

УДК 662.931

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.153.2015.64573>

### ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

А.П. Фалендыш, Л.А. Пархоменко, О.В. Клецкая, П.В. Рукавишников

### ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.

А.П. Фалендиш, Л.О. Пархоменко, О.В. Клецка, П.В. Рукавішников

### THE FEASIBILITY OF USING SOLID FUEL BOILERS FOR RAILWAY ENTERPRISES

A. Falendysh, L. Parkhomenko, O. Kletska, P. Rukavishnikov

*Сделан анализ структуры расходов условного топлива и прогнозирование потребления различных видов котельно-печного топлива. Для целесообразности использования других видов топлива в котельных был сделан прогноз стоимости энергоресурсов на производство тепловой энергии. Выполнена классификация отопительных котлов при использовании разного вида топлива. Рассмотрены основные технические характеристики разных типов котлов, их преимущества и недостатки. Определена целесообразность использования твердотопливных котлов на предприятиях железнодорожного транспорта.*

**Ключевые слова:** Отопительный котел, котельно-печное топливо, тепловая энергия, прогнозирование, коэффициент полезного действия.

*Зроблений аналіз структури витрат умовного палива та прогнозування споживання різних видів котельно-печного палива. Для доцільності використання інших видів палива в котельнях був зроблений прогноз вартості енергоресурсів на виробництво теплової енергії. Виконана класифікація опалювальних котлів при використанні різного виду палива. Розглянуто основні технічні характеристики різних типів котлів, їх переваги та недоліки. Визначено доцільність використання твердопаливних котлів на підприємствах залізничного транспорту.*

**Ключові слова:** Опалювальний котел, котельно-печне паливо, тепла енергія, прогнозування, коефіцієнт корисної дії.

*The analysis of the costs of fuel oil, on the basis of Ukrzaliznytsia, which showed a tendency to reduce the consumption of coal, oil and natural gas in recent years. The analysis of the cost structure of conventional fuel and forecasting of consumption of various types of fuel oil. For the feasibility of using other types of fuel in the boiler was made the forecast cost of energy for heat generation. Made classification of boilers using different types of fuel. The main technical characteristics of the different types of boilers and their advantages and disadvantages. Analysis of the structure building area Ukrzaliznytsia enterprises, namely enterprises locomotive economy, carload economy showed prospects of solid fuel boilers: brigadier house locomotive crews;*

*checkpoints road crossings, stations, remote areas of railway transport determine the feasibility of using solid fuel boilers at the enterprises of railway transport.*

**Keywords:** Boiler, boiler and furnace fuels, thermal energy, forecasting, coefficient of efficiency.

**Введение.** В настоящее время на предприятиях железнодорожного транспорта для получения тепловой энергии используются, в основном, котельные большой мощности, работающие на газу. Они используются не только для получения тепловой энергии для нужд предприятия, но и для отопления прилегающих поселков и городов.

В сложившейся ситуации, при резком уменьшении объемов перевозок и ремонтных работ, данные котельные используются не на полную мощность, что приводит к увеличению себестоимости тепловой энергии. Если учесть еще дефицит и дороговизну газа, то целесообразность использования газовых котельных большой мощности вызывает сомнение. Поэтому обоснование использования твердотопливных котлов длительного горения небольшой мощности в настоящее время является актуальным.

**Цель.** Определение целесообразности использования

отопительных твердотопливных котлов длительного горения малой мощности на предприятиях железнодорожного транспорта.

**Основная часть.** Анализ расходов на нужды котельных, на основе данных Укрзализныци за 1997-2014 гг. (рис. 1), показывает, что потребление угля, мазута и природного газа за последнее время имеет тенденцию до уменьшения потребления. Но события, происходящие в нашей стране с 2014 года показывают, что полученные регрессии для прогнозирования в настоящее время использовать нельзя. Потребление газа резко уменьшается и прогнозируемое значение не соответствует полученной регрессионной зависимости. Поэтому для анализа и прогнозирования расхода котельно-топочного топлива за базовый брались данные 2013 года. Прогнозирование выполнялось экспертным методом, с корректировкой статистических данных Укрзализныци.

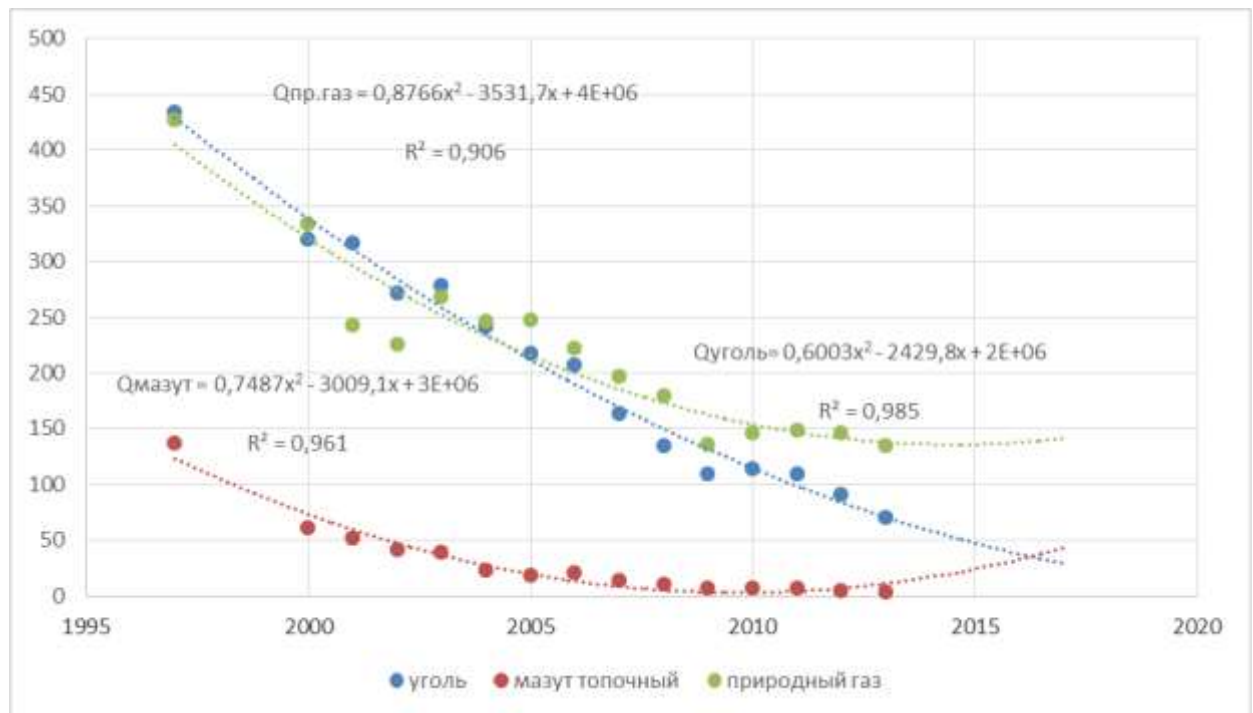


Рис.1 Прогнозирование потребления различных видов котельно-печного топлива.

## Теплові двигуни

Вначале был сделан анализ структуры расходов условного топлива 2013 года (рис. 2), который показал, что расход условного топлива на производство тепловой энергии составляет 145,4 т.у.т., на отопление

пассажирских вагонов – 27,1 т.у.т., на жилищно-коммунальное потребление – 26,6 т.у.т., на нагрев металла и литье – 1,9 т.у.т. и на другие производственные потребности – 28,1 т.у.т.

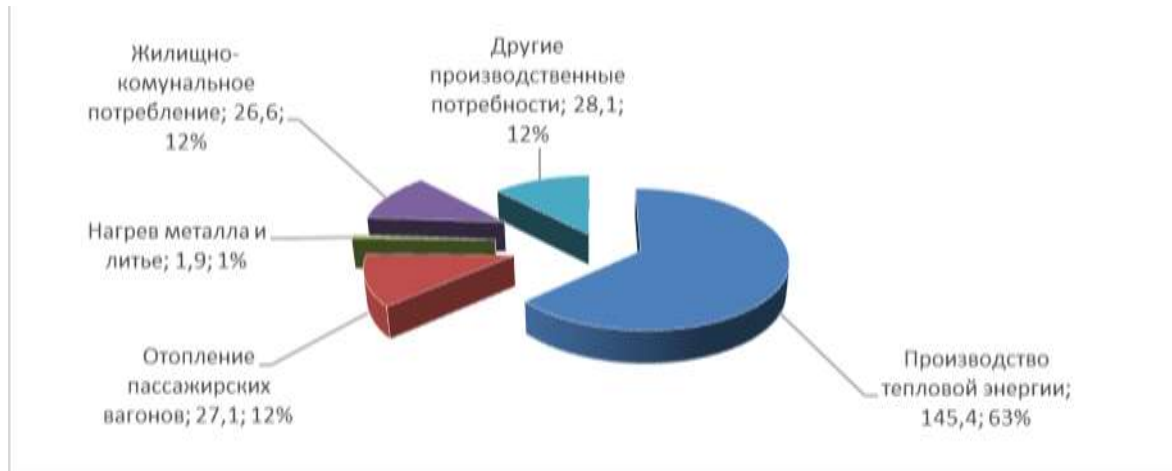


Рис. 2. Структура расходов условного котельно-топочного топлива за 2013 г.

Так как идет модернизация и обновление пассажирских вагонов, в которых применяется электрическое отопление, то прогнозное потребление котельно-топочного топлива на отопление пассажирских вагонов составляет 7,1 т.у.т. С уменьшением объема работ прогнозируется уменьшение потребления топлива на производство тепловой энергии до 124 т.у.т., на нагрев металла и литье до 1,5 т.у.т., на жилищно-коммунальное потребление до 26,5 т.у.т. и на другие производственные потребности потребление тонн условного топлива составит 11 т.у.т. (рис. 3).

Анализ структуры площадей зданий предприятий Укрзализныци, а именно предприятий локомотивного хозяйства, вагонного хозяйства, станций и узлов и др., показал, что около 30 % помещений имеют площадь менее 800 м<sup>2</sup>. Поэтому эти здания можно отапливать твердотопливными котлами небольшой мощности, и расходы топлива на жилищно-коммунальное потребление были разделены на расходы потребления топлива котлами мощностью более 100 кВт и котлами мощностью менее 100 кВт.

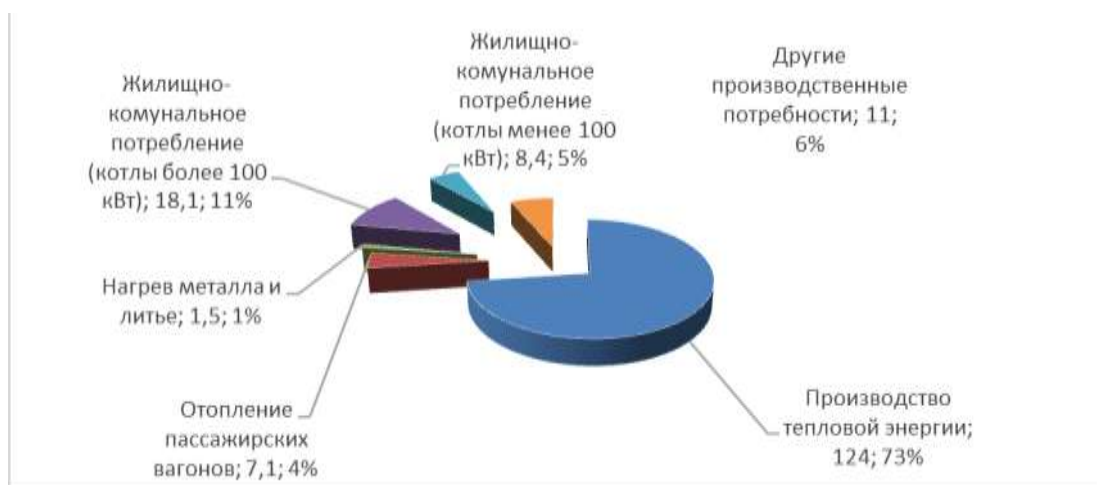


Рис. 3. Прогнозная структура расходов условного котельно-топочного топлива на 2015 г.

## Теплові двигуни

Для использования других видов топлива в котельных был сделан прогноз стоимости энергоресурсов на производство тепловой энергии. За базовый были взяты данные 2013 года (рис. 4). На основании прогнозных данных стоимости топлива на 2015 г. (рис. 5) была построена диаграмма стоимости 1 Гкал тепловой энергии от котельных, использующих различные виды топлива. Из

нее видно, что стоимость 1 Гкал на природном газе увеличится более чем в 2,5 раза и будет составлять около 1500 грн., в тоже время стоимость 1 Гкал на дровах будет почти на 1300 грн. меньше относительно природного газа. В 2013 году разница составляла около 400 грн., что еще раз говорит о целесообразности внедрения современных твердотопливных котлов.

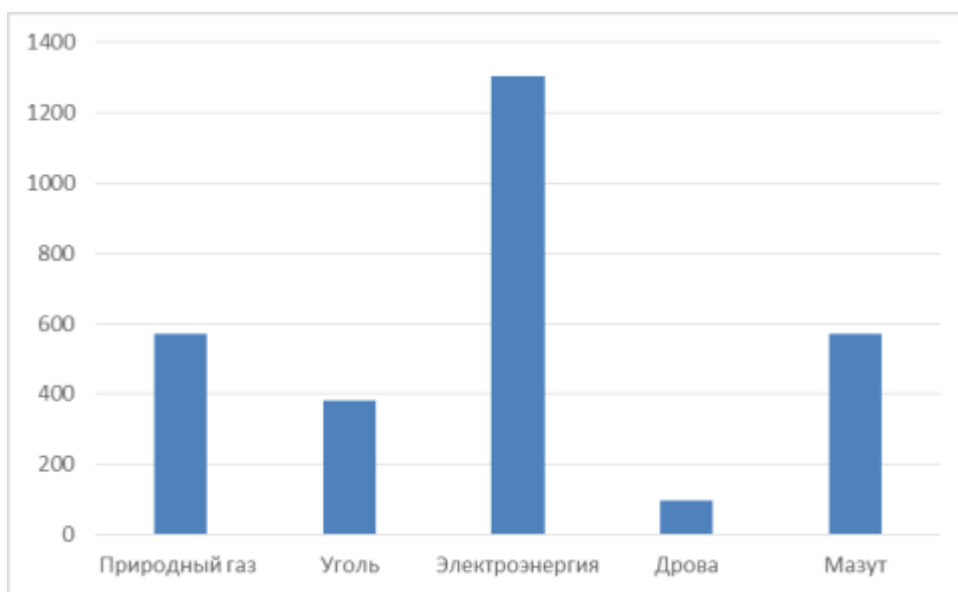


Рис. 4. Диаграмма стоимости 1 Гкал тепловой энергии от котельных на различных видах топлива за 2013 г.

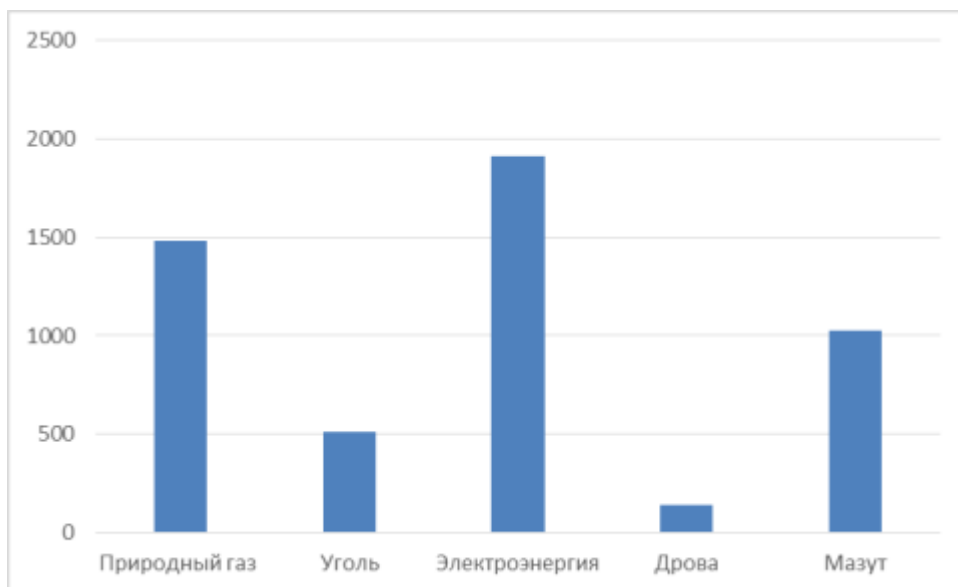


Рис. 5. Диаграмма стоимости 1 Гкал тепловой энергии от котельных на различных видах топлива в 2015 г.

На сегодняшний день на рынке отопительных систем присутствует множество котлов отопления отечественного

и импортного производства, которые отличаются размерами, формами, типом топлива, эксплуатационными

характеристиками. Была сделана виду потребляемого топлива (рис. 6).  
классификация отопительных котлов по



Рис. 6. Классификация отопительных котлов по виду потребляемого топлива.

Рассмотрим кратко данные виды котлов.

Газовые котлы отопления – самые распространённые и популярные. Просты в эксплуатации, долговечны, эффективны для обогрева больших помещений, при высоком КПД у газовых котлов низкая стоимость топлива (газа). Это наиболее распространенный вид котлов. Недостатки газовых котлов: они более опасны в эксплуатации в сравнении с другими видами, их обязательно оборудуют автоматикой, и для их установки обязательно утверждение проектной документации к котлу соответствующими службами [5, 7, 8].

Электрические котлы просты в монтаже и эксплуатации, обладают высоким КПД, компактны, бесшумны, экологичны (без вредных выбросов), и имеют высокую степень безопасности. Их недостатки – они имеют большое энергопотребление, требуют отдельную проводку (при мощности котла более 6 кВт для установки котла нужна трехфазная сеть электропроводки с напряжением 380 В) и не работают при перебоях электропитания [6, 7, 8].

Жидкотопливные котлы предназначены для автономных систем отопления. Они работают на дизельном

топливе (солярке), это наиболее дорогой вид отопления. Его преимущества - высокий КПД (до 94%), автоматизация процесса отопления, бесшумность работы [9, 10].

Главные преимущества комбинированных котлов (двух-, трехтопливных) – работа на разных видах топлива. К их недостаткам относят высокую стоимость, крупные габариты, необходимость подвода электричества. КПД комбинированных котлов ниже на 10-20% в сравнении с другими моделями [11].

Котлы на твердом топливе имеют ряд преимуществ, по сравнению с остальными видами котлов. К ним относятся: доступность, автономность и дешевизна топлива. Благодаря именно этим достоинствам твердотопливные котлы пользуются популярностью в районах, где имеются трудности с поставками электричества или газа. Ассортимент твердотопливных котлов очень высок, а топливо для них (например, каменный уголь) при относительно невысокой стоимости дает огромный тепловой эффект.

Основные технические характеристики разных типов котлов, их преимущества и недостатки представлены в таблице 1.

## Теплові двигуни

Таблица 1.

Показатель	Газовые котлы	Электрические котлы	Жидкотопливные котлы	Комбинированные котлы	Твердотопливные котлы
1	2	3	4	5	6
Модель, производитель	МАЯК-10Р, Маяк	Dakon Daline PTE 10, Dakon	Гелиос-10, Автодеталь	Uragan-10, Термокрафт	Донтерм КОТ- 10Т, Донтерм
Топливо	Природный газ	Электроэнергия	Отработка масла, мазут	Твердое топливо, электроэнергия	Дрова, щепа, опилки, пеллеты, брикеты, кора, каменный уголь, кокс, торф, горючие сланцы
КПД, %	90	99	88-92	85	90
Мощность, кВт	10	10	10	10	10
Температура на выходе, °С	90	90	80	95	95
Расход топлива,	1,12 м <sup>3</sup> /ч	10,1 кВт/ч	0,86	1,2 кг/ч, 10,3 кВт/ч	1.2 кг/час
Отапливаемая площадь, м <sup>2</sup>	100	120	120	100	100
Преимущества	Экономичность. Простота в использовании. Высокий КПД при малом расходе газа.	Безопасность. Легкость. Простота в использовании. Бесшумность. Отсутствие копоти.	Высокий КПД. Способность отапливать большие помещения.	Возможность использования разных видов топлива.	Наиболее экологически чистые. Недорогое топливо. Автономность.
Недостатки	Необходимость автоматики, проектной документации и газовой магистрали.	Большое энергопотребление. Необходимость дополнительной проводки. Зависимость от электропитания.	Необходимость большой емкости для топлива и отдельного помещения. Копоть.	Сложность и дороговизна в эксплуатации и ремонте.	Необходимость помещения для хранения топлива.

Рассматривая в работе твердотопливные котлы, были выделены следующие виды. Первый и самый распространенный вид – чугунные твердотопливные котлы предназначенные для сжигания угля и дров. Да эти котлы демонстрируют достаточно удобный цикл работы, энергонезависимы. Но основным видом топлива для них всё же является – уголь. Дрова в них горят достаточно быстро – не более 3-4 часов, что в свою очередь вызывает некоторый дискомфорт. Классический пример такого котла - это отечественный КЧМ, а зарубежный – серия Solida, от производителя Sime [12, 13].

Второй вид – пиролизные котлы – отличительная особенность - наличие двух камер сгорания: в первой происходит первичное горение (в этой камере искусственно создается дефицит кислорода, что приводит к процессу пиролиза и генерации синтез газа), во второй камере происходит догорание синтез газа. Основным видом топлива для данного вида котлов выступает древесина, желательно твердых пород. Время горения такого котла на одной закладке – от 6 до 10 часов. КПД при этом достигает уровня не менее 90%. Пример такого котла – Чешский Dakon серии KP Pyro [14].

Третий вид – пиллетные котлы. В этих котлах в качестве топлива используется прессованная и гранулированная древесина – пиллеты. Котел самостоятельно с помощью шнека подсыпает в зону горения необходимое количество топлива. Розжиг этого вида котлов также автоматический. Время горения котла зависит исключительно от емкости бункера. В отдельных случаях такие котлы комплектуются пневмоподачей топлива из хранилища. Для таких котлов топливо завозится один раз в сезон, далее весь процесс автоматизирован. Единственным недостатком данного вида котлов – это невозможность сжигать что либо кроме древесных гранул [15].

Следующий вид – это котлы длительного горения. В данном подвиде котлов используются преимущественно дрова и опилки – но возможны варианты с углем и смесями угля, торфа и дров. Время горения данного вида котла составляет от 12

часов до двух суток и это на дереве. Недостатки этих котлов - это необходимость помещения для хранения твердого топлива и ручная загрузка топлива [16].

Котлы длительного горения не нуждаются в накопителях тепла – время горения позволяет обходиться без них.

Твердотопливные котлы длительного горения целесообразно использовать для отопления удаленных помещений небольшой площади локомотивных и вагонных депо; бригадных домов и домов отдыха локомотивных бригад; пункты контроля железнодорожных поездов автотранспортом; железнодорожные станции и узлы.

### Выводы.

1. Сделанный анализ расходов на нужды котельной по Укрзализныци за 1997-2014 гг. показал целесообразность использования твердого топлива, преимущественно дрова.

2. Перспективы использования твердотопливных котлов: бригадные дома локомотивных бригад; пункты контроля железнодорожных поездов автотранспортом, станции, удаленные помещения предприятий железнодорожного транспорта.

3. На основании существующей литературы экспертным методом определены основные характеристики котлов. К ним отнесены: вид топлива; номинальная мощность; основные функции котла; степень автоматизации котельного оборудования; вес и габариты котла.

4. По виду потребляемого топлива сделана классификация отопительных котлов: газовые, электрические, комбинированные и твердотопливные котлы. Были наведены их краткие характеристики.

5. Для улучшения технических характеристик необходимо в будущем усовершенствовать конструкцию котла, параметры топки, рассчитать оптимальные размеры котла.



### Список використаних джерел

1. [http://bookz.ru/authors/sbornik-statei/bitovie-\\_669/1-bitovie-\\_669.html](http://bookz.ru/authors/sbornik-statei/bitovie-_669/1-bitovie-_669.html).
2. В.А. Григорьев Промышленная теплоэнергетика и теплотехника [Текст] / В.А. Григорьев, В.М. Зорин – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 552 с.
3. В.А. Маляренко Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві. Частина I. [Текст] / В.А. Маляренко, Л.М. Шутенко -Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2005 №7 – 2-9 с.
4. В.Н. Пуль Автономное теплоснабжение [Текст] / В.Н. Пуль - Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2006 №1 – 37-38 с.
5. [www.otopimdom.ru/index.php?id=35](http://www.otopimdom.ru/index.php?id=35).
6. И. С. Жигулина Особенности применения электрического отопления [Текст] / И. С. Жигулина, А. И. Алифанова - Современные наукоемкие технологии. Журнал № 8-1 / 2013 – 41-42 с.
7. С.Г. Каспаров Реконструкция системы отопления нефтебазы «Харьковская» [Текст] / С.Г. Каспаров, Н.В. Кирилин -Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2007 №3 – 101-111 с.
8. А. Н. Сканава Отопление. [Текст] / А. Н. Сканава Учебник для вузов. — М.: АСВ, 2008. С. 576. ISBN 978-5-93093-161-7.
9. ГОСТ 30735-2001. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт, ОКС 27.060.30, 97.100, ОКП 49 3120, Дата введения 2003–01–01.
10. [http://www.kotloved.ru/santehnik2002\\_2.html](http://www.kotloved.ru/santehnik2002_2.html).
11. [http://stroy-aqua.com/vodosnab\\_otopl/kotel/kombinirovannye-kotly-otopleniya.html](http://stroy-aqua.com/vodosnab_otopl/kotel/kombinirovannye-kotly-otopleniya.html).
12. [http://sime.com.ua/ru/napolnye\\_tverdoplivnyye\\_kotly/kotel-sime-solida.html](http://sime.com.ua/ru/napolnye_tverdoplivnyye_kotly/kotel-sime-solida.html).
13. <http://www.termoles.ru/kotly-kchm.html?showall=&start=2>.
14. <http://www.dakon.in.ua/produksiya/tverdoplivnyye-kotly/piroliznyye-stalnye-kp-pyro>.
15. [http://b2b-ua.com/invent-pelletnie\\_kotli.html](http://b2b-ua.com/invent-pelletnie_kotli.html).
16. <http://pelletshome.com.ua/ru/14-kotli-dlitelnogo-goreniya>.
17. <http://www.uipv.org/ua/bases2.html/>

---

Фалендыш Анатолий Петрович, д.т.н., заведующий кафедры теплотехники и тепловых двигателей Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина, Тел. (057)-730-10-77. E-mail: [fap\\_hiit@rambler.ru](mailto:fap_hiit@rambler.ru).

Пархоменко Лариса Алексеевна, к.т.н., старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина, Тел. (057)-730-10-78.

Клецкая Ольга Витальевна, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина, Тел. (057)-730-10-78. E-mail: [gurao@yandex.ru](mailto:gurao@yandex.ru).

Рукавишников Павел Владимирович, старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина, Тел. (057)-730-10-78. E-mail: [pasha0776@mail.ru](mailto:pasha0776@mail.ru).

Falendysh Anatoliy d-r science, professor department of operation and maintenance of rolling stock Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-21-25. E-mail: [fap\\_hiit@rambler.ru](mailto:fap_hiit@rambler.ru).

Parkhomenko Larisa, Senior Lecturer, Department of Thermal Engineering and Heat Engines Ukrainian State University of railway competition, Kharkov, Ukraine, Tel. (057) -730-10-78.

Kletska Olga aspirant the Department of Thermal Engineering and Heat Engines Ukraine State University of Railway Transport Tel.: (057) 730-10-78. E-mail: [gurao@yandex.ru](mailto:gurao@yandex.ru).

Rukavishnikov Pavel, Senior Lecturer, Department of Thermal Engineering and Heat Engines Ukrainian State University of railway competition, Kharkov, Ukraine, Tel. (057) -730-10-78. E-mail: [pasha0776@mail.ru](mailto:pasha0776@mail.ru).

*Стаття поступила 21.04.2015*