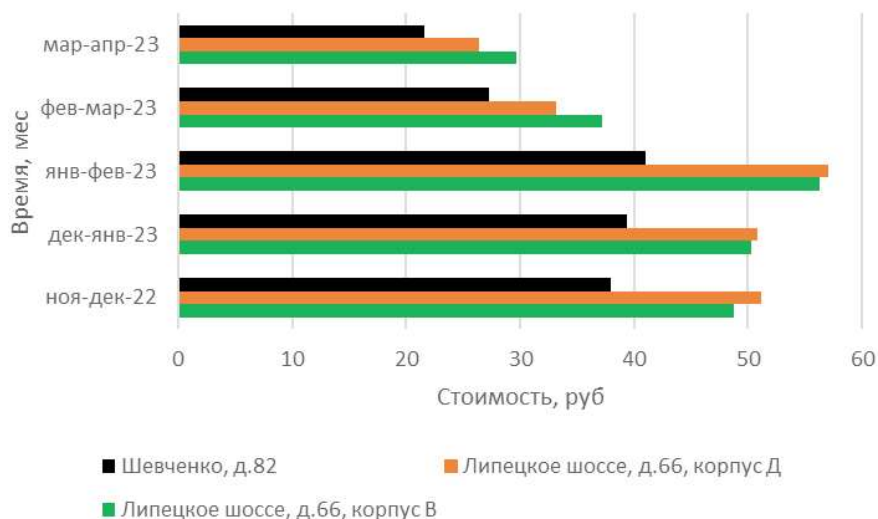


Рисунок 8 – Распределение удельной стоимости потребленного тепла в жилых домах во время отопительного сезона

Figure 8 – Distribution of the unit cost of heat consumed in residential buildings during the heating season

По итогам анализа было установлено, что в доме по ул. Шевченко, д.82 была меньшее потребление тепла и удельная стоимость тепла (таблица 3).



Таблица 3 – Оценка потребления тепла и его стоимости между домами с ноября по апрель

Table 3 – Estimation of heat consumption and its cost in houses from November to April

Теплота, Гкал			Стоимость 1 м ² , руб.		
Разница между домами Липецкое шоссе корпуса В и Д	Разница между домами Липецкое шоссе корпуса В и Шевченко	Разница между домами Липецкое шоссе корпуса Д и Шевченко	Разница между домами Липецкое шоссе корпуса В и Д	Разница между домами Липецкое шоссе корпуса В и Шевченко	Разница между домами Липецкое шоссе корпуса Д и Шевченко
-1,45	2,81	4,26	-2,47	10,71	13,19
-0,32	2,85	3,17	-0,54	10,99	11,53
-0,42	5,23	5,65	-0,72	15,30	16,02
2,33	3,34	1,01	3,96	9,94	5,98
1,95	2,77	0,82	3,31	8,08	4,77

Для выявления причин перепотребления рассмотрим два похожих по параметрам дома по ул. Шевченко, д. 82 и ул. Липецкое шоссе, д. 66. Технические данные этих домов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические данные домов

Table 4 – Technical data of houses

Дом	Число квартир	Число комнат	Общая площадь, м ²	Нежилая площадь, м ²	Материал стен	Объем здания, м ³	Год постройки	Износ, %
82	60	1200	925	221	Кирпич	1358	1990–1996	5
66	56	604	800	186	К/б панели	1281	1971	42,5

Определим годовое количество тепла на отопление жилого 5-этажного кирпичного здания объемом 12821 м³ постройки 1970 г., расположенного в г. Мичуринске.

Основные климатические данные: расчетная температура наружного воздуха (наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) –28 °С; средняя температура наружного воздуха за отопительный период (период с температурой ниже 8 °С) –3,7 °С; продолжительность отопительного сезона 201 сут. Усредненная температура внутреннего воздуха здания 20 °С.

Наружный объем надземной части отапливаемого здания $V_n = 12821 \text{ м}^3$.

Находим табличное значение удельной отопительной характеристики q_o , для здания объемом 12821 м³, равное 0,266 Вт/(м³·°С) [0,2 Ккал/(ч·м³·°С)]; находим значение поправочного коэффициента a , равное 1,0 [2, 3].

Коэффициент потерь тепла подводными трубопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях, $k_{тп}$, принимаем равным 1,05.

Определяем для рассматриваемого здания годовое количество тепла по формуле

$$Q_o = 3,6 \cdot 1 \cdot 12821 \cdot 0,43 \cdot [20 - (-3,7)] \cdot 24 \cdot 201 \cdot 1,15 = 172893387,35 \text{ кДж} = 172,87 \text{ ГДж} (148,91 \text{ Гкал}).$$

Сравним показатели необходимого годового количества тепла (таблица 5).

Таблица 5 – Потребленное количество тепла за отопительный сезон

Table 5 – Heat consumed during the heating season

Дом	Гкал
ул. Шевченко, д. 82	113,64
ул. Липецкое шоссе, д. 66, корп. В	130,64
ул. Липецкое шоссе, д. 66, корп. Д	128,56

Из расчетов и фактических данных следует, что фактические значения потребленного тепла были несколько ниже расчетного. Как видим, удельная стоимость тепла, потребляемого домом по ул. Шевченко, 82, на 10–15 руб./Гкал меньше, чем потребляемого домами по ул. Липецкое



шоссе, 66. Такая разница в потреблении тепла связана с разными типами отопления в доме, степенью износа здания и, самое главное, материалом ограждающих конструкций. Дом по ул. Липецкое шоссе, 66 – панельный, 1976 г. постройки, а дом по ул. Шевченко, 82 – кирпичный, 1968 г. постройки.

Заключение. Результаты измерения реального потребления тепла на отопление многоквартирных домов подтверждают точность методики расчета требуемого расхода тепловой энергии на их отопление. Максимальный расход тепла и теплопотери приходится на февраль–март при среднемесячной температуре $-8,8 \dots -9,4$ °С. Суммарное удельное потребление тепла по домам составило по ул. Шевченко, д. 82 – 113,64 Гкал/м², по ул. Липецкое шоссе, д. 66, корп. В – 130,64 Гкал/м², по ул. Липецкое шоссе, д. 66, корп. Д – 128,56 Гкал/м².

Установлено, что в доме по ул. Шевченко, 82 были меньше потребление тепла и ниже удельная стоимость тепла. Потребление тепла в зависимости от температуры окружающего воздуха нелинейна: увеличивается при снижении температуры, достигая максимума 1,3–1,4 Гкал, а при увеличении температуры потребление тепла уменьшается, асимптотически приближаясь к оси абсцисс. Это может быть вызвано отсутствием автоматической системы регулирования системы отопления, а также несоответствием техническим характеристикам сопротивления теплопередачи стен и окон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51379-99 Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы. М.: ИПК Изд. стандартов. 2004. 15 с.
2. ГОСТ Р 51750-2001 Энергосбережение. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения. М.: ИПК Изд. стандартов. 2002.
3. Гордеев А. С. Энергетический менеджмент в сельском хозяйстве. 2-е изд., стереотип. СПб., 2023. 308 с.
4. Дневник погоды в Мичуринске за Декабрь 2023. Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/diary/4438>.
5. Ливчак В. И. Фактическое теплопотребление зданий как показатель качества и надежности проектирования // АВОК. 2009. № 3.
6. Практическая методика определения энергозатрат и энергоёмкости производства продукции, а также потребностей в энергоресурсах / Минсельхоз России. М., 2011. 56 с.
7. Стандарт организации СТО НОП 2.01-2014 «Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания». М., 2014. 188 с.
8. Тарифы на коммунальные услуги в Мичуринске на 2022 г. Режим доступа: <https://my-gkh.ru/getcitytariff/michurinsk>.
9. Jean-Pierre Bocquet-Appel. When the World's Population Took Off: The Springboard of the Neolithic Demographic Transition // Science. 2011. Vol. 333. P. 560–561.
10. Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition. Autor: John A. Duffie (Deceased), William A. Beckman. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin-Madison, Wiley.

REFERENCES

1. GOST R 51379-99 Energy saving. Energy passport of an industrial consumer of fuel and energy resources. The main provisions. Standard forms. Moscow, 2004. 15 с.
2. GOST R 51750-2001 Energy saving. The methodology for determining energy intensity in the production of products and services in technological energy systems. General provisions Moscow, 2002.
3. Gordeev A. S. Energy management in agriculture. 2nd ed. St. Petersburg, 2023. 308 p.
4. Weather diary in Michurinsk for December 2023. Available at: <https://www.gismeteo.ru/diary/4438>.
5. Livchak V. I. Actual heat consumption of buildings as an indicator of the quality and reliability of design. “AVOK”, No. 3–2009.
6. Practical methodology for determining energy consumption and energy intensity of production, as well as energy needs /Ministry of Agriculture of Russia. Moscow, 2011. 56 p.
7. The standard of the organization STO NOP 2.01-2014 “Requirements for the content and calculation of indicators of the energy passport of a residential and public building project”. Moscow, 2014. 188 p.
8. Tariffs for utilities in Michurinsk for 2022. Available at: <https://my-gkh.ru/getcitytariff/michurinsk>.
9. Jean-Pierre Bocquet-Appel. When the World's Population Took Off: The Springboard of the Neolithic Demographic Transition. *Science*. 2011;(333):560–561.
10. Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition. Author: John A. Duffie (Deceased), William A. Beckman . Solar Energy Laboratory University of Wisconsin-Madison, Wiley.

*Статья поступила в редакцию 4.03.2024; одобрена после рецензирования 24.04.2024; принята к публикации 30.04.2024.
The article was submitted 4.03.2024; approved after reviewing 24.04.2024; accepted for publication 30.04.2024.*

