

УДК 620.92:662.997

## Оценка эколого-экономической эффективности применения альтернативных методов теплоснабжения на предприятии по производству соковой продукции

Канд. техн. наук, доц. **Дидиков А.Е.** didikov@yandex.ru

**Алексеева М.Е.** marych93@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Нетрадиционные источники энергии в последнее время становятся одними из перспективных направлений в удовлетворении энергетических потребностей человека. Потребление первичных энергоресурсов в мире по прогнозам к 2030 г. увеличится на 36%. При этом доля возобновляемых источников энергии в мировом энергобалансе достигнет 10%, а в России не более 3%. Данный показатель является стимулирующим для науки с целью поиска возможностей внедрения возобновляемых источников энергии. Необходимо совершенствовать технику и технологии, разрабатывать необходимые конструкционные материалы. В данной статье исследована возможность применения тепловых насосов в системах теплоснабжения на предприятии ЗАО «Мултон», специализирующемся на выпуске соковой продукции, с целью снижения энергоресурсопотребления и повышения эколого-экономической эффективности предприятия. Осуществление предложенного мероприятия позволит снизить негативное воздействие предприятия на окружающую среду, обеспечить постоянное снижение затрат на энергетические ресурсы, снизить энергоемкость продукции. Актуальность вопроса заключается в решении экономических и экологических проблем: снижение выбросов CO<sub>2</sub>, являющихся причиной парникового эффекта, переход на альтернативные источники энергии. Приведен технический расчет мероприятия, выполнена оценка эколого-экономической эффективности, а также расчет квот от выбросов парниковых газов.*

**Ключевые слова:** тепловой насос, теплоснабжение, энергоресурсосбережение, энергоэффективность, расчет квот, оценка эколого-экономической эффективности.

---

## Evaluation environmental and economic efficiency applications alternative methods of heat on the enterprise manufacturing juice products

Ph.D. **Didikov A.E.** didikov@yandex.ru

**Alekseeva M.E.** marych93@mail.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*Non-conventional energy sources in recent years become one of the promising areas in meeting the energy needs of the person. Primary energy consumption in the world is projected by 2030 to increase by 36%. The share of renewable energy in the global energy mix will reach 10%, while in Russia no more than 3%. This indicator is challenging for science to find opportunities for introducing renewable energy. It is necessary to improve the technique and technology, develop the necessary construction materials. In this paper, the possibility of using heat pumps in heating systems in the enterprise CJSC «Mul-ton», specializing in the production of juice products, in order to reduce energy and resource consumption and improve environmental and economic efficiency of the enterprise. Implementation of the proposed measures will reduce the adverse impact on the environment, to ensure a steady decline in the cost of energy resources, reduce energy production. The urgency of the issue is to address the economic and environmental problems: reduction of CO<sub>2</sub> emissions that cause the greenhouse effect, the transition to alternative energy sources.*

*The technical calculation of the event, estimated environmental and economic efficiency, as well as the calculation of quotas on greenhouse gas emissions.*

**Keywords:** heat pump, heating, energy and resource saving, energy efficiency, the calculation of quotas, assessment of environmental and economic efficiency.

На предприятиях пищевой промышленности, к которым относится рассматриваемая компания ЗАО «Мултон», поиск возможностей энергоресурсосбережения является актуальным вопросом, который был подтвержден при выявлении наиболее значимых экологических проблем с помощью методики «Анализ горячих точек», разработанной специалистами Института Вупперталя, Германия [7]. В результате анализа было выяснено, что на стадии производства сока наиболее значимым экологическим воздействием является потребление энергии, что подтверждается данными предприятия. Для решения данной проблемы предлагается исследовать возможность использования альтернативных источников энергии в составе проекта «Установка теплового насоса».

Тепловой насос – машина, переносящая теплоту с более низкого на более высокий температурный уровень, затрачивающая при этом меньшее количество энергии, чем переносимая тепловая энергия. Он способен во многих случаях обеспечивать экономию топлива и уменьшать тепловое загрязнение окружающей среды. С помощью ТНУ природную теплоту и тепловые отходы можно использовать для различных целей теплоснабжения [6].

Термодинамически тепловой насос аналогичен холодильной машине. Однако, если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель — теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии [2].

Существует большое разнообразие типов ТНУ, которые могут быть классифицированы по различным признакам:

- По принципу действия: парокомпрессионные, абсорбционные, термоэлектрические;
- По схеме применения: ТНУ в чистом виде либо в комбинации с дополнительным источником теплоты;
- По используемому источнику низкопотенциальной теплоты: наружный воздух, поверхностные или подземные воды, грунт, тепловые отходы;
- По сочетанию сред источника низкопотенциальной теплоты и нагреваемой: воздух-воздух, воздух-вода, вода-воздух, вода-вода, грунт-воздух;

- По источнику затрачиваемой энергии: электричество, органическое топливо, солнечная энергия, тепловые отходы производства;

- По типу привода компрессора: электродвигатель, ДВС, турбина [3].

Наибольшее применение ТНУ нашли в следующих областях: теплоснабжение (централизованное и децентрализованное) жилых, административных и производственных объектов; обеспечение теплотой нужных параметров некоторых технологических процессов (сушка, дистилляция, тепловая обработка); теплохладоснабжение сельскохозяйственных объектов (молочно-товарные фермы, фрукто- и овощехранилища) [9].

Теплопроизводительность ТНУ может составлять от нескольких сотен ватт до 100 МВт в одном агрегате.

В мире ТНУ применяются широко. В США эксплуатируется около 7 млн. ТНУ, половина из которых составляет ТНУ для коттеджей тепловой мощностью 3-30 кВт. В Германии имеется около 300 тыс. ТНУ, в т.ч. около 500 ТНУ большой мощности, десятки ТНУ по 500 кВт с приводом от газовых ДВС для теплиц. Для Швеции (около 150 тыс. ТНУ) характерно применение крупных ТНУ, эксплуатируется около 50 ТНУ по 20-90 МВт [8].

Применение ТНУ, даже при современном уровне оборудования, выпускаемого отечественными заводами, позволяет использовать их для отопительных нужд.

Внутренний контур тепловых насосов состоит из следующих компонентов:

- Конденсатор;
- Капилляр;
- Испаритель;
- Компрессор, работающий от электрической сети.

Помимо этого, во внутреннем контуре теплового насоса есть:

- Терморегулятор, который управляет устройством;
- Хладагент, циркулирующий в системе с определёнными физическими свойствами и характеристиками.

Хладагент под высоким давлением через капиллярное отверстие попадает в испаритель, где за счёт резкого уменьшения давления происходит процесс испарения. При этом хладагент отбирает тепло у внутренних стенок испарителя, а испаритель в свою очередь отнимает тепло у земляного или водяного контура, за счёт чего он постоянно охлаждается. Компрессор вбирает хладагент из испарителя, сжимает его, за счёт чего температура хладагента резко

повышается и выталкивается в конденсатор. Кроме этого, в конденсаторе, нагретый в результате сжатия хладагент отдает тепло (температура порядка 85-125°C) отопительному контуру и переходит в жидкое состояние. Процесс повторяется постоянно. Когда температура достигает необходимого уровня, электрическая цепь разрывается терморегулятором и тепловой насос перестает работать. Когда температура в отопительном контуре падает, терморегулятор вновь запускает тепловой насос. Таким образом хладагент в тепловом насосе совершает обратный цикл Карно.

Тепловые насосы перекачивают рассеянную тепловую энергию земли, воды или даже воздуха в относительно высокопотенциальное тепло для отопления объекта. Тепловые насосы способны не только отапливать помещения, но и обеспечивать горячее водоснабжение, а также осуществлять кондиционирование воздуха. Но при этом в тепловых насосах должен быть реверсивный клапан, именно он позволяет тепловому насосу работать в обратном режиме [10].



**Рис. 1. Принцип действия теплового насоса**

*Преимущества тепловых насосов:*

1. экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2-0,35 кВт·ч электроэнергии;

2. повсеместность применения;

3. экологичность: агрегат не сжигает топливо, значит, не образуются вредные окислы типа CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>;

4. все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования;

5. возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом: просто вместо радиаторов к внешнему коллектору подключаются фэн-койлы или системы «холодный потолок»;

6. тепловой насос надёжен, его работой управляет автоматика. В процессе эксплуатации система не нуждается в специальном обслуживании, возможные манипуляции не требуют особых навыков и описаны в инструкции;

7. компактен (его модуль по размерам не превышает обычный холодильник) и практически бесшумен [15].

*Недостатки:*

1. высокая стоимость оборудования;

2. срок окупаемости может составлять более 5-7 лет;

3. необходимость использования дополнительного источника тепла на случай низкой эффективности (тепловой насос наиболее эффективно работает при температуре окружающей среды более 4°C) [15].

### Принципиальная схема теплового насоса

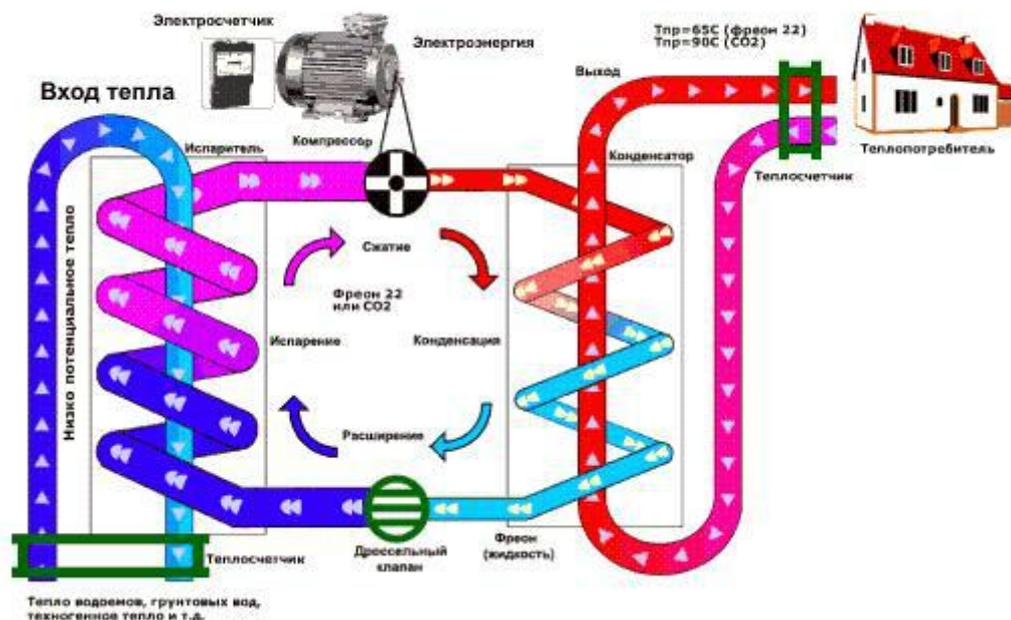


Рис. 2. Принципиальная схема теплового насоса

Для того, чтобы выбрать тепловой насос и провести сравнительный анализ, необходимо определить требуемую мощность насоса.

Для этого проводится предварительный расчет.

Фактические данные предприятия ЗАО «Мултон»:

1. Среднесуточный объем сточных вод  $V=200$  м<sup>3</sup>/сут;
2. Температура сточных вод  $t=+20^{\circ}\text{C}$ ;
3. Температура, требуемая для отопления  $t=+70^{\circ}\text{C}$ ;
4. Производительность котла - 3,2 т пара в час;
5. Режим работы котельной - круглосуточный, 8760 час/год;
6. Мощность отопительной системы, согласно СНиП 2.04.05-91 - 1520 кВт;
7. Расход газа от котельной (пастеризация, отопление, приготовление горячей воды) – 1000000 м<sup>3</sup> (+/- 10%), из них 60% на пар, 40% на отопление (октябрь-май);
8. Цена газа – 5600 руб/1000 м<sup>3</sup>;
9. Площади зданий предприятия: здание 1 (корпус 1) – 5000 м<sup>2</sup>, здание 2 (корпус 3) – 10200 м<sup>2</sup>.

Определим количество тепла, которое возможно получить от сточных вод:

$$Q_{CB} = c \cdot m \cdot (T_k - T_n) = c \cdot \rho \cdot V \cdot (T_k - T_n) = 4,187 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot (293,15 - 277,15) = 13398400 \text{ кДж/сут} = 155 \text{ кВт}$$

где  $c$  – теплоемкость воды = 4,187 кДж/кг·К;  
 $\rho$  - плотность воды = 1000 кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – среднесуточный объем сточных вод = 200 м<sup>3</sup>/сут;  
 $T_k - T_n$  – потенциал температуры воды, которая проходит через охладитель =  $(20^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}) = (293,15 \text{ K} - 277,15 \text{ K}) = 16 \text{ K}$

Далее, тепловой насос поднимает температуру с 16 °С до 70 °С, требуемых для отопления.

В этом случае количество получаемого тепла будет иметь следующее значение:

$$Q_{CB} = c \cdot m \cdot (T_k - T_n) = c \cdot \rho \cdot V \cdot (T_k - T_n) = 4,187 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot (343,15 - 289,15) = 45219600 \text{ кДж/сут} = 523,375 \text{ кВт}$$

По данным [1], для отопления здания требуется 1 кВт тепла на каждые 10 м<sup>2</sup> площади.

Таким образом, для отопления здания 1 (корпус 1) потребуется

$$Q_1 = Q_{CB} \cdot S_1 = 0,1 \cdot 5000 = 500 \text{ кВт тепловой мощности};$$

для отопления здания 2 (корпус 3)

$$Q_2 = Q_{CB} \cdot S_2 = 0,1 \cdot 10200 = 1020 \text{ кВт}.$$

Полученные данные означают, что при помощи теплового насоса возможно перевести на отопление здание 1 (корпус 1) полностью, для чего потребуется тепловой насос мощностью 500 кВт. Предлагается установить два тепловых насоса мощностью 250 кВт каждый.

Тепловые насосы производят в Германии, России, Китае, США, Австрии, Японии, Финляндии и пр. Основные европейские производители тепловых насосов включают в себя Stiebel Eltron, Dimplex, Nibe, Alpha-Inno Tec, AJ Tech, CIAT, Technibel, Atlantic, Airwell, Buderus (Bosch), Junkers (Bosch), Vaillant, Viessmann, Weishaupt, Wolf, Baxi, De Dietrich, Ferroli и Clivet. В России это – Henk, Экотепло, Корса, Brosk, Termonasos [4].

Для проведения сравнительного анализа оборудования и дальнейших расчетов были выбраны следующие производители:

1. Компания «Термодинамика» (Тепловой насос КР-250) [11]

Полупромышленный тепловой насос «вода/вода» - геотермальный, для нужд тепло-, холодоснабжения и ГВС. Комплектуется двумя теплообменниками, спиральными или винтовыми компрессорами, системой автоматики, контроля и управления.



**ТЕРМОДИНАМИКА**

**Рис. 3. Тепловой насос КР-250**

2. Компания «Termonasos» (Тепловой насос CW-230) [12]

Тепловой насос «вода-вода», модель CW-230: 280,9 кВт нагрев, 230 кВт охлаждение, с функцией реверса.



**Рис. 4. Тепловой насос CW-230**

3. Компания «Waterkotte» (Тепловой насос Waterkotte DS 6500 6271.3) [13]

Компактный модуль теплового насоса DS 6500 с открытой конструкцией и винтовым компрессором. Является полноценным функциональным блоком для теплонасосного отопления. Функции: Система водяного отопления, управление и электрическая регулировка в дополнение к устанавливаемой в качестве опции системе приготовления горячей воды.



**Рис. 5. Тепловой насос Waterkotte DS 6500**

Для выбора оптимального насоса проводится описательный (см. табл. 1) и сравнительный анализ (см. табл. 2).

Таблица 1

**Описание тепловых насосов**

Характеристики	Тепловой насос КР-250	Тепловой насос CW-230	Тепловой насос Waterkotte DS 6500 6271.3
<b>Мощность, кВт</b>	<b>250</b>	<b>230</b>	<b>250-275</b>
Номинальный нагрев	272 кВт Потр. мощность обогр., кВт -54	Нагревательная способность, кВт - 280,9 Входная мощность, кВт - 61,4 Входной ток, А - 107,4 Показатель работоспособности, кВт/кВт - 4,6	270,8 Потр. мощность обогр., кВт -52,5
Номинальное охлаждение	256 кВт Потр. мощность охл., кВт - 52	Номинальная способность охлаждения, кВт - 230 Номинальная входная мощность, кВт - 45,0 Номинальная входная сила тока, А - 93,8 Коэффициент энергоэффективности, кВт/кВт - 5,1	270,8 Потр. мощность охл., кВт -52,5
Источник питания	380/3/50	380В/50Гц	1х230 В переменного тока, 5 А.
Уровень шума, дБ(А)	67	75	43
Размеры	Ширина, мм - 2700 Толщина, мм - 1000 Высота, мм - 1600	Ширина, мм – 2700 Толщина, мм - 250 Высота, мм - 1550	Ширина, мм – 2300 Толщина, мм – 930 Высота, мм - 1815
Вес, кг	2100	1380	2360
Страна-производитель	Китай	Россия, г. Москва	Германия
Цена, руб.	3032750	3244643	3996429
Дополнительные характеристики	Расход воды: Испаритель, м <sup>3</sup> /ч - 40,5 Конденсатор, м <sup>3</sup> /ч - 48,6	Контроллер: тип: Цветной ЖК с подсветкой, можно подсоединить кнопочную панель и дистанционный ИК-пульт; основные функции: Управление режимами работы, независимая установка рабочих температур, информационное табло, установка таймера запуска и остановки, функция блокировки кнопок, выбор подсветки разных цветов, и т.д. Тип дросселя: Внешний стабилизирующий тепловой расширительный клапан. Хладагент: R417A/ R407C/R410A. Компрессор: Copeland, Sanyo (3 шт.) Теплообменник в контуре источника воды: Тип - Эффективный теплообменник труба в трубе; расход воды, м <sup>3</sup> /ч - 21,5; давление выброса воды,кПа - 30-70; диаметр трубы, мм – 100; максимальное рабочее давление в контуре воды, кПа – 1000. Теплообменник в контуре охлаждения воды: Тип - Эффективный теплообменник труба в трубе; расход воды, м <sup>3</sup> /ч - 39,55; давление выброса воды, кПа - 30-70; размер трубы, мм – 100; максимальное рабочее давление в контуре воды, кПа – 1000. Система охлаждения: Защита от перегрева, защита от высокого давления, защита от низкого давления, сенсорная защита от сбоев; Защита от задержки пуска компрессора, фазовая последовательная защита, защита от дыма и огня. Система источника воды: Защита от температуры воды, защита расхода воды, защита теплообменника от замерзания, защита от низких температур в режиме ожидания, защита от утечек.	Коэффициент полезного действия – 5,1 Течение вод (T = 4K), м <sup>3</sup> /ч – 47,7 Падение давления в испарителе, м вод.ст. - 5.3 Течение вод, минимальное (T = 6K), м <sup>3</sup> /ч - 31.8 Падение давления в конденсаторе, м вод.ст. - 5.3 Компрессор: Тип - Винтовой компрессор.

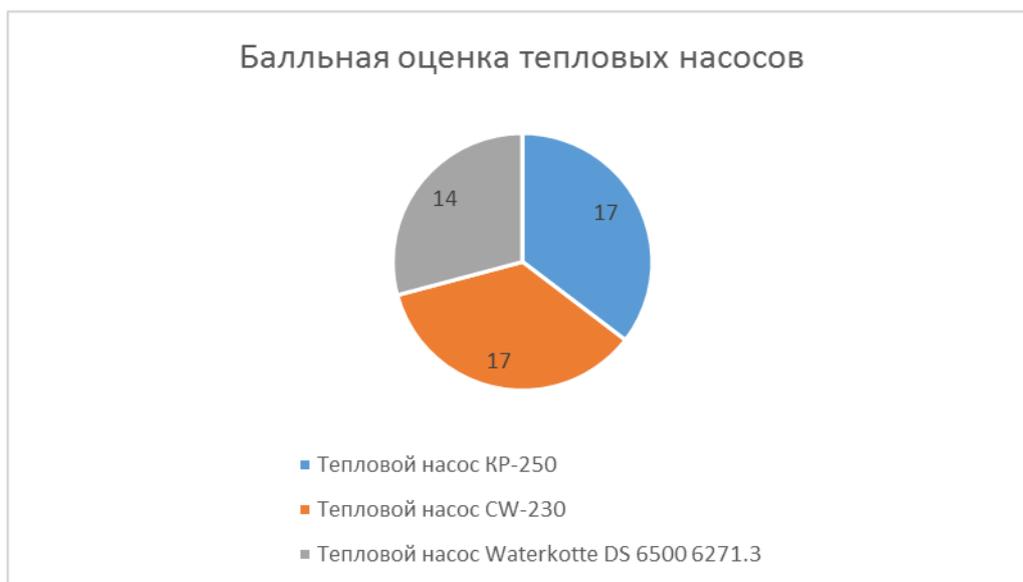
Далее, на основании таблицы 1 проводится сравнительный анализ тепловых насосов для выбора наиболее оптимального производителя. Для этого принимается следующее балльное соответствие: 3 балла-наилучший показатель, 1 балл-наихудший

показатель. В конце находится сумма набранных баллов и по итогу выбирается тот производитель, продукция которого получила наибольшее количество баллов.

Таблица 2

**Сравнительный анализ тепловых насосов**

Марка Параметры	Тепловой насос КР-250	Тепловой насос CW-230	Тепловой насос Waterkotte DS 6500 6271.3
Мощность (обогрев)	2	3	1
Мощность (охлаждение)	2	1	3
Уровень шума	2	1	3
Габариты, мм	3	2	1
Вес	3	2	1
Страна-производитель	1	3	2
Цена	3	2	1
Дополнительные характеристики	1	3	2
<b>ИТОГО:</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	14



**Рис. 6. Сравнительный анализ тепловых насосов**

При условии совпадения баллов для двух типов оборудования, делаем выбор в пользу российского производства с учётом импортозамещения. Таким образом, выбираем 2 тепловых насоса CW-230.

**Оценка эколого-экономической эффективности мероприятия**

Электрическая мощность теплового насоса составляет 30 % от тепловой мощности,

соответственно годовая плата за электроэнергию составит:

$$Q_{\text{электрич}} = 250 \cdot 0,3 = 75 \text{ кВт} \cdot 2 = 150 \text{ кВт} \cdot 4,5 \cdot 365 \cdot 24 = 5913 \text{ тыс.руб./год}$$

Далее вычисляется сумма инвестиций. Общая стоимость оборудования составит 6489,286 тыс.руб.

Таблица 3

**Определение суммы инвестиций I<sub>0</sub>**

№ п/п	Наименование статьи затрат	Стоимость, тыс. руб.	Примечание (% от стоимости оборудования)
1	Покупка оборудования	6489,286	
2	Планирование и проектирование	129,78572	2 %
3	Подготовка территории	194,67858	3 %
4	Монтаж и наладка	194,67858	3 %
5	Доставка, транспортировка	32,44643	0,5 %
6	Плата за электроэнергию	5913,0	
<b>ИТОГО:</b>		<b>12953,5</b>	

Эксплуатационные затраты:

$$I_0 \cdot 0,1 = 7287,3 \cdot 0,01 = 72,873 \text{ тыс.руб.}$$

Рассчитывается экономия природного газа: при общей мощности отопительной системы в 1520 кВт, экономия составит 500 кВт, что по природному газу составляет:

$$X = \frac{1000000 \cdot 500}{1520} = 328947,368 \text{ м}^3$$

Затраты предприятия на природный газ при цене 5600 руб. за 1000 м<sup>3</sup> газа:

$$P_{\text{газ}} = \frac{1000000 \cdot 5600}{1000} = 5600 \text{ тыс. руб.}$$

Экономия денежных средств составит:

$$\frac{328947,368 \cdot 5600}{1000} = 1842,1 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу «Экономическая оценка».

Таблица 4

**Экономическая оценка**

Мероприятие	Текущая ситуация		После мероприятия		Экономия	
	Количество, м <sup>3</sup> /год	Тыс. руб./год	Количество, м <sup>3</sup> /год	Тыс. руб./год	Количество, м <sup>3</sup> /год	Тыс. руб./год
Сокращение потребления природного газа	1000000	5600	671052,632	3757,9	328947,368	1842,1
Эксплуатационные затраты						-72,873
<b>Итого:</b>	<b>чистая годовая экономия:</b>					<b>1769,2</b>

Период окупаемости проекта РВ, лет:

$$РВ = I_0 / В = 12953,5 / 1769,2 = 7,3 \text{ года}$$

где I<sub>0</sub> – инвестиционные затраты, тыс. руб.; В – чистая годовая экономия, тыс. руб./год.

**Расчет квот от выбросов парниковых газов**

Основной причиной глобального потепления являются выбросы парниковых газов в атмосферу, таких как СО<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, Н<sub>2</sub>О, NO<sub>x</sub>, ХФУ. Мерой адаптации к изменению климата является предотвращение выбросов парниковых газов за счет повышения энерго- и ресурсосбережения, а также внедрения альтернативных источников энергии.

Для определения величины льгот по кредитным процентам требуется произвести расчет количества выбросов основных парниковых газов по «Международной методике инвентаризации выбросов парниковых газов» [5], а также определить количество квот, исходя из того, что 1 тонна выброса ПГ соответствует одной квоте.

Предприятие получает тепло от котельной, работающей на природном газе. В этом случае выбросы парниковых газов образуются при: сжигании и утечках топлива, а также при промышленных процессах, непосредственно не связанных с добычей и сжиганием топлива.

*Дано:*

Годовой расход природного газа – 1000 тыс. м<sup>3</sup>;  
 Плотность природного газа – 0,75 кг/м<sup>3</sup>;  
 Годовой расход природного газа – 750 т;  
 Суточный расход природного газа – 2,06 т;  
 Часовой расход природного газа – 0,086 т.

*Найти:*

Выбросы основных парниковых газов (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) и их CO<sub>2</sub>-эквиваленты.

*Решение:*

1) Выбросы CO<sub>2</sub> при сжигании природного газа находятся по формуле (2.1) [5]. Коэффициенты в этой формуле находятся по табл. 2.1, 2.2, 2.3:  
 Коэффициент окисления углерода в природном газе – K<sub>1</sub> = 0,995;  
 ТНЗ (теплотворное нетто значение) = 52,2·10<sup>12</sup> Дж/10<sup>3</sup> т;  
 Коэффициент выброса углерода – K<sub>2</sub> = 15,3 т/10<sup>12</sup> Дж.  
 Выделение тепловой энергии при сжигании 1000 т природного газа равно:

$$0,995 \cdot 52,2 \cdot 10^{12} = 51,939 \cdot 10^{12} \text{ Дж.}$$

Выбросы углерода при сжигании 1000 т природного газа равны:

$$15,3 \text{ т} / (10^{12} \text{ Дж}) \cdot 51,939 \cdot 10^{12} \text{ Дж} = 794,7 \text{ т.}$$

Выброс CO<sub>2</sub> при сжигании 1000 т природного газа равен:

$$794,7 \text{ т} \cdot 12/44 = 0,216 \text{ тыс. т.}$$

Выбросы CO<sub>2</sub> за год при сжигании 750 т природного газа округленно равны:

1000 т – 0,216 тыс. т.

750 т – x

$$X = \frac{750 \text{ т} \cdot 0,216 \text{ тыс. т}}{1000 \text{ т}} = 0,162 \text{ тыс. т.}$$

2) Выбросы CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O при сжигании природного газа рассчитываются по формуле (2.2) [5].

Коэффициенты выбросов находятся по табл. 2.4:

$$\text{для CH}_4 - K_3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ т CH}_4 / 10^{12} \text{ Дж};$$

$$\text{для N}_2\text{O} - K_3 = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ т N}_2\text{O} / 10^{12} \text{ Дж.}$$

Годовые выбросы CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O рассчитываются:

$$E_{\text{CH}_4} = 750 \text{ т/год} \cdot 0,995 \cdot 52,2 \cdot 10^{12} \text{ Дж} / 10^3 \text{ т} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ т} / 10^{12} \text{ Дж} = 0,04 \text{ т/год.}$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 750 \text{ т/год} \cdot 0,995 \cdot 52,2 \cdot 10^{12} \text{ Дж} / 10^3 \text{ т} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ т} / 10^{12} \text{ Дж} = 0,004 \text{ т/год.}$$

CO<sub>2</sub> – эквиваленты выбросов CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O рассчитываются путем их умножения на потенциал глобального потепления (GWP), см. табл.1.1 [5]:

$$\text{GWP}_{\text{CH}_4} = 21, \text{ GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 310.$$

Таким образом, CO<sub>2</sub> – эквивалент выбросов:

$$\text{для CH}_4 - E = 0,04 \text{ т} \cdot 21 = 0,00084 \text{ тыс. т CO}_2/\text{год,}$$

$$\text{для N}_2\text{O} - E = 0,004 \text{ т} \cdot 310 = 0,00124 \text{ тыс. т CO}_2/\text{год.}$$

3) Суммарный выброс основных парниковых газов, выраженный в CO<sub>2</sub> эквивалентах, равен:

$$E = 0,162 + 0,00084 + 0,00124 = 0,165 \text{ тыс. т CO}_2/\text{год} = 0,165 \text{ Гг CO}_2/\text{год}$$

(1 гигаграмм=1 тыс. т, см. П2 [5]).

В Европе стоимость 1т CO<sub>2</sub> находится на уровне 40-90 \$ [14].

Таким образом,

$$0,165 \text{ тыс. т CO}_2/\text{год} \cdot 50\$ = 8,204 \text{ тыс. \$-т/г,}$$

что по курсу доллара (на 25.04.2015) 50,8 руб/долл. соответствует 416,7632 тыс.руб.

Исходя из полученных данных, квоту можно зачислить в качестве льготного кредита, т.е. отсутствия платы процентов по кредиту.

### Вывод

Данное мероприятие рекомендуется к внедрению. Проект признан рентабельным. Поскольку рассматриваемый проект направлен на внедрение альтернативного источника энергии, представляет меру адаптации к изменению климата и позволяет получить прибыль при внедрении, за счет которой инвестиции полностью окупаются, то в этом случае

предприятие может претендовать на получение льгот по процентам за кредит на сумму, пропорциональную

количеству квот. Основные показатели рентабельности мероприятия представлены ниже:

Общие инвестиции ( $I_0$ ), тыс.руб.	12953,5
Чистая экономия (В), тыс.руб.	1769,2
Срок окупаемости (РВ), лет	7,3
Квоты ПГ, тыс.руб.	416,763

**Список литературы**

1. СНИП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
2. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв Земли (Монография). Издательский дом «Граница». М., «Красная звезда» — 2006.
3. Васильев Г. П., Хрустачев Л. В., Розин А. Г., Абуев И. М. и др. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Правительство Москвы Москомархитектура, ГУП «НИАЦ», 2001.
4. Зими́на А.С., Кузин Н.Я. Экономия энергоресурсов существующей системы теплоснабжения в России с помощью энергосберегающих технологий // Современные проблемы науки и образования. – ГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», 2014. – № 5
5. Зинченко А.В. «Международная методика инвентаризации выбросов парниковых газов» - справочно-методическое пособие – ПНК «Атмосфера», - Санкт-Петербург, 2003 г.
6. Кондаков А.М. Альтернативные источники энергии – М.: Прива, 2006.
7. Криста Лидтке, Каролин Бедекер, Сандра Кольберг, Микаэль Леттенмайер Разработка методики комплексной оценки устойчивого развития компаний в глобальных продуктовых цепочках по методу анализа горячих точек, Институт Вупперталь, Вупперталь, Германия
8. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2012. – 240 с.
9. Чаховский В.М. Опыт применения энергосберегающей теплонаносной технологии в системе городского теплоснабжения. // РСЭ ИНФОРМ. - 1999. - № 2.
10. <http://atmosystems.ru/how/> - принцип действия теплового насоса
11. <http://www.termocool.ru/products/teplovoj-nasos-geotermalnyj-kr-250-kv> - тепловой насос KR-250
12. <http://www.termonasos.ru/products/cat242/315> - тепловой насос CW-230
13. <http://waterkotte.com.ru/content/zemlyanoy-teplovoy-nasos-waterkotte-ds-6500.html> - тепловой насос Waterkotte DS 6500 6271.3
14. <http://uaenergy.com.ua/post/9780> – стоимость 1т CO2
15. <http://www.vikertherm.ru/teplovoi-nasos#preimusestvo-i-nedostatki-teplovogo-nasosa> – преимущества и недостатки теплового насоса.

16. D. Coulomb. The refrigerant’s future: The phase down of HFCs and its consequences. // Вестник Международной академии холода. 2014. № 1. С. 3-6.

**References**

1. SNiP 2.04.05-91 «Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie»
2. Vasil'ev G. P. Teplohadosnabzhenie zdaniy i sooruzhenij s ispol'zovaniem nizkopotencial'noj teplovoj jenerгии poverhnostnyh slojov Zemli (Monografija). Izdatel'skij dom «Granica». M., «Krasnaja zvezda» — 2006.
3. Vasil'ev G. P., Hrustachev L. V., Rozin A. G., Abuev I. M. i dr. Rukovodstvo po primeneniju teplovyh nasosov s ispol'zovaniem vtorichnyh jenergeticheskikh resursov i netradicionnyh vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии // Pravitel'stvo Moskvy Moskomarhitektura, GUP «NIAC», 2001.
4. Zimina A.S., Kuzin N.Ja. Jekonomija jenergoresursov sushhestvujushhej sistemy teplosnabzhenija v Rossii s pomoshh'ju jenergosberegajushhih tehnologij // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – GBOU VPO «Penzenskij gosudarstvennyj universitet arhitektury i stroitel'stva», 2014. – № 5
5. Zinchenko A.V. «Mezhdunarodnaja metodika inventarizacii vybrosov parnikovyh gazov» - spravочно-metodicheskoe posobie – PНК «Атмосфера», - Санкт-Peterburg, 2003 g.
6. Kondakov A.M. Al'ternativnye istochniki jenerгии – М.: Priva, 2006.
7. Krista Lidtkе, Karolin Bedeker, Sandra Kol'berg, Mikajel' Lettenmajer Razrabotka metodiki kompleksnoj ocenki ustojchivogo razvitija kompanij v global'nyh produktovyh cepochkah po metodu analiza gorjachih toчек, Institut Vuppertalja, Vuppertal', Germanija
8. Sibikin Ju.D. Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenerгии: uchebnoe posobie / Ju.D. Sibikin, M. Ju. Sibikin. – 2-e izd., ster. – М.: KNORUS, 2012. – 240 s.
9. Chahovskij V.M. Opyt primenenija jenergosberegajushhej teplonanosnoj tehnologii v sisteme gorodskogo teplosnabzhenija. // RSJe INFORM. - 1999. - № 2.
10. <http://atmosystems.ru/how/> - princip dejstvija teplovogo nasosa
11. <http://www.termocool.ru/products/teplovoj-nasos-geotermalnyj-kr-250-kv> - teplovoj nasos KR-250
12. <http://www.termonasos.ru/products/cat242/315> - teplovoj nasos CW-230
13. <http://waterkotte.com.ru/content/zemlyanoy-teplovoy-nasos-waterkotte-ds-6500.html> - teplovoj nasos Waterkotte DS 6500 6271.3
14. <http://uaenergy.com.ua/post/9780> – stoimost' 1t SO2
15. <http://www.vikertherm.ru/teplovoi-nasos#preimusestvo-i-nedostatki-teplovogo-nasosa> – preimushhestva i nedostatki teplovogo nasosa.
16. D. Coulomb. The refrigerant’s future: The phase down of HFCs and its consequences. // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2014. № 1. S. 3-6.