

## СТРОИТЕЛЬСТВО . АРХИТЕКТУРА

УДК 711.4-112

*Е. В. Горбенкова, С. В. Горбенков, Е. Е. Корбут*

### ЭФФЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

UDC 711.4-112

*E. V. Gorbenkova, S. V. Gorbenkov, E. E. Korbut*

### THE EFFECTIVE ENERGY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN ENGINEERING SYSTEMS OF RURAL SETTLEMENTS

#### **Аннотация**

Рассмотрены вопросы энерго- и ресурсосбережения в инженерных системах сельских поселений. Даны преимущества использования теплонасосных технологий для сельских поселений. Приведен расчет капитальных и эксплуатационных затрат для различных видов инженерных систем и определен срок окупаемости теплонасосных систем.

#### **Ключевые слова:**

тепловой насос, сельские поселения, энергосберегающие технологии, капитальные и эксплуатационные затраты.

#### **Abstract**

The paper considers the issues of energy and resource-saving in engineering systems of rural settlements. The advantages of using thermal pump technologies for rural communities are given. The calculation of capital and operating costs for various types of engineering systems is presented and the payback period of thermal pump systems is defined.

#### **Key words:**

thermal pump, rural settlements, energy saving technologies, capital and operating costs.

#### **Введение**

В условиях обостряющегося дефицита и роста цен на энергоносители поиск новых эффективных энергосберегающих технологий для получения теплоты и использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) актуален практически для всех отраслей экономики.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства неразрывно связано с развитием энерго- и

ресурсосберегающих систем теплообеспечения. Именно они существенно влияют на снижение себестоимости и энергоемкости производимой сельскохозяйственной продукции.

В перспективе в связи с ростом сельскохозяйственной продукции будут расти и масштабы потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на эти цели, поэтому существует острая необходимость экономного использования электрической и тепловой энергии. И здесь приоритетно и наиболее эффек-

тивно применение систем и технических средств теплообеспечения децентрализованного типа [1].

Одним из эффективных энергосберегающих способов, дающих возможность экономить органическое топливо, снижать загрязнение окружающей среды, удовлетворять нужды потребителей в технологическом тепле, является применение теплонасосных технологий производства теплоты.

Потребителями энергии повышенного потенциала для сельской местности являются системы отопления и горячего водоснабжения жилых, административных, социальных и промышленных зданий, системы поддержания оптимального микроклимата в спортивных и киноконцертных комплексах, бассейнах, животноводческих помещениях и др.

Теплонасосные системы теплоснабжения проектируются для каждого конкретного объекта в зависимости от энергетических нагрузок, почвенно-климатических условий района строительства и стоимости энергоносителей [3].

В отличие от традиционных аналогов, для теплонасосных систем теплоснабжения характерны повышенные единовременные капитальные вложения при сравнительно низких эксплуатационных издержках [2].

Особенно выгодно применение теплового насоса при одновременном использовании тепла и холода, что успешно реализуется в ряде технологических процессов в промышленности, сельском хозяйстве, системах кондиционирования воздуха и др.

Основными преимуществами теплонасосных технологий являются:

- высокая энергетическая эффективность;
- экологическая чистота;
- надежность;
- комбинированное производство теплоты и холода в единой установке;
- мобильность;
- универсальность по тепловой

мощности;

- универсальность по виду используемой низкопотенциальной энергии;
- полная автоматизация работы установки.

Говоря о достоинствах получения тепловой энергии с помощью теплового насоса, необходимо тщательно оценивать целесообразность использования теплонасосных установок в сравнении с традиционными, альтернативными видами энергоисточников, базируясь на следующих факторах:

- *термодинамическом*: реализуемый цикл, температура низкопотенциального источника тепла (НПИТ) и температура теплоносителя потребителя теплоты, свойств рабочего тела;
- *конструктивном*: тип компрессора, тип теплообменников, их технические характеристики, схемное решение установки;
- *экономическом*: уровень цен на электроэнергию и замещаемое топливо, цены на применяемое оборудование и его монтаж и наладку, цены на систему автоматизации;
- *экологическом*: отсутствие процесса сжигания топлива в цикле ТН, уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> за счет вытеснения части потребного топлива при высокой энергетической эффективности установки;
- *социальном*: улучшение условий труда и жизни населения.

### **Расчет затрат на устройство и эксплуатацию инженерных систем**

#### **Расчет мощности системы отопления.**

Мощность систем отопления зависит от степени тепловой защиты и воздухопроницаемости конструкций здания.

Ориентировочный расход теплоты на отопление здания  $Q$ , Вт, можно определить по укрупненным показателям:

$$Q = q \cdot V \cdot (t_g - t_n), \quad (1)$$

где  $q$  – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°C), для хорошо утепленного здания  $q = 0,65$  Вт/(м<sup>3</sup>·°C);  $V$  – объем здания по наружным обмерам, м<sup>3</sup>;  $t_{в}$  – расчетная температура внутреннего воздуха помещения,  $t_{в} = 18$  °C);  $t_{н}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, принимается равной температуре наиболее холодной пятидневки для выбранного района строительства.

**Расчет мощности системы охлаждения.**

Чтобы правильно подобрать мощность системы охлаждения, необходимо рассчитать избытки тепла, которые поступают в помещение. Обычно используется упрощенная методика расчета:

$$Q = S \cdot h \cdot q, \quad (2)$$

где  $S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;  $h$  – высота помещения, м;  $q$  – коэффициент, принимаемый равным  $q = 25...30$  Вт/м<sup>3</sup>, если окна выходят на север и/или площадь остекления невелика;  $q = 30...40$  Вт/м<sup>3</sup>, если окна выходят на запад или восток при средней площади остекления;  $q = 40...45$  Вт/м<sup>3</sup>, если окна выходят на юг и/или имеют большую площадь остекления.

При высоте помещений 3 м и среднем коэффициенте  $q = 35$  условно можно считать, что средняя потребность холодопроизводительности составляет около 1 кВт мощности охлаждения на 10 м<sup>2</sup> помещения.

Так как в большинстве жилых помещений (таких как гардеробные, с/у и др.) не требуется установка систем кондиционирования, то условно принимаем, что кондиционированию подлежат 3/4 площади дома.

**Расчет энергопотребления.**

Для климатических условий Беларуси отопительное оборудование на полной мощности в сезон используется около 2500 ч, охладительное – 1000 ч (данные приведены согласно СНБ

**4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха).**

При сжигании 1 м<sup>3</sup> газа выделяется 8 кВт тепловой энергии, на потребности горячего водоснабжения (ГВС) в среднем добавляется 30 % от времени использования отопительного оборудования на полной мощности, соответственно, потребление газа вычисляется:

$$\frac{\text{тепловая мощность системы отопления и ГВС}}{8} \times \left( \begin{array}{l} \text{количество часов использования} \\ \text{отопительного оборудования на} \\ \text{полной мощности в сезон} \end{array} \right) \cdot 1,3.$$

На 1 кВт потребленной электроэнергии кондиционер вырабатывает 3 кВт мощности охлаждения, соответственно, потребление электроэнергии для охлаждения электрокондиционером вычисляется:

$$\frac{\text{холодопроизводительность системы охлаждения}}{3} \times \left( \begin{array}{l} \text{количество часов использования} \\ \text{охладительного оборудования на} \\ \text{полной мощности в сезон} \end{array} \right).$$

При использовании теплового насоса на 1 кВт потребленной электроэнергии вырабатывается 4 кВт тепловой энергии, соответственно, потребление электроэнергии вычисляется:

$$\frac{\text{тепловая мощность системы отопления и ГВС}}{4} \times \left( \begin{array}{l} \text{количество часов использования} \\ \text{отопительного оборудования на} \\ \text{полной мощности в сезон} \end{array} \right) \cdot 1,3.$$

Для обеспечения кондиционирования воздуха, при использовании теп-

лового насоса электроэнергия расходуется только на работу циркуляционных насосов (150 Вт) и вентиляторов, обдувающих теплообменник (350 Вт), соответственно, потребление электроэнергии для охлаждения тепловым насосом вычисляется:

$$\left( \begin{array}{l} \text{количество часов использования} \\ \text{охлаждающего оборудования на} \\ \text{полной мощности в сезон} \end{array} \right) \cdot 1,3.$$

#### **Газовое оборудование.**

Для получения средней стоимости газового оборудования было взято 15 газовых котлов разных ценовых сегментов (5 – бюджетных, 5 – среднего уровня и 5 – премиум).

Ценовой диапазон: от 20 евро за 1 кВт тепловой мощности – у бюджетного оборудования до 60 евро и выше – у премиум класса. В среднем была взята стоимость в 40 евро за 1 кВт.

Стоимость монтажа – в среднем от 15 до 25 % стоимости газового оборудования (информация взята из нескольких фирм, занимающихся продажей и монтажом систем отопления).

Считаем, что монтаж составляет 20 % стоимости газового оборудования – 8 евро за 1 кВт.

Общая стоимость газового оборудования с установкой – 48 евро за 1 кВт тепловой мощности.

#### **Тепловой насос.**

При расчетной мощности теплового насоса до 10 кВт стоимость полного комплекса работ составляет 800 евро за 1 кВт тепловой мощности, 10...20 кВт – 650 евро, 20...30 кВт – 550 евро, более 30 кВт – 500 евро.

При мощности более 50 кВт вопрос о стоимости решается в индивидуальном порядке.

Ориентировочно стоимость можно считать равной 650 евро.

#### **Электрический котел.**

Средняя стоимость электродкотла – 25 евро за 1 кВт мощности. Для системы отопления мощностью 22,14 кВт получаем стоимость (с учетом монтажа 20 %) 664,2 евро.

#### **Система кондиционирования.**

Для получения средней стоимости кондиционеров было взято 20 кондиционеров (сплит-системы, комплекты – с внутренним и внешним блоками) мощностью около 5 кВт разных ценовых групп.

В среднем стоимость кондиционеров – от 200 до 500 евро за 1 кВт мощности охлаждения. Для расчета была взята стоимость в 350 евро за 1 кВт.

Стоимость монтажа – в среднем от 15 до 25 % стоимости кондиционера.

Считаем, что монтаж составляет 20 % стоимости кондиционера – 70 евро за 1 кВт.

Общая стоимость системы кондиционирования – 420 евро за 1 кВт мощности охлаждения. При использовании теплового насоса для системы кондиционирования необходимы воздухоохладитель (теплообменник), вентиляторы и воздуховоды (т. к. температура теплоносителя от земляного коллектора постоянна и составляет около +8 °С, то для охлаждения воздуха в помещении следует с помощью теплообменника всего лишь передать ему эту температуру).

Средняя стоимость компонентов данной системы – 100 евро за 1 кВт мощности охлаждения.

#### **Обустройство котельной.**

Согласно СНБ 4.03.01-98, газоснабжение, установку газового отопительного оборудования следует предусматривать в обособленных нежилых, встроенных или пристроенных к жилым зданиям помещениях.

В стоимость обустройства котельной входит: стоимость наружной двери, оконного проема, системы вентиляции, огнестойких перегородок, устройства

дымохода.

Стоимость устройства дымохода составляет около 100 евро/м п.

В 2-этажном здании средняя высота дымохода – около 10 м. В среднем стоимость обустройства котельной – около 1500 евро.

#### **Подключение газа.**

Стоимость получения технических условий и проекта газификации принимаем равной 500 евро.

Стоимость врезки составляет в среднем 1000 евро.

Стоимость подвода газопровода – 10...25 евро за 1 м п. с учетом стоимости материалов и работ.

В среднем была взята стоимость в 15 евро/м п.

В итоге подключение газа стоит около 3000 евро.

#### **Сервисное обслуживание.**

Сервисное обслуживание газового оборудования составляет в среднем от 200 до 500 евро в год (зависит от типа оборудования, сервисной организации, возраста оборудования и др. факторов). В расчетах было принято 300 евро.

Сервисное обслуживание кондиционера включает в себя:

– чистку фильтров 1 раз в 2 месяца – около 10 евро за чистку одного кондиционера (60 евро в год на один кондиционер);

– 1 раз в 2 года дозаправку фреоном – 50...60 евро за 1 сплит-систему (25 евро в год на один кондиционер).

Итого расходы на обслуживание кондиционеров в среднем составят:

$$\frac{85 \text{ евро}}{\text{количество кондиционеров в год}}$$

Чистку дымохода рекомендуют проводить 2 раза в год перед отопительным сезоном и после него.

Стоимость данных работ – от 60 до 120 евро, в среднем 90 евро.

Итого в год – 450 евро.

Стоит также отметить, что срок службы газового оборудования составляет 10...12 лет, а теплового насоса – более 20, т. е. через 10 лет использования газового оборудования его необходимо будет менять, затрачивая на это дополнительные средства.

#### **Тарифы на газ и электроэнергию.**

Стоимость газа для предприятий в 2013 г. – около 160 евро за 1000 м<sup>3</sup>.

По данным «Газпрома» тарифы на газ будут повышаться в среднем не менее чем на 30 % в год, соответственно, для расчета было заложено ежегодное повышение стоимости газа на 30 %.

Стоимость электроэнергии для предприятий согласно – 0,05 евро за 1 кВт·ч.

По прогнозам, повышение тарифов на электроэнергию составит не около 12,5 % в год, соответственно, для расчета было заложено ежегодное повышение стоимости электроэнергии на 12,5 % в год.

Расчет затрат на устройство инженерных систем представлен на рис. 1; график затрат по годам – на рис. 2.

#### **Выводы**

1. На сегодняшний день для решения проблем энергосбережения тепловые насосы являются наиболее перспективными среди источников нетрадиционной энергетики благодаря возможности использования возобновляемой энергии из окружающей среды.

2. Конкурентоспособность тепловых насосов зависит от большого числа факторов термодинамического, конструктивного, экономического характера, от функционального назначения насосов и экологического воздействия на окружающую среду и пр.

3. Нетрадиционное теплоснабжение имеет все шансы стать традиционным и конкурировать с самыми популярными на сегодняшний день автономными системами.

Отапливаемая площадь, м		300		
Стоимость теплового насоса, евро		14391		
Параметры климатического оборудования				
Тепловая мощность системы отопления и ГВС, кВт		22,14		
Холодопроизводительность системы охлаждения, кВт		23,625		
Параметры энергопотребления				
Потребление газа, м <sup>3</sup> /г.	8994,375	–	–	
Потребление электроэнергии, кВт/г.	7875	17988,75	74584,22	
Первичные затраты				
Газовый котёл	1062,72	–	–	
Тепловой насос	–	14391	–	
Электрический котел	–	–	664,2	
Кондиционирование	9922,5	2362,5	9922,5	
Устройство котельной	1500	–	–	
Подключение газа	3000	–	–	
Всего	13985,22	16753,50	10586,70	
Ежегодные затраты на обслуживание				
Газовый котёл	300	–	–	
Кондиционирование	450	–	450	
Дымоход	120	–	–	
Итого	870	–	450	
Ежегодные расходы на энергоносители				
Год	Газовый котёл		Тепловой насос	Электродкотел
	Электро-энергия	Газ	Электроэнергия	Электроэнергия
2013	393,8	1439,1	899,4	3729,2
2014	492,2	1870,8	1124,3	4661,5
2015	615,2	2432,1	1405,4	5826,9
2016	769,0	3161,7	1756,7	7283,6
2017	961,3	4110,2	2195,9	9104,5
2018	1201,6	5343,3	2744,9	11380,6
2019	1502,0	6946,3	3431,1	14225,8
2020	1877,5	9030,1	4288,9	17782,3
2021	2346,9	11739,2	5361,1	22227,8
Итого затрат по годам				
	Газовый котёл		Тепловой насос	Электродкотел
2013	16688,1		17652,9	14765,9
2014	17218,2		17877,8	15698,2
2015	17902,5		18158,9	16863,6
2016	18786,0		18510,2	18320,3
2017	19926,7		18949,4	20141,2
2018	21400,1		19498,4	22417,3
2019	23303,5		20184,6	25262,5
2020	25762,9		21042,4	28819,0
2021	28941,3		22114,6	33264,5

Рис. 1. Расчет затрат на устройство инженерных систем

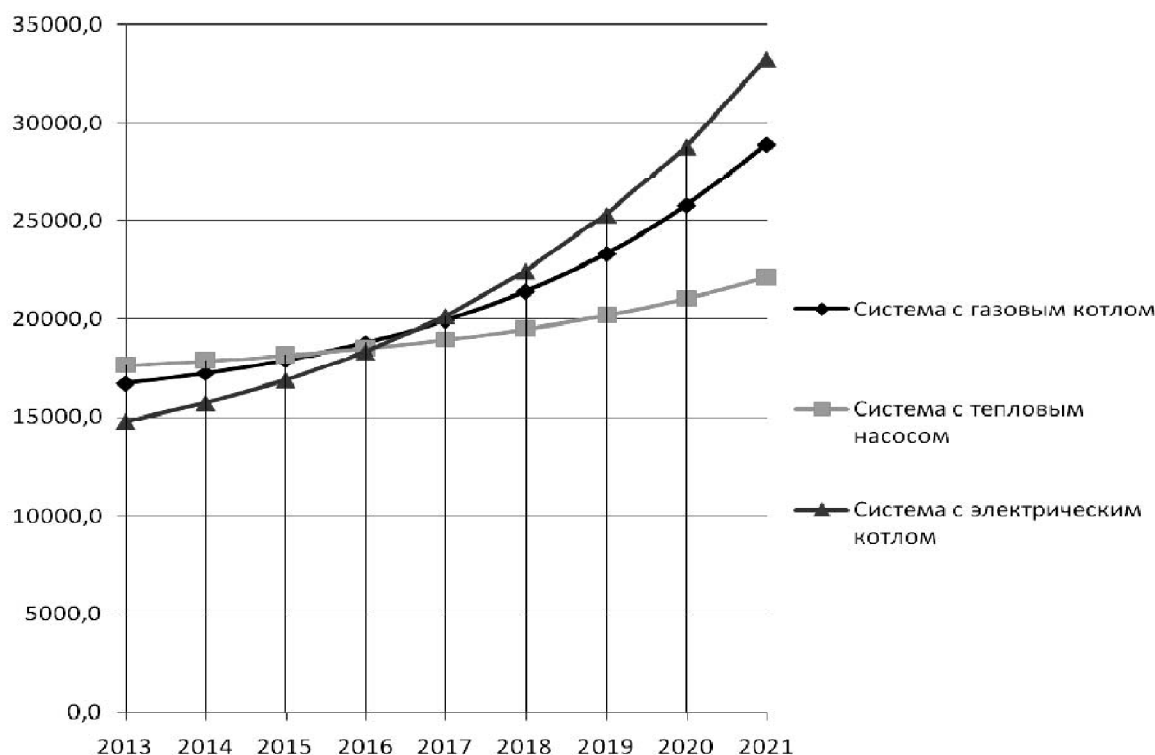


Рис. 2. График затрат по годам

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стребков, Д. С.** Современные энергосберегающие тепловые технологии в сельском хозяйстве / Д. С. Стребков, А. В. Тихомиров, С. А. Растимешин // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск : БГАТУ, 2011. С. 6-8.
2. **Васильев, Г. П.** Теплоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли : монография / Г. П. Васильев – М. : Граница, 2006. – 176 с. : ил.
3. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. – М. : Москомархитектура. НИИЦ, 2001.

*Статья сдана в редакцию 22 марта 2013 года*

**Елена Владимировна Горбенкова**, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-293-59-27-29. E-mail: gorbenkova@yandex.ru.

**Сергей Викторович Горбенков**, менеджер, ЧУП «СтройВЕСТстиль». E-mail: gorbenkow@yandex.ru.

**Елена Евгеньевна Корбут**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-297-49-91-28. E-mail: korbutee@mail.ru.

**Elena Vladimirovna Gorbenkova**, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-293-59-27-29. E-mail: gorbenkova@yandex.ru.

**Sergey Viktorovich Gorbenkov**, manager, «StroiWeststil» Private Unitary Enterprise. E-mail: gorbenkow@yandex.ru.

**Elena Yevgenyevna Korbut**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-49-91-28. E-mail: korbutee@mail.ru.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.