

*Д. В. Подолякин*<sup>1\*</sup>, *М. В. Мишенин*<sup>1,2</sup>

## **Современное состояние теплофикации в отдаленных регионах страны**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,  
Российская Федерация,

<sup>2</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
\*e-mail: d.podolyakin@g.nsu.ru

**Аннотация.** В работе исследовано современное состояние теплофикации в Мурманской области и Камчатском крае. Была посчитана стоимость получения тепловой энергии потребителями при использовании различных методов отопления в Мурманске и Петропавловске-Камчатском. Самыми неэффективными методами оказались: электрообогрев, центральное отопление и дизельное топливо. Основной причиной неэффективности послужил постоянный рост цен на топливо, электроэнергию и отопление в арктических регионах России, который приводит к значительным затратам. Наиболее выгодными оказались каменный уголь и дрова, а также использование сжиженного газа при отоплении бойлерами. Для крупных предприятий оптимальным может оказаться получение тепловой энергии с помощью тепловых насосов, т.к. этот способ характеризуется высокими капитальными затратами, сопровождающимися высокой эффективностью производства тепловой энергии.

**Ключевые слова:** тепловая энергия, газификация, отопление

*D. V. Podolyakin*<sup>1\*</sup>, *M. V. Mishenin*<sup>1,2</sup>

## **The current state of heating in remote regions of the country**

<sup>1</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation,

<sup>2</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,  
Novosibirsk, the Russian Federation  
\* e-mail: d.podolyakin@g.nsu.ru

**Abstract.** The work examines the current state of district heating in the Murmansk region and Kamchatka region. The cost of obtaining thermal energy by consumers using various heating methods in Murmansk and Petropavlovsk-Kamchatsky was calculated. The most ineffective methods were: electric heating, central heating and diesel fuel. The most profitable were coal and firewood and the use of liquefied gas for heating with boilers.

**Keywords:** thermal energy, gasification, heating

### ***Введение***

Отдаленные регионы России часто сталкиваются с проблемами в области тепловой энергетики из-за сложностей с транспортировкой топлива и обеспечением энергоресурсами. Недоступность месторождений природного газа или

угля, а также длительные расстояния до центров энергоснабжения делают системы теплофикации в этих регионах менее эффективными и дорогостоящими. Анализ состояния теплоэнергетики данных регионов поможет способствовать развитию инфраструктуры и улучшению качества жизни местных жителей.

Целью работы является изучение особенностей теплофикации отдаленных регионов России с применением методологии экономической оценки теплоснабжения индивидуальных жилых домов. Для ее достижения были поставлены следующие задачи:

1. Исследование и сравнительный анализ существующей системы теплофикации Камчатского края и Мурманской области.

2. Применение метода оценки стоимости получения тепловой энергии потребителями при отоплении индивидуальных жилых домов и сравнение полученных результатов.

3. Оценка полученных результатов и рекомендации для дальнейшего развития отрасли.

### ***Методы и материалы***

В рамках проекта строительства частного дома мы исследуем затраты на получение тепловой энергии с использованием различных методов, таких как электрообогрев, тепловые насосы, жидкотопливные бойлеры, твердотопливные печи и центральное водяное отопление.

Мы примем 1 МДж в качестве результирующего показателя для оценки эффективности тепловой энергии для каждого потребителя. Для сравнения обогревательных систем во времени мы будем использовать переменную  $X$  (количество МДж). Оценка экономической выгоды будет включать как текущие, так и капитальные затраты на покупку отопительных систем с условной теплопроизводительностью в 1 кВт [2]. На основании полученных результатов можно провести анализ обогревательных систем. Для сравнения расчетов фокус будет сделан на Камчатский край и Мурманскую область, учитывая их колебания цен на теплоснабжение на момент апреля 2024 года.

1. Отопление с помощью электрообогрева [1]:

2.

$$\mathcal{E} = \mathcal{U}Z_{\text{кп}} + X \frac{T}{3,6}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{U}Z_{\text{кп}}$  – стоимость приобретаемого потребителем оборудования, руб.;

$T$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·час;

3,6 – коэффициент, переводящий кВт·час в МДж.

3. Отопление с помощью теплового насоса (ТНУ):

$$\text{ТНУ} = \mathcal{U}Z_{\text{кп}} + X \frac{T}{3,6\epsilon}, \quad (2)$$

где  $\mathcal{U}Z_{\text{кп}}$  – стоимость оборудования и его установки, руб.;

$T$  – тариф на электроэнергию, руб./ кВт·час;  
 $c$  – тепловой коэффициент преобразования.

4. Отопление с помощью жидкотопливных бойлеров [3]:

$$ЖТ = УЗ_{КП} + \frac{ХЦ_T}{\rho_T \cdot КПД_{жк} \cdot ТС_T} \times 1000, \quad (3)$$

где  $УЗ_{КП}$  – стоимость оборудования на жидком топливе, руб.;

$Ц_T$  – стоимость топлива, руб./м<sup>3</sup>;

$\rho_T$  – плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>;

$КПД_{жк}$  – КПД жидкотопливного котла;

$ТС_T$  – теплотворная способность топлива, кДж/кг.

5. Отопление с помощью твердого топлива [4]:

$$ТТ = УЗ_{КТ} + \frac{ХЦ_T}{\beta \cdot \rho_T \cdot КПД_{тк} \cdot ТС_T} \times 1000, \quad (4)$$

где  $УЗ_{КТ}$  – стоимость оборудования на твердом топливе, руб.;

$Ц_T$  – стоимость топлива, руб./м<sup>3</sup>;

$\rho_T$  – плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>;

$КПД_{тк}$  – КПД печи;

$ТС_T$  – теплотворная способность топлива, кДж/кг;

$\beta$  – коэффициент плотности укладки твердого топлива.

6. С помощью центрального отопления [2].

Расчет стоимости тепловой энергии при использовании центрального отопления является достаточно трудным. При покупке недвижимости, в его стоимость уже включено центральное водяное отопление, поэтому величина капитальных затрат равна нулю.

Воспользуемся формулой Ньютона для расчёта удельной теплоемкости для 1 м<sup>2</sup> наружной стены:

$$Q = g \cdot h, \quad (5)$$

где  $g$  – коэффициент теплопередачи, который рассчитывается по формуле

$$g = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{k}{y} + \frac{1}{f_2}}, \quad (6)$$

где  $f$  – коэффициент теплоемкости для поверхности, Вт/(м<sup>2</sup>·°С):  $f_1$  – для внутренней,  $f_2$  – для внешней поверхностей;

$k$  – ширина стены, м;

$y$  – коэффициент теплопроводности материалов стен, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

### **Результаты и обсуждение**

В ходе анализа выяснилось, что в Петропавловске-Камчатском наиболее экономичным видом топлива для отопления частного дома является каменный

уголь для печи, либо немного менее выгодными оказываются дрова. Следует отметить, что в долгосрочной перспективе использование тепловых насосов как источника тепла является достаточно выгодным для потребителей. Однако важно учитывать удельные капитальные затраты, поскольку стоимость и установка тепловых насосов требуют значительных финансовых вложений, и эффективность использования этого оборудования окупается лишь через длительный период времени.

Для наглядного отображения результатов мы создадим сводные графики (рис.1), на которых ось  $x$  будет отражать количество потребляемой энергии (МДж) во времени при постоянной потребляемой мощности 1 кВт, а ось  $y$  будет показывать удельные капитальные затраты для потребителей. Предположим, что в течение года на объекте потребляется 15000 МДж. При  $x = 0$  будут отображены начальные значения, которые представляют собой капитальные затраты на приобретение оборудования потребителями для обеспечения теплоснабжения.

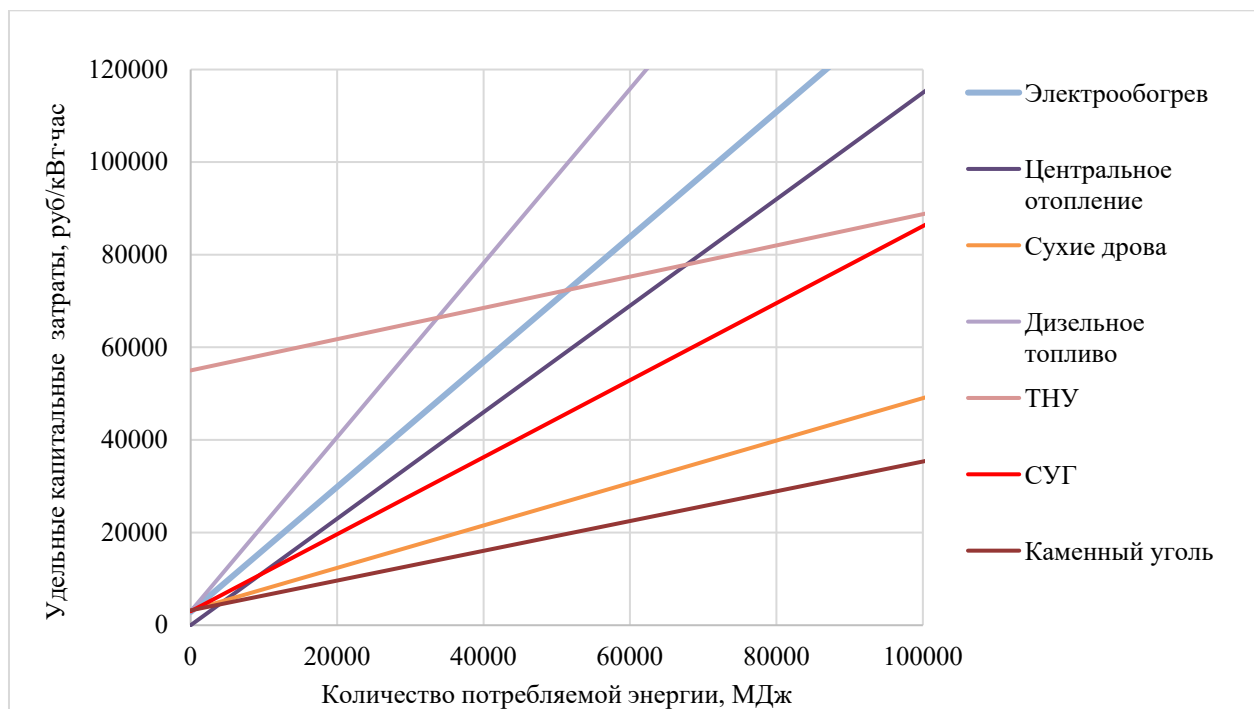


Рис. 1. Графическая интерпретация экономической эффективности основных способов получения тепловой энергии для потребителей в Камчатском крае.

*Источник: построено автором на основе расчетов*

Далее на рис. 2 представлена информация об экономической эффективности способов получения тепловой энергии для потребителей Мурманска.

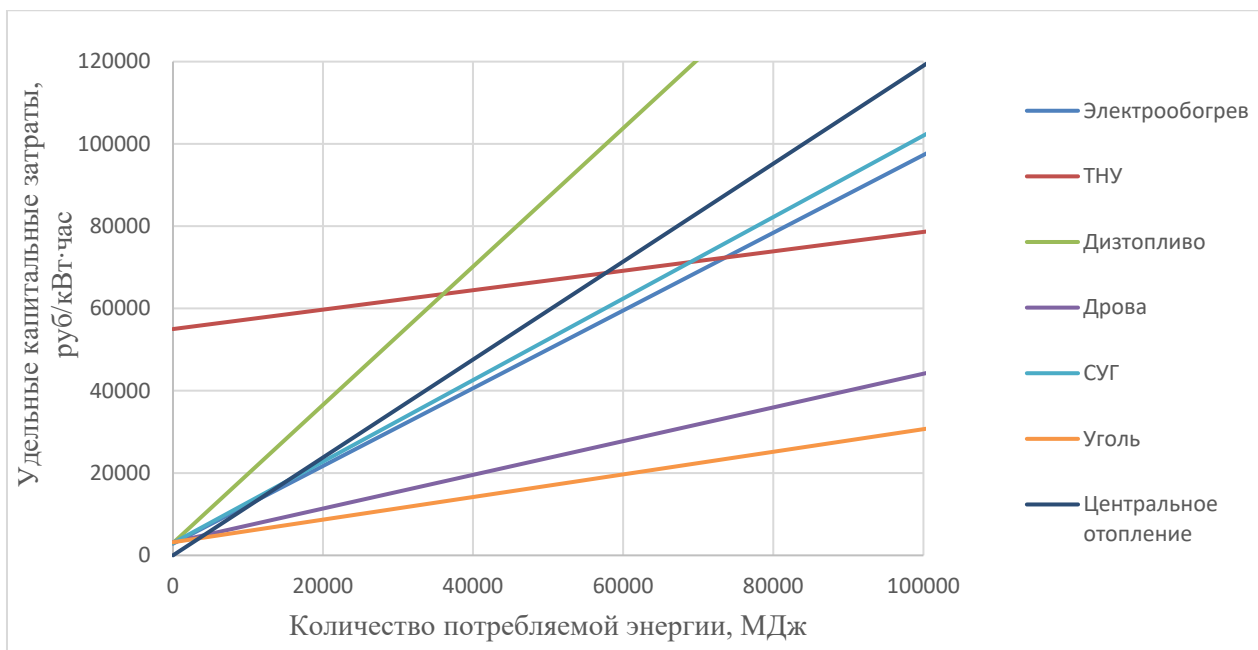


Рис. 2. Графическая интерпретация экономической эффективности основных способов получения тепловой энергии для потребителей в Мурманской области. *Источник: построено автором на основе расчетов*

### Заключение

В результате проведенных расчетов можно выделить некоторые рекомендации. Несмотря на то, что использование твердого топлива требует определенных усилий по его хранению, загрузке и очистке отходов, эти неудобства компенсируются его экономической выгодой и надежностью. Для двух регионов в данном случае твердое топливо оказывается наиболее экономически выгодным для отопления частного дома. Однако каждый выбор топлива для отопления имеет свои особенности, и важно учитывать все аспекты перед принятием решения о наиболее подходящем способе обогрева дома.

1. Тепловые насосы имеют самые высокие удельные капитальные затраты, однако их эффективность видна из графиков, где угол наклона прямой ниже, чем у других систем, таких как электрообогрев, дизельные бойлеры и центральное водяное отопление. Этот метод может быть оптимальным для крупных предприятий, которые потребляют большие объемы энергии, способные быть восстановлены и повторно использованы.

2. Использование дизельных и газовых бойлеров, электрообогревателей и центрального отопления является наименее эффективным среди всех рассмотренных методов. Постоянный рост цен на топливо, электроэнергию и отопление в арктических регионах России приводит к значительным расходам на эти виды отопления для частных домовладельцев.

3. Для частных потребителей наиболее эффективным способом отопления дома является использование твердотопливных печей с сухими дровами и каменным углем. По капитальным затратам этот метод не сильно отличается от других,

за исключением тепловых насосов. Однако по стоимости производства тепловой энергии он превосходит электрообогрев, дизельные и газовые бойлеры, а также центральное водяное отопление.

### *Благодарности*

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-78-10156, <https://rscf.ru/project/23-78-10156/>.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А. Р. Хафизова, С. А. Лившиц, Н. А. Юдина. Особенности и экономическая оценка индивидуальной системы отопления // Современные технологии и экономика энергетики. – 2021. – с. 49-51.
2. Ляндзберг А. Р. Особенности теплофикации Камчатского края // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2006. – №. 5. – С. 79-82.
3. Набиулин Р. М., Ямлеева Э. У. Сравнение экономичности использования различных видов топлива для отопления. Новые технологии в теплоснабжении и строительстве. – 2017. – С. 13 – 15.
4. Орлов А. Ю., Осипов В. А. Об использовании природного газа для отопления объектов жилищного фонда. Потенциал устойчивого развития: концепции, модели и практическое приложение. – 2024. – С. 94 – 100.

© Д. В. Подолякин, М. В. Мишенин, 2024