

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ  
МАЛОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Введение.* В настоящее время мировое сообщество столкнулось с проблемами нехватки энергетических ресурсов. В связи с этим остро стоит вопрос о принятии серьезных мер по сокращению потребляемой энергии как в промышленности, так и в сфере жилья.

На сложившемся современном рынке Беларуси наиболее популярны традиционные системы отопления, что не в полной мере удовлетворяет показателям экологичности и экономической целесообразности.

*Цель работы* – проведение комплексного анализа проектов систем отопления индивидуальных жилых домов в Беларуси на основе различных видов топлива с учетом остаточной стоимости оборудования и экологических последствий их реализации в долгосрочном периоде для последующего выбора оптимального проекта, удовлетворяющего требованиям заказчика.

Данная работа посвящена поиску решения следующих проблем:

1. снижение текущих расходов на отопление, поскольку при росте цен на энергоносители происходит к увеличению текущих расходов на отопление;
2. устранение несоответствия принимаемых к реализации проектов современным требованиям энергоэффективности и экологической эффективности;
3. снижение рисков реализации инвестиционных проектов;
4. уменьшение ущерба, наносимого окружающей среде.

В работе рассмотрены наиболее распространенные в настоящее время системы отопления на различных видах топлива [1]:

1. на основе электрической энергии (WESPEHEIZUNG);
2. на основе природного газа (ARISTON);
3. на основе твердого топлива (каменном угле, антраците, торфобрикете, дровах (Космос-10);
4. с использованием городской тепловой сети;
5. на основе теплового насоса (NIBEBO/W45).

Для отопления площади в 200 м<sup>2</sup> индивидуального жилого дома с эффективной теплоизоляцией необходим теплогенератор с тепловой мощностью примерно 10 кВт [2, с. 52-53]. Тогда количество потребленного тепла за отопительный сезон  $Q_D$  (Дж) будет равно:

$$Q_D = P_T t_{oc}, \quad (1)$$

где  $P_T$  – необходимая тепловая мощность, Вт;  $t_{oc}$  – продолжительность отопительного сезона в Беларуси, сут.

Принимая во внимание, что отопительный сезон в нашей стране равен примерно 180 суток, за год получим, что для отопления индивидуального жилого дома с отапливаемой площадью 200 м<sup>2</sup> необходимо 155,52·10<sup>9</sup> Дж или 43200 кВт·ч (37,145 Гкал) тепловой энергии.

Количество тепла  $Q_T$  (Дж), получаемое при сжигании топлива [3, с.17-19], равно

$$Q_T = K_T c_{cc} \eta_c, \quad (2)$$

где  $K_T$  – количество сжигаемого топлива, м<sup>3</sup> или кг;  $c_{cc}$  – удельная теплота сгорания топлива (теплотворная способность), Дж/м<sup>3</sup> или Дж/кг;  $\eta_c$  – КПД теплогенератора.

Таким образом количество топлива, необходимое для отопления дома:

$$K_T = (P_T t_{oc}) / (c_{cc} \eta_c). \quad (3)$$

Исходя из цены единицы количества топлива определена стоимость топлива (белорусских рублей), необходимого для отопления дома в отопительный сезон.

В качестве КПД теплогенераторов брались данные, заявленные производителем.

Для приведения разновременных стоимостных значений расходов  $Z_T$  и доходов  $P_T$  к их ценности на момент старта проекта, применяется метод дисконтирования денежных потоков. Определение нормы дисконтирования произведено в размере 15 % из расчета средней фактической ставки процента по долгосрочным кредитам с применением надбавки за риск [4].

Стоимостная оценка результатов использования систем отопления  $P_T$  за 10 лет представлена как величина дисконтированного денежного потока от реализации проекта:

$$P_T = P_0 + P_1K_1 + P_2K_2 + \dots + P_{10}K_{10}, \quad (4)$$

где  $P_t$  – поступления средств от результатов использования проекта отопления за каждый год расчетного периода (10 лет), руб.;  $K_1, K_2, \dots, K_t$  – коэффициенты дисконтирования.

Аналогично выполнен расчет дисконтированных расходов  $Z_T$ :

$$Z_T = I_0 + I_1K_1 + I_2K_2 + \dots + I_3K_{10}, \quad (5)$$

где  $I_t$  – издержки за каждый год расчетного периода (10 лет), руб.

Произведен расчет экологического ущерба. Сумма экологического ущерба  $Y$  рассчитана исходя из массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и ставки экологического налога:

$$Y = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot M_i), \quad (7)$$

где  $P_i$  – ставка экологического налога за выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества в атмосферный воздух, руб./т;  $M_i$  – выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества в атмосферный воздух за отопительный сезон, т.

Также проведена оценка по приведенным затратам:

$$Z = E_n I + C, \quad (8)$$

где  $I$  – начальные инвестиции в проект, руб.;  $C$  – текущие эксплуатационные затраты, EUR;  $E_n$  – коэффициент приведения инвестиционных вложений.

Исходя из условия минимума приведенных затрат выбран наиболее экономичный вариант.

Риски, возникающие при эксплуатации систем отопления оценивались по формуле:

$$[Q] = Qw, \quad (9)$$

где  $Q$  – вероятность отказа;  $w$  – коэффициент последствия отказа (влияние).

Расчета общего влияния риска на проект приведен по формуле:

$$w = \frac{(w_1 + w_2 + w_3 + w_4)}{4}, \quad (10)$$

где  $w_1$  – влияние на срок;  $w_2$  – влияние на бюджет;  $w_3$  – влияние на содержание;  $w_4$  – влияние на качество.

Для комплексной оценки показателей проектов отопления жилых домов был использован метод площадей.

В данном методе исходя из полученных данных построена лепестковая диаграмма с заданной шкалой деления, демонстрирующая соотношение характеристик для каждого проекта отопления. Характеристики проектов распределялись по шкале исходя из их желательности для идеального проекта. Диаграмма представлена на рисунке 1.

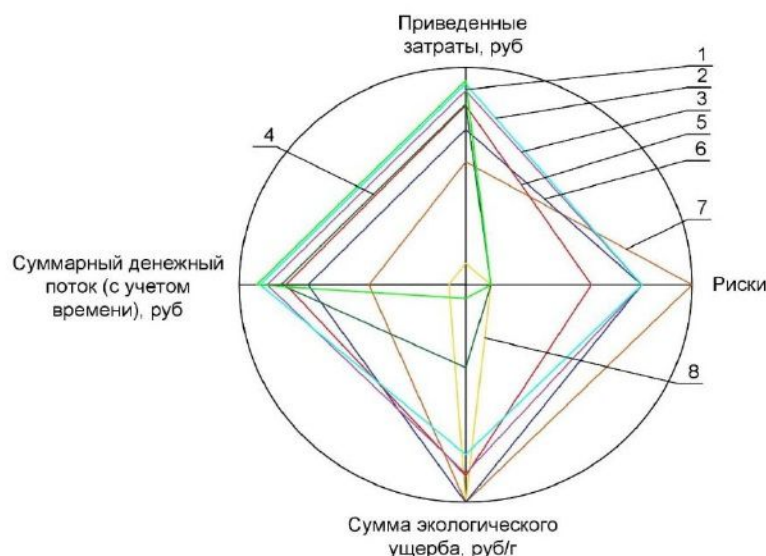


Рис. 1. Диаграмма соотношения характеристик проектов отопления:  
 1 – твердотопливный котел на каменном угле; 2 – то же на торфобрикете;  
 3 – то же на дровах; 4 – то же на антраците; 5 – газовый котел;  
 6 – городская теплосеть; 7 – тепловой насос; 8 – электродкотел

Вычисляя площади фигур для каждого проекта, имеем возможность произвести их сравнительный анализ на основе всех вышеперечисленных показателей.

Показатели сравниваемых площадей для каждого проекта отопления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели сравниваемых площадей для проектов отопления жилых домов

Тип (марка) теплогенератора	Показатель площади
WESPE HEIZUNG (электродкотел)	10,1623
Ariston (газовый котел)	114,9283
Космос-10 (твердотопливный котел на каменном угле)	51,8025
Космос-10 (твердотопливный котел на антраците)	56,1746
Космос-10 (твердотопливный котел на торфобрикете)	143,5888
Космос-10 (твердотопливный котел на дровах)	145,6246
Городская теплосеть	126,3858
NIBE BO/W45 (тепловой насос типа «грунт-вода»)	111,6456

Исходя из полученных результатов видно, что наиболее эффективным является использование твердотопливных котлов на дровах и торфобрикете, в то время как использование твердотопливных котлов на каменном угле и антраците не целесообразно. Вполне конкурентоспособными являются теплогенераторы в виде газового котла и теплового насоса, а также городская теплосеть.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Лобикова Н.В., Лобикова О.М., Галюжин С.Д. Эффективность различных систем отопления индивидуальных жилых домов с учетом экологичности проектов // Вестник Белорусско-Российского университета. 2018. № 4 (61).С. 120–130.
2. Васильев, Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли / Г.П. Васильев. М.: Граница, 2006. – 176 с.
3. Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для вузов / В. В. Нащокин.– М.:Высш.шк., 1975.– 469с.
4. Лобикова Н.В., Лобикова О.М. Риски при выборе системы отопления в индивидуальных жилых домах // Сборник материалов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, 21 – 25 мая Белгород 2018 г.