

## Эффективная тепловая установка для загородного дома Северо-Западного региона России

### Energy efficiency heating installation of country house in Northern Western region of Russia

**студент Спиридонова Татьяна Игоревна**  
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
+7 (931) 358 8357, spiridonova-mail@yandex.ru  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

**Student Tatiana Igorevna Spiridonova**  
Saint-Petersburg State Polytechnical University  
+7 (931) 358 8357, spiridonova-mail@yandex.ru  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

**Ассистент Курасова Елена Витальевна**  
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
+7 (921) 658 0931; toes@cef.spbstu.ru  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

**Assistant Elena Vitaljevna Kurasova**  
Saint-Petersburg State Polytechnical University  
+7 (921) 658 0931; toes@cef.spbstu.ru  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

**студент Дуванова Ирина Александровна**  
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
+7 (921) 799 6988, duvanova.i@mail.ru  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

**Student Irina Aleksandrovna Duvanova**  
Saint-Petersburg State Polytechnical University  
+7 (921) 799 6988, duvanova.i@mail.ru  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

**студент Вилинская Анна Олеговна**  
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
+7 (904) 646 4712, willi-ann@yandex.ru  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

**Student Anna Olegovna Vilinskaya**  
Saint-Petersburg State Polytechnical University  
+7 (904) 646 4712, willi-ann@yandex.ru  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

**Ключевые слова:** инвестиции, энергосбережение, тепловые установки, бойлер, тепловой насос.

В статье поставлена задача – подобрать отопительную установку для загородного дома (площадью 200 кв. м) Северо-Западного региона, работающую на экологически чистом топливе и оптимальную по цене.

Для этого были рассмотрены две отопительные установки – тепловой насос и пеллетный комбо-котел. Оба устройства обладают рядом относительно схожих характеристик – долговечность около 20 лет, возможность установки в жилом доме, экологически чистое биотопливо и др.

В результате работы, авторы пришли к выводу, что выгоднее и по климатическим соображениям, и по оценке стартовых и эксплуатационных затрат предпочесть тепловому насосу пеллетный котел.

**Key words:** investment, energy efficiency, thermal systems, boiler, heat pump.

The task of choice a heating installation on environmentally friendly fuel and optimum for the price for a country house of the North Western region of 200 sq.m. was set in article.

The thermal pump and the pellet boiler were considered for this purpose.

Both devices possess a number of rather similar advantages, which are durability more than 20 years, possibility of installation in a house, environmentally friendly fuel, etc. In conclusion authors decided that it is more favorable and for climatic reasons and according to starting and operational expenses to prefer to the thermal pump a pellet copper.

## 1. Введение

Отопительная система создается для помещений с целью поддержания теплового комфорта жилья. От выбора отопительной системы зависит ряд факторов, таких как экологическая безопасность, эксплуатационная безопасность, эксплуатационные расходы, удобство в эксплуатации и при ремонте. Особо важные функции системы отопления – поддержание расчетных температур отапливаемых помещений в течение всего отопительного периода и обеспечение достаточного запаса горячей воды.

Проектированию отопительной системы в загородных жилых домах следует уделить особое значение, так как в этих домах возможны отличные от типовых городских конструктивные особенности зданий и ограниченность в выборе источника энергии. Здесь важно сосредоточиться на одной установке, которая будет осуществлять комплекс действий, таких как отопление и нагрев воды для повседневных нужд.

Мы уверены, что при грамотном подборе отопительной установки можно найти подходящую и соответствующую предъявляемым к ней требованиям.

## 2. Обзор литературы

На сегодняшний день созданием отопительных установок, новых на строительном рынке, занимается ряд строительных компаний [9, 20]. Тем не менее, базовые основы подбора систем отопления для малоэтажных жилых зданий по-прежнему являются актуальными [1-8, 27]. Особым разделом - энергоэффективность отопительных установок – занимаются [10-20, 22-26]. Условия экономической эффективности рассмотрены в трудах [4, 7, 8, 17, 19, 28].

## 3. Цель исследования

Целью исследования является подбор оптимальной (экономически целесообразной и энергетически выгодной) отопительной установки для загородного жилого дома площадью 200 кв. м.

## 4. Виды отопительных установок

Для загородного жилого дома рассматриваются два вида отопительных установок, совмещающих отопительную функцию и подготовку горячей бытовой воды – тепловой насос и пеллетный котел. Для сравнения будут использоваться относительно новые на строительном рынке тепловой насос L-030-WLC и пеллетный котел Jaspri Tehnowatti 20 компании KAUKORA OY.

### 4.1. Тепловой насос –

устройство, осуществляющее нагрев воды в системе водоснабжения, а также теплоносителя в системе отопления за счет преобразования энергии, полученной за счет окружающей среды.

Принцип работы теплового насоса заключается в следующем:

1. На теплообменник (испаритель) подается наружный воздух (вода).
2. Циркулирующая рабочая среда – хладагент – вещество, передающее мощность с одного температурного уровня на другой. Это вещество забирает от источника тепла необходимое

тепло для испарения. Далее, оно переходит из жидкого состояния в газообразное, в то время как источник охлаждается на несколько градусов.

3. В компрессоре – устройстве для сжатия и подачи воздуха под давлением, происходит всасывание и сжатие рабочей среды, что обуславливает подъем рабочей среды до более высокой температуры. На этом этапе необходимо использование электроэнергии.
4. Энергия вместе с хладагентом отправляется в конденсатор – теплообменник между тепловым насосом и аккумулятором, передающей тепло от хладагента воде, находящейся в контуре отопления, а также горячему водоснабжению.
5. Затем вступает в процесс клапанная группа, за счет расширения которой имеющееся «чрезмерное» остаточное давление снижается. Здесь цикл работы теплового насоса вновь начинается.



Рисунок 1. Принцип работы теплового насоса [20].

*Достоинства тепловых насосов:*

1. Заявленная многими производителями экономическая эффективность. Действительно, на первый взгляд, стоимость 1 киловатт-часа тепловой энергии, получаемая при использовании теплового насоса самая низкая, и варьируется от 0,45 до 0,80 руб. Для сравнения возможные цены представлены на рисунке 2.

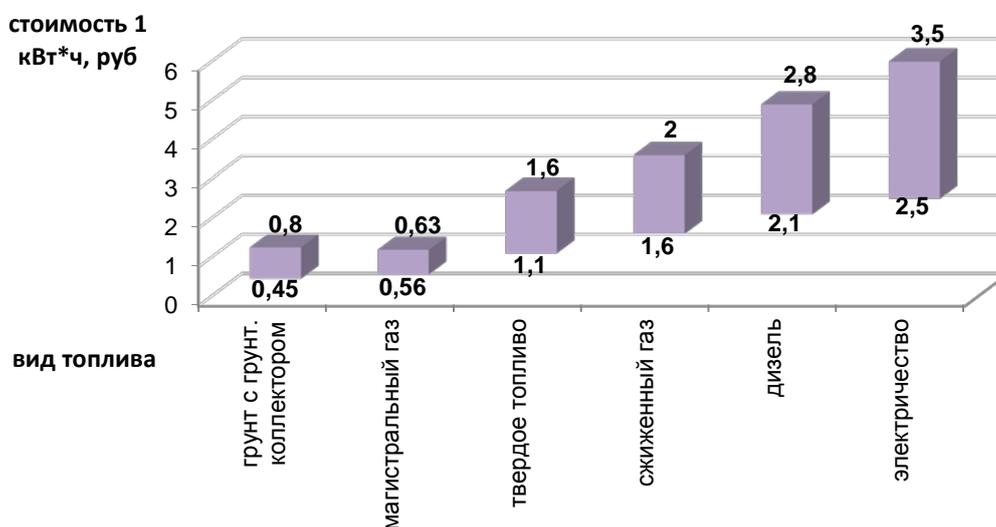


Рисунок 2. Стоимость 1 кВт\*ч по данным [18]

2. Автоматическая эксплуатация, не требующая использования человеческих ресурсов в процессе работы.
3. Не наносит вреда окружающей среде, так как в основном используются природные ресурсы.

*Недостатки тепловых насосов:*

1. Высокие затраты на установку. В статье речь идет о насосе с источником тепла – грунт. Известно, что геологические изыскания не дешевое удовольствие для российских потребителей. Стоимость бурения одной скважины в Санкт-Петербурге варьируется от 70 000 рублей до 350 000 рублей в зависимости от глубины и природных условий (вид грунта и др.). К геологическим изысканиям добавляются затраты на установку самого насоса.

2. Тепловой насос не автономный. Имеется зависимость от электрической энергии (см. выше 3 этап принципа работы теплового насоса).

3. Возможность нерентабельной работы.

Считается, что тепловые насосы хороши не для всех территорий. Существует интегральная характеристика  $D_d$ , которая зависит от климатических условий.

Использование грунтовых теплонасосных установок в северо-западном регионе России проходит в геолого – климатических условиях, существенно отличающихся от среднеевропейских: ниже температуры грунта (например, до глубины 10 м,  $4\div 7^\circ\text{C}$  вместо  $10\div 15^\circ\text{C}$ ), в 1,5÷2,0 раза больше интегральные характеристики отопительного периода. Интегральные характеристики принято использовать для совокупной оценки местных климатических особенностей, влияющих на результирующее годовое теплотребление отапливаемых объектов. Такие характеристики в графической интерпретации представляют собой площади, заключенные между прямыми нормативной температуры внутреннего воздуха отапливаемых помещений, и ломаными линиями изменения среднемесячной температуры наружного воздуха в данной местности [21].

Количественно интегральные характеристики отопительного периода оцениваются суммой среднесуточных разностей температур внутреннего и наружного воздуха за отопительный период, измеряются в градусосутках, обозначаются символом  $D_d'$  °C·сут. и рассчитываются по формуле:

$$D_d = (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) * T_{\text{от}} \quad (1)$$

где  $t_{\text{вн}}$  и  $t_{\text{нар}}$  – средние за отопительный период температуры внутреннего и наружного воздуха, °C;  $T_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода, сут. [21]

По этим характеристикам можно судить о производительности теплового насоса: чем больше число  $D_d$  у рассматриваемой территории, тем менее выгодно устанавливать там тепловой насос в связи с понижением его производительности. Например, для Дании  $D_d$  составляет 2779°С.сут., для Германии 3163°С.сут., для Норвегии 3600 °С.сут, для России 5000°С.сут. [21]

Продолжительность отопительного периода согласно для г. Санкт-Петербурга составляет 220 суток,  $t_{\text{вн}}$  находится в интервале 20-22°С (ГОСТ 30494-96), и  $t_{\text{нар}}$  -1,8°С. Значения выбраны для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С, в соответствии со СНиП 23-01.

Таким образом, для г. Санкт-Петербурга можно рассчитать значение  $D_d'$ :

$$D_d' = (22 - (-1,8)) * 220 = 5236^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$$

Следовательно, есть вероятность, что для жилых домов Дании и Германии установка теплового насоса будет более рентабельной, чем для домов России (г. Санкт-Петербург).

#### **4.2. Пеллетный котел**

Пеллетный котел - устройство, осуществляющее нагрев воды в системе водоснабжения с помощью змеевика ГВС (горячего водоснабжения) и отопление помещений посредством радиаторов и/или нагрева полов за счет энергии сгорания древесных топливных гранул (пеллетов)

Существует несколько типов пеллетных котлов. В данной статье будет рассмотрен комбо-котел Jaspi Pelletti 20.

Пеллетный гранулы считаются возобновляемым биотопливом, спрессованные на специальном прессе (грануляторе) из отходов деревообрабатывающего производства, а именно опилок и стружки.

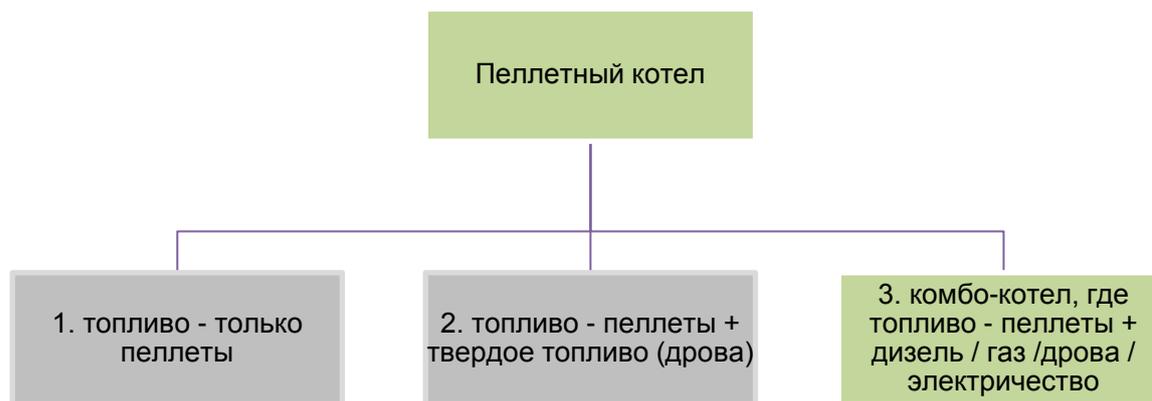


Рисунок 3. Типы пеллетных котлов в зависимости от используемого топлива

Принцип работы пеллетного котла достаточно прост и понятен: [9] (рисунок 4)

1. Для начала работы устройства необходим сам котел с горелкой и шнек подачи в бак, объединенные цельной конструкцией из стали.
2. Нагрев котла осуществляется путем автоматического перемещения пеллетных гранул по шнеку подачи в горелку. Далее, горелка нагревает котел.
3. Продукты сгорания через стенки теплообменника передают теплоносителю тепло, а затем, в охлажденном виде выходят через дымоход.
4. Термостат котла (или горелки) как прибор, осуществляющий поддержание постоянной температуры, осуществляет автоматический пуск и остановку работы котла.

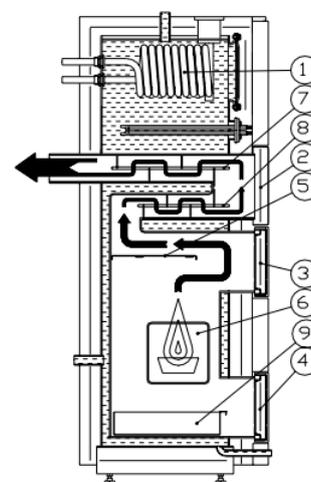


Рисунок 4. Схема работы пеллетного котла Jaspі Pelletti 20

Пояснения к рисунку 3 [9]

1 – Змеевик ГВС, 2 – Люк очистки, 3 – Люк обслуживания, 4 – Люк ухода за топкой, 5 – Турбулентная пластина топки, 6 – Люк пеллетной горелки, 7 – Верхняя турбулентная пластина, 8 – Нижняя турбулентная пластина, 9 – Ящик для золы.

*Достоинства пеллетных котлов:*

1. Низкие стартовые затраты – необходима только установка котла.
2. Автономность. Пеллетный котел не зависит от других видов топлива. Более того, если идет речь о комбо-котле, то каждый вид топлива может использоваться по очереди и независимо друг от друга.
3. В процессе работы используется экологически чистое биотопливо.
4. Высокая теплотворность пеллет сравнима с углем, достаточно устойчива вне зависимости от климатических условий.

*Недостатки пеллетных котлов:*

1. Для хранения пеллет необходим вместительный сухой бункер. Пеллеты не должны соприкасаться с землей или бетоном – желательно подкладывать под них доски.
2. Процесс работы не полностью автоматизирован: необходимо самостоятельно заправлять топливом котел, а также очищать ящик для золы.

## 5. Сравнение отопительных установок

Сравним тепловой насос и пеллетный комбо-котел, основываясь на технических данных, представленных в таблице 1.

**Основные требования к организации котельной для загородного дома площадью 200 кв. м.**

	Тепловой насос L-030-WLC	Пеллетный комбо-котел JасpiPelletti 20 (Kaukora Oy)
Мощность	8,1кВт	20кВт
Требования к участку	300 кв м. без капитальных сооружений	-
Требования к дому / помещению индивидуального теплового пункта (ИТП)	2 кв. м. в любом помещении дома	отдельное помещение с вентиляцией
<b>Капитальные затраты на монтаж котельной</b>		
Проектирование системы отопления и котельной, руб.	35 000	35 000
Стоимость оборудования, руб.	462 657* +70 000 – 350 000 руб. на бурение скважины	136 311
<b>Эксплуатационные затраты</b>		
Потребление тепловой мощности кВт/час	20400	61200
КПД / Коэффициент преобразования насоса*	COP=3,2 (варьируется от 3 до 6)**	КПД=90%
<b>Итого общие эксплуатационные затраты в год, руб</b>	<b>54060</b>	<b>64200</b>
<b>Итого общие эксплуатационные затраты в течение 15 лет + капитальные затраты, руб</b>	<b>1378557÷1658557</b>	<b>1134311</b>
Срок эксплуатации	15-20лет	Не менее 20 лет

\* Котел/тепловой насос, обвязка (циркуляционный насос, группа безопасности, расширительный бак, запорная арматура), бойлер, дымоход, грунтовый (скважинный) контур/газгольдер/топливная емкость по данным [31];

\*\* Коэффициент COP = 3,2 – показывает КПД теплового насоса.

## 6. Выводы

1. Важно ответственно подходить к выбору отопительной установки. В настоящее время особое внимание следует уделять новинкам, тщательно изучая их свойства и сопоставляя их с затратами с целью получения оптимальной по цене и качественной, экологически чистой установки.

2. В статье были рассмотрены две отопительные установки – тепловой насос и пеллетный комбо-котел. Оба устройства обладают рядом относительно схожих черт – долговечность около 20 лет, возможность установки в жилом доме, экологически чистое топливо. Согласно нашей оценке для жилого загородного дома, расположенного в окрестностях г. Санкт-Петербурга, выгоднее и по климатическим

соображениям, и по оценке стартовых и эксплуатационных затрат предпочесть тепловому насосу пеллетный котел. Но, выбор всегда остается исключительно за потребителем.

3. В результате исследования был выбран оптимальный (экономически целесообразный и энергетически выгодный) пеллетный комбо-котел Jaspi Pelletti 20 (Kaukora Oy) мощностью 20 кВт для загородного жилого дома площадью 200 кв. м.

#### Литература

1. Morten B. Blarke. Towards an intermittency-friendly energy system: Comparing electric boilers and heat pumps in distributed cogeneration // *Applied Energy*. Vol.91. Issue 1. 2012. Pp. 349–365.
2. Tai Lva, Linghao Yua, Jinmin Songb. A Research of Simplified Method in Boiler Efficiency Test // *Energy Procedia*. Vol.17. Part B. 2012. Pp. 1007–1013.
3. Zhongsheng Niua, Kau-Fui V. Wonga. Adaptive simulation of boiler unit performance // *Energy Conversion and Management*. Vol. 39. Issue 13. 1998. Pp. 1383–1394.
4. Energy-saving judgment of electric-driven seawater source heat pump district heating system over boiler house district heating system / Shu Haiwena, Duanmu Lina, Li Xianglia, Zhu Yingxinb // *Energy and Buildings*. Vol.42. Issue 6. 2010. Pp.889–895.
5. Feng Li, Guozhong Zheng, Zhe Tia. Optimal operation strategy of the hybrid heating system composed of centrifugal heat pumps and gas boilers // *Energy and Buildings*. Vol. 58. 2013. Pp. 27–36.
6. Daniel Setrak Sowmya, Racine T.A. Prado. Assessment of energy efficiency in electric storage water heaters // *Energy and Buildings*. Vol. 40. Issue 12. 2008. Pp. 2128–2132.
7. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Ватин Н. И., Немова Д. В., Рымкевич П. П., Горшков А. С. // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. №8(34). С. 4-14.
8. J. Brenn, P. Soltic, Ch. Bach. Comparison of natural gas driven heat pumps and electrically driven heat pumps with conventional systems for building heating purposes // *Energy and Buildings*. Vol. 42. Issue 6. 2010. Pp. 904-908.
9. Электрическое отопление и тепловые насосы Jaspi Jsc. [электронный ресурс] URL: [www.kaukora.fi](http://www.kaukora.fi) (дата обращения 29.04.2013)
10. Бабич А. С., Сотникова О. А., Головинский П. А. Аккумулирование теплоты в гелиогеографических системах теплоснабжения с тепловыми насосами // *Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета*. Строительство и архитектура. 2009. № 1. С. 50-57.
11. Аверьянова О. В. Климатические системы с тепловыми насосами и водяным контуром // *Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 2. С. 19-22.
12. Шинкевич Т. О., Попкова О. С., Шинкевич О. П. Компрессионные тепловые насосы в системах отопления // *Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета*. 2011. № 68. С. 125-136.
13. Бутузов В. А. Перспективы применения тепловых насосов // *Промышленная энергетика*. 2005. № 10. С 8-15.
14. Романова Е. В., Орлов А. Ю. Возможности использования тепловых насосов в процессе сушки // *Вестник тамбовского государственного технического университета*. 2008. № 3. Т. 14. С. 591-596.
15. Позин Г. М., Уляшева В. М. Распределение параметров воздуха в помещениях с источниками тепловыделений // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 6. С. 42-47.
16. Motuzienė V., Valančius K., Rynkun G. Complex analysis of energy efficiency of public buildings: case study of VGTU // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 2. С. 9-17.
17. Авсюкевич А. Д. Энергоэффективность и энергосбережение в системах теплоснабжения // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2013. № 2. С. 40-54.
18. Электрическое отопление и тепловые насосы «Штибель-элтрон» [электронный ресурс] URL: [www.stiebel-eltron.ru](http://www.stiebel-eltron.ru) (дата обращения 29.04.2013)
19. Птухина И. С., Лисков А. А., Птухин И. А. Развитие стоимостного инжиниринга в строительстве // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2012. № 5. С. 17-20.
20. Chua K. J., Chou S. K., Yang W. M. Advances in heat pump systems: A review // *Applied Energy*. 2010. Vol. 10. Pp. 3612-3622.

21. Семенов Б. А., Соловьёв В. А. Проблемы и особенности использования грунтовых тепловых насосов для автономного теплоснабжения объектов в центральных регионах России // Вестник СГТУ. 2009. №1. С. 167-172.
22. Самарин О. Д., Тищенко И. И. Исследование регулируемых параметров в автоматизированных климатических системах в целях энергосбережения // Инженерно-строительный журнал. 2013. №2. С. 13-18.
23. Позин Г. И., Уляшева В. М. Распределение параметров воздуха в помещениях с источниками тепловыделений // Инженерно-строительный журнал. 2012. №6. С. 42-47.
24. Аверьянова О. В. Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий // Инженерно-строительный журнал. 2011. №5. С. 53-59.
25. Корниенко С. В. Оценка влияния краевых зон ограждающих конструкций на теплозащиту и энергоэффективность зданий // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8. С. 5-12.
26. Криницкий Е. В. Информационная модель здания // Инженерно-строительный журнал. 2010. №2. С. 16-18.
27. Недвига П. Н. Возможности использования тепловых аккумуляторов и низкопотенциального тепла земли при отоплении индивидуальных домов // Инженерно-строительный журнал. 2010. №3. С. 11-14.
28. Абдуллаев Г. И. О. Основные направления повышения надежности строительных процессов // Инженерно-строительный журнал. 2010. №4. С. 59-60.
29. Woods K., Ortega A. The thermal response of an infinite line of open loop wells for ground coupled heat pump systems // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2011. Vol. 54. Issues 25–26. Pp. 5574-5587.
30. Effect of size on ground-coupled heat pump performance / Alalaimi M., Lorente S., Anderson R., Bejan A. // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. Vol. 64. Pp. 115-121.
31. Сравнение стоимости установки тепловых насосов и традиционных систем отопления [электронный ресурс] <http://www.refkomsppb.ru/sravn.phtml> (дата обращения 13.09.2013).

## References

1. Morten B. Blarke. Towards an intermittency-friendly energy system: Comparing electric boilers and heat pumps in distributed cogeneration // Applied Energy. Vol.91. Issue 1. 2012. Pp. 349–365.
2. Tai Lva, Linghao Yua, Jinmin Songb. A Research of Simplified Method in Boiler Efficiency Test // Energy Procedia. Vol.17. Part B. 2012. Pp. 1007–1013.
3. Zhongsheng Niua, Kau-Fui V. Wonga. Adaptive simulation of boiler unit performance // Energy Conversion and Management. Vol. 39. Issue 13. 1998. Pp. 1383–1394.
4. Energy-saving judgment of electric-driven seawater source heat pump district heating system over boiler house district heating system / Shu Haiwena, Duanmu Lina, Li Xianglia, Zhu Yingxinb // Energy and Buildings. Vol.42. Issue 6. 2010. Pp.889–895.
5. Feng Li, Guozhong Zheng, Zhe Tia. Optimal operation strategy of the hybrid heating system composed of centrifugal heat pumps and gas boilers // Energy and Buildings. Vol. 58. 2013. Pp. 27–36.
6. Daniel Setrak Sowmya, Racine T.A. Prado. Assessment of energy efficiency in electric storage water heaters // Energy and Buildings. Vol. 40. Issue 12. 2008. Pp. 2128–2132.
7. *Vlijanie urovnja teplovoj zashhity ograzhdajushhikh konstrukcij na velichinu poter' teplovoj jenergii v zdanii / Vatin N. I., Nemova D. V., Rymkevich P. P., Gorshkov A. S. // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2012. №8 (34). S. 4-14. (rus)*
8. J. Brenn, P. Soltic, Ch. Bach. Comparison of natural gas driven heat pumps and electrically driven heat pumps with conventional systems for building heating purposes // Energy and Buildings. Vol. 42. Issue 6. 2010. Pp. 904-908.
9. Jaspi Jsc. [web source] URL: [www.kaukora.fi](http://www.kaukora.fi) (date of reference: 29.04.2013)
10. *Babich A. S., Sotnikova O. A., Golovinskij P. A. Akkumulirovanie teploty v geliogruntovykh sistemah teplosnabzhenija s teplovymi nasosami // Nauchnyj vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. 2009. № 1. S. 50-57. (rus)*
11. *Aver'janova O. V. Klimaticheskie sistemy s teplovymi nasosami i vodjanyj konturom // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2009. № 2. S. 19-22. (rus)*
12. *Shinkevich T. O., Popkova O. S., Shinkevich O. P. KompjSSIONnye teplovyje nasosy v sistemah otopenija // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 68. S. 125-136. (rus)*

13. Butuzov V. A. *Perspektivy primeneniya teplovyh nasosov // Promyshlennaja jenergetika. 2005. № 10. S 8-15. (rus)*
14. Romanova E. V., Orlov A. Ju. *Vozmozhnosti ispol'zovanija teplovyh nasosov v processe sushki // Vestnik tambovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2008. № 3. T. 14. S. 591-596. (rus)*
15. Pozin G. M., Uljasheva V. M. *Raspredelenie parametrov vozduha v pomeshhenijah s istochnikami teplovydelenij // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2012. № 6. S. 42-47. (rus)*
16. Motuzienė V., Valančius K., Rynkun G. *Complex analysis of energy efficiency of public buildings: case study of VGTU // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 2. С. 9-17.*
17. Avsjukevich A. D. *Jenergojeffektivnost' i jenergosberezhenie v sistemah teplosnabzhenija // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. 2013. № 2. S. 40-54. (rus)*
18. Stiebel Eltron [web source] URL: [www.stiebel-eltron.ru](http://www.stiebel-eltron.ru) (date of reference: 29.04.2013)
19. Ptuhina I. S., Liskov A. A., Ptuhin I. A. *Razvitie stoimostnogo inzhiniringa v stroitel'stve // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. 2012. № 5. S. 17-20. (rus)*
20. Chua K. J., Chou S. K., Yang W. M. *Advances in heat pump systems: A review // Applied Energy. 2010. Vol. 10. Pp. 3612-3622.*
21. Semenov B. A., Solov'jov V. A. *Problemy i osobennosti ispol'zovanija gruntovyh teplovyh nasosov dlja avtonomnogo teplosnabzhenija ob'ektov v central'nyh regionah Rossii // Vestnik SGTU. 2009. №1. S. 167-172. (rus)*
22. Samarin O. D., Tishhenkova I. I. *Issledovanie reguliruemym parametrov v avtomatizirovannyh klimaticheskikh sistemah v celjah jenergosberezhenija // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2013. №2. S. 13-18. (rus)*
23. Pozin G. I., Uljasheva V. M. *Raspredelenie parametrov vozduha v pomeshhenijah s istochnikami teplovydelenij // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2012. №6. S. 42-47. (rus)*
24. Aver'janova O. V. *Jekonomicheskaja jeffektivnost' jenergosberegajushhih meroprijatij // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2011. №5. S. 53-59. (rus)*
25. Kornienko S. V. *Ocenka vlijanija kraevyh zon ograzhdajushhih konstrukcij na teplozashhitu i jenergojeffektivnost' zdaniy // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2011. №8. S. 5-12. (rus)*
26. Krinickij E. V. *Informacionnaja model' zdaniya // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2010. №2. S. 16-18. (rus)*
27. Nedviga P. N. *Vozmozhnosti ispol'zovanija teplovyh akkumuljatorov i nizkopotencial'nogo tepla zemli pri otoplenii individual'nyh domov // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2010. №3. S. 11-14. (rus)*
28. Abdullaev G. I. O. *Osnovnye napravlenija povyshenija nadezhnosti stroitel'nyh processov // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2010. №4. S. 59-60. (rus)*
29. Woods K., Ortega A. *The thermal response of an infinite line of open loop wells for ground coupled heat pump systems // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2011. Vol. 54. Issues 25–26. Pp. 5574-5587.*
30. *Effect of size on ground-coupled heat pump performance / Alalaimi M., Lorente S., Anderson R., Bejan A. // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. Vol. 64. Pp. 115-121.*
31. *Sravnenie stoimosti ustanovki teplovyh nasosov i tradicionnyh sistem otoplenija [web source] <http://www.refkomsppb.ru/sravn.phtml> (date of reference 13.09.2013). (rus)*

**Данная статья публикуется в рамках работы по проекту**

**530603-TEMPUS-1-2012-1-LT-TEMPUS-JPCR**

**This article is published in the framework of project**

**530603-TEMPUS-1-2012-1-LT-TEMPUS-JPCR**