

УДК 621.311

АНАЛИЗ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ТОПЛИВА ПО КОТЕЛЬНЫМ РЕГИОНА

Н. В. ГРУНТОВИЧ, Ю. О. ГОРЮНОВА

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

На данный момент в Республике Беларусь потребление природного газа составляет 62 %, а светлых нефтепродуктов – 13,4 % от общего валового потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Необходимо отметить, что в балансе возобновляемых источников энергии нашей республики значительную долю составляют топливная древесина (46,8 %), тепловые вторичные ресурсы (35,5 %) и древесные отходы (14,2 %) [1].

В настоящее время стоит задача перевода котельных на местные виды топлива (МВТ), которые в основном представлены торфом, древесиной и древесными отходами. В качестве котельно-печного топлива используются: газ природный, мазут, уголь, торф, лигнин, дрова и прочие отходы.

Структура потребления котельно-печного топлива за 2008 г. представлена на рис. 1.

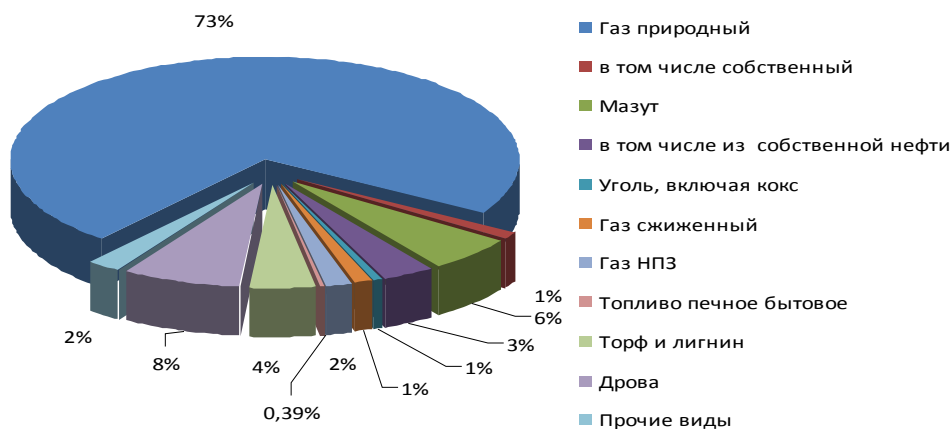


Рис. 1. Структура потребления котельно-печного топлива за 2008 г.

Анализ структуры показывает, что основным видом котельно-печного топлива в республике был и остается природный газ.

Очевидно, что повышение цен на природный газ, введение пошлин на сырую нефть, увеличение стоимости на импортируемую электроэнергию приведет к тому, что к 2015–2020 гг. рост цен может быть более значительным и проходить более высокими темпами.

Департамент по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь осуществляет жесткий контроль за нормами расхода топлива и электроэнергии по котельным. Рассмотрим решение коллегии № 5 от 02.10.2008 г. Департамента по энер-

коэффициентности Госстандарта Республики Беларусь, в котором установлены нормы для котельных, работающих на природном газе:

- а) для топлива предельный нормируемый показатель составляет 163 т у. т./Гкал;
- б) для электроэнергии предельные нормируемые показатели представлены в зависимости от используемой тепловой мощности и отражены в табл. 1.

Таблица 1

Предельные нормируемые показатели для электроэнергии в зависимости от используемой тепловой мощности

Производительность котельной, Гкал/ч	Норма расхода электроэнергии на отпуск тепловой энергии, кВт · ч/Гкал
0,1–0,5	до 8
0,5–1,5	до 10
1,5–3,0	до 12
3,0–5,0	до 15
5,0–10,0	до 18
10,0–20,0	до 20
20,0–50,0	до 25

Ставится задача анализа удельных расходов электроэнергии и топлива по котельным региона, работающим на газе, а также поиск факторов, влияющих на формирование удельных расходов с целью возможности применения установленных Департаментом норм для котельного оборудования.

Для решения поставленной задачи выполнен анализ котельного оборудования Гомельской области, где в настоящее время насчитывается более 900 котельных. В настоящее время 688 действующих котельных имеют номинальную теплопроизводительность в диапазоне от 0,5 до 10 Гкал/ч (суммарная теплопроизводительность составляет 1734 Гкал/ч) и 85 действующих котельных имеют номинальную теплопроизводительность свыше 10 Гкал/ч (суммарная теплопроизводительность составляет 3818,4 Гкал/ч), остальные закрыты или находятся на реконструкции.

Ранжирование котельных по Гомельской области по расходу электроэнергии представлено в табл. 1. Как видно из табл. 2, большая доля котельных находится в Гомельском районе. Это связано с необходимостью обеспечения потребителей областного центра требуемым количеством тепла.

Большинство действующих котельных (87,65 %) Гомельской области имеют теплопроизводительность от 0,5 до 10 Гкал/ч. Котельные данного типа установлены на небольших предприятиях, в детских садах, школах, колхозах, совхозах, коммунальных организациях. Номинальную производительность свыше 10 Гкал/ч имеют котельные крупных предприятий с большими мощностями и нагрузками, машиностроительные, ремонтные, металлургические заводы, заводы и фабрики пищевой промышленности.

Таким образом, из 773 котельных региона на природном газе работает 289 котельных, что является весьма значительным и составляет 39,4 % от общего их количества.

Процент котельных с теплопроизводительностью от 0,5 до 10 Гкал/ч, работающих на природном газе, достигает в максимуме 77 % от общего числа по котельным региона. В то же время для котельных с теплопроизводительностью свыше 10 Гкал/ч максимум достигает 100 % от общего числа по котельным региона. Это говорит о

том, что не во всех районах области число котельных, работающих на газе, распределено равномерно.

Таблица 2

Структура котельных по районам Гомельской области

Район	Общее количество котельных		Количество котельных, работающих на природном газе	
	до 10 Гкал/ч	свыше 10 Гкал/ч	до 10 Гкал/ч	свыше 10 Гкал/ч
Мозырский	35	12	–	4
Калинковичский	45	4	5	4
Лоевский	15	–	–	–
Рогачевский	32	2	15	2
Октябрьский	22	1	–	–
Хойникский	14	5	5	5
Чечерский	12	1	3	1
Петриковский	36	–	2	–
Ельский	29	–	4	–
Брагинский	12	–	6	–
Кормянский	13	2	2	2
Жлобинский	37	4	12	4
Наровлянский	10	2	1	2
Буда-Кошелевский	27	2	10	2
Добрушский	27	3	21	2
Лельчицкий	19	1	–	1
Речицкий	73	3	31	2
Житковичский	33	4	–	1
Гомельский	157	34	94	34
Светлогорский	22	4	1	1
Ветковский	18	1	9	1

Для проведения анализа удельных расходов электрической энергии и топлива по котельному оборудованию сформированы *информационные базы данных* (ИБД). При разработках БД возможно два технических решения:

– использование файловых систем (библиотека наборов данных в рамках операционных систем), специализированная разработка информационной организации данных под набор задач и специализированных программ обслуживания;

– применение универсальных систем управления базами данных в рамках операционной системы, логическое проектирование баз данных и организация доступа к ним из различных прикладных программ.

Структурно-логическое проектирование ИБД может быть представлено тремя видами:

1) несвязная структура – простейшая для организации. Типы записей фиксируют состав и классификацию. Отношения между записями не устанавливаются. Модель структуры $M = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ определяет разбиение на базовые множества. Эта структура целесообразна для базы обменных данных, поскольку не содержит лишней служебной информации. Запись может иметь структурированную форму либо не иметь таковой. Объем поля определяется количеством и длиной перемещаемых в нем данных. Быстрый доступ к типам базисных записей определен задачами оперативного хранения промежуточных данных в стандартной форме;

2) иерархическая структура реализуется направленной цепочной связью типа X_i, R_j, Y_k между элементами $x_i \in X_i, y_k \in Y_k$ базисных множеств. Модель структуры $M = \{X_i, Y_k, R_j\}$ определяет упорядоченность детальных элементов относительно главного;

3) взаимосвязанная структура образуется при встречном направлении цепных связей между тремя информационными объектами, два из которых – X_i, Y_k – главные, а средний Z – детальный в обеих цепях.

При создании ИБД по котельным Гомельской области была использована взаимосвязанная структура в виде отдельных файловых систем. Фрагмент файла базы данных по котельным Гомельской области с номинальной теплопроизводительностью свыше 10 Гкал/ч показан на рис. 2.

Информационная база данных включает в себя следующие требования:

- наименование котельной (ее расположение: город, село, поселок; адрес, номер телефона);
- ведомственная принадлежность;
- тип и количество установленных котлов, срок их эксплуатации;
- общую теплопроизводительность котельной, Гкал/ч;
- вид сжигаемого топлива (газ, дрова, мазут, торфобрикеты, уголь, котельно-печное топливо);
- годовой отпуск тепла (расход топлива), Гкал/т у. т.;
- тип здания котельной (встроенная или отдельностоящая);
- наличие приборов учета;
- данные по расходу котельно-печного топлива и электрической энергии фактически и по действующей норме.

Ежеквартально все предприятия представляют в Гомельское областное управление по надзору за рациональным использованием ТЭР «Отчет о результатах использования топлива, тепловой и электрической энергии» по форме 4-нормы ТЭР, где указывают удельный фактический расход топлива и электроэнергии котельных на производство 1 Гкал тепла [2].

Наличие БД по котельному оборудованию Гомельской области позволяет произвести комплексный анализ работы котельных, использующих различные виды топлива, в том числе и природный газ, как основной вид топлива.

Обработку статистических данных целесообразно осуществлять с использованием методов математической статистики: кластерного анализа, корреляционного анализа (метод обработки *статистических* данных, заключающийся в изучении коэффициентов корреляции между переменными. При этом сравниваются коэффициенты корреляции между одной парой или множеством пар признаков для установления между ними статистических взаимосвязей), регрессионного анализа (линейного) – *статистический метод* исследования зависимости между *зависимой переменной* Y и одной или несколькими *независимыми переменными* X_1, X_2, \dots, X_p [3].

Для анализа статистических данных рассчитываются следующие показатели вариации. По степени вариации можно судить об однородности совокупности, устойчивости значений признака, типичности средней, о взаимосвязи между признаками.

№ п/п	Наименование котельной (город, поселок, деревня), адрес, телефон	Ведомственный принадлежность	Тип котельной котлов, тип/арок котельная, тип/тип котларезервуар	Общая теплопроизводительность котельной, Гкал/ч	Виды тепл. нагрузки	Вид сжигаемого топлива	Головой отсутствующий расход топлива, Пал/сут	Здание котельной (строения, отдельно стоящая)	Наличие приборов учета	Примеч.	Фактически за соответствующий период 2007 года	по действующей норме	Фактически за соответствующий период 2007 года	по действующей норме	Фактически за 2008 год	
Перечень действующих котельных Гомельской области номинальной производительностью свыше 10 Гкал/ч.											Выполнение норм расхода котельно-печного топлива		Электрическая энергия			
											Расход на ед. продукции, кг		Расход на ед. продукции, кг			
1	Мозырский район.	15 шт.														
1	РУП Комбинат по производству медицинский спиртосодержащей продукции "СТАНОП" 247760 г. Мозырь-11; тел.63332; 63312	Белэко фарм	БЭМ-10-13-210-1 шт.; ДЭ-16-14ГМ; ДЭ-25/14ГМ-1 шт.	32,4		мазут	84896/14995	отд.ст+е	тэ-СПП-960; зэ-есть		176,1	176,2	176	16,9	17,5	14,5
2	ОАО "Мозырский машиностроительный завод" 247760 г. Мозырь ул. Пуртова, 17, тел.69436; 69430	Минпром	ДКВР-10/13-2 шт.; КВТ-95	12,9		мазут др.	2149/571	отд.ст+е	тэ-ФС24/17-М1; зэ-есть;		172	172	172	28,8	28,8	28,8
3	ЦДПТ "Мозыряччиносць" (7 шт.) 247760 Г. Мозырь ул. Лявонская, 64, тел.24348	МВКЗК														
11	№1 пер. Швейный	МВКЗК	ДКВР-20/13-4 шт.; ДЭ-25/14-1 шт.	70,23	отопл. гв.	газ	47428/8182	отд.ст+е	тэ-СКУ-02; зэ-есть; тэ-УДР-10		160,5	160,4	169,4	39,5	39,9	38,8
12	№2 ул. В. Хоружий	МВКЗК	ДКВР-6,5/13-3 шт.; КВР-3-2 шт.	13,06	отопл. гв.	мазут др.опа	20871/5621	отд.ст+е	тэ-СКУ-02; зэ-есть; тэ-УДР-10		171,8	172,1	171,5	26,1	24,7	24,6
13	№3 ул. Чашева, 32	МВКЗК	ДКВР-10/13-2 шт.; ДКВР-6,5/13-1 шт.	17,8	отопл. гв.	мазут	11907/2084	отд.ст+е	тэ-СКУ-01; СПП-961; зэ-есть; тэ-УДР-10		174	174	173,5	34,4	34,4	32,7
14	№4 ул. Малаяна	МВКЗК	ДКВР-6,5/13-2 шт.; КВ-ГМ-10-5 шт.	58,72	отопл. гв.	мазут	21058/3749	звр.	тэ-СКУ-01; зэ-есть; тэ-УДР-10		178,4	217,1	271,1	44,9	43,9	42,5
15	№5 ул. Ветрова, 1	МВКЗК	ДКВР-10/13-3 шт./др.; ДЭ-16/14ГМ-1 шт.	29,4	отопл. гв.	газ/маз	7490/43143	отд.ст+е	тэ-УДР-10; тэ-СТ 34; ДСС-712; тэ-ТС-01; зэ-есть		157,4	169,7	169,1	19,8	21	20,5
	№6 ул. Рыжова, 15	МВКЗК	ДКВР-6,5/13-3 шт.; ЦТВМ-30М	42	отопл. гв.	газ/маз.	60880/10585	отд.ст+е	тэ-УД-10; тэ-СКУ-01; зэ-есть		169,9	172	172		30,6	30,6

Рис. 2. Фрагмент базы данных по котельным Гомельской области с номинальной теплопроизводительностью свыше 10 Гкал/ч

Абсолютные показатели вариации:

– среднее квадратическое отклонение σ – показатель рассеивания значений случайной величины относительно ее математического ожидания:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (1)$$

где n – объем выборки; x_i – i -й элемент выборки; \bar{x} – среднее арифметическое выборки.

Относительные показатели вариации:

– коэффициент вариации, который показывает, какую долю среднего значения этой величины составляет ее средний разброс:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}. \quad (2)$$

В отличие от среднее квадратического отклонения коэффициент вариации измеряет не абсолютную, а относительную меру разброса значений признака в статистической совокупности.

Оценить эффективность работы котельного оборудования Гомельской области можно на основании анализа зависимости удельных расходов топлива и электроэнергии на отпуск 1 Гкал. Также необходимо установить, зависит ли удельный расход топлива и электроэнергии от таких факторов, как:

- теплопроизводительности котельных;
- установленной мощности оборудования котельных;
- удаленности потребителей тепловой энергии.

На основе статистических сведений, содержащихся в БД, построены поля зависимости удельного фактического расхода топлива ($W_{уд.т}$, кг у. т.) и электроэнергии ($W_{уд.э}$, кВт · ч) на отпуск 1 Гкал для котельных, работающих на основном виде топлива – природном газе. Зависимости представлены на рис. 3 и 4. Каждая точка на поле зависимости соответствует котельной со своим удельным расходом.

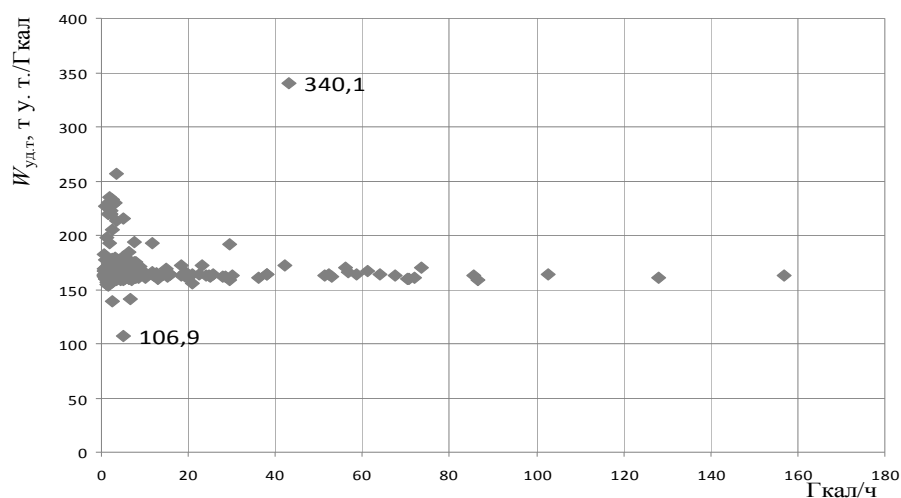


Рис. 3. Зависимость удельного расхода топлива для котельных, работающих на газе

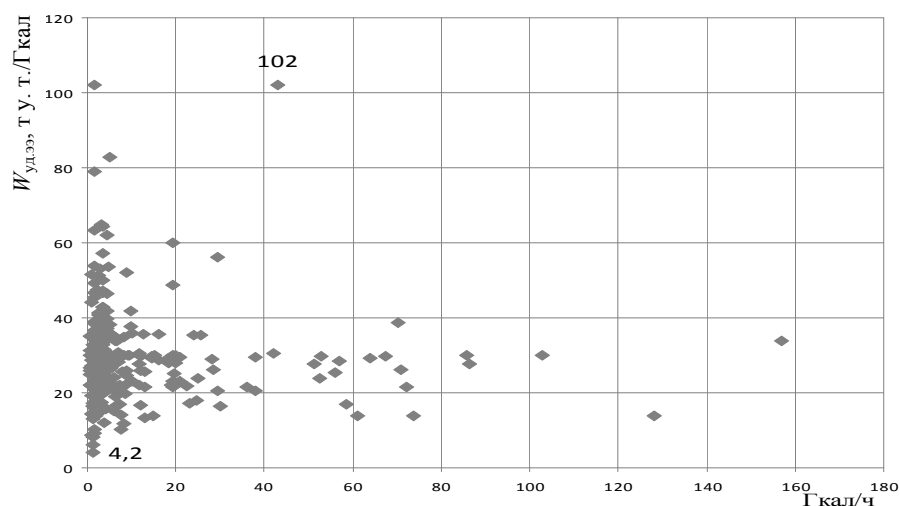


Рис. 4. Зависимость удельного расхода электроэнергии для котельных, работающих на газе

Анализ статистических данных показал отсутствие зависимости удельного расхода топлива и электроэнергии от теплопроизводительности котельных. Удельный

расход электроэнергии зависит от установленной мощности оборудования котельных и от удаленности потребителей тепловой энергии (протяженность теплотрассы).

В табл. 3 приведены средние значения \bar{x} удельного расхода топлива и электроэнергии, *среднеквадратические отклонения* σ и значения коэффициента вариации v для котельных, использующих природный газ.

Таблица 3

Оценка степени разброса удельных показателей расхода топлива и электроэнергии для котельных, использующих природный газ

Всего 289 котельных	Значения по расходу топлива				
	Предельный нормируемый показатель, т у. т./Гкал	\bar{x} , т у. т./Гкал	σ , т у. т./Гкал	v , %	
	163	168,38	18,38	10,92	
	Значения по расходу электроэнергии				
	Используемая тепловая мощность, Гкал/ч	Предельный нормируемый показатель, кВтч/Гкал	\bar{x} , кВтч/Гкал	σ , кВтч/Гкал	v , %
–	0,1–0,5	до 8	–	–	–
32	0,5–1,5	до 10	24,38	9,91	40,62
87	1,5–3,0	до 12	30,28	13,52	44,63
54	3,0–5,0	до 15	32,79	12,23	37,29
51	5,0–10,0	до 18	28,44	11,01	38,76
29	10,0–20,0	до 20	28,27	8,99	31,78
17	20,0–50,0	до 25	31,47	19,91	63,25
13	50,0–70,0	–	24,67	6,86	27,81
3	70,0–100,0	–	27,97	1,65	5,71
3	100,0–160,0	–	25,85	8,7	33,61

Что касается удельного расхода топлива, то его среднее значение на 3,3 % превышает предельный нормируемый показатель. Сравнение удельного расхода электроэнергии и установленных Департаментом норм показало отсутствие котельных, удовлетворяющих нормируемым показателям.

Установлено, что среднее значение удельного расхода электроэнергии превышает нормируемое и достигает в максимуме 143,8 % от общего количества котельных с используемой тепловой мощностью в диапазоне 0,5–1,5 Гкал/ч. А для котельных с используемой тепловой мощностью в диапазоне 1,5–3,0 Гкал/ч среднее значение удельного расхода электроэнергии также превышает нормируемое и достигает в максимуме 153,2 % от общего количества котельных.

Для котельных с используемой тепловой мощностью 20,0–50,0 Гкал/ч среднее значение удельного расхода электроэнергии также превышает нормируемое, но достигает в максимуме 25,88 % от общего количества котельных.

Разброс значений для установленных нормируемых показателей достаточно высок и находится в диапазоне 31,78–63,25 %.

Заключение

Таким образом, предварительный анализ статистических данных по работе котельного оборудования показал:

1. Установлено, что из 773 действующих котельных Гомельской области на природном газе работает 289 котельных, что является весьма значительным и составляет 39,4 % от общего их количества.

2. Анализ структуры котельных по районам Гомельской области показал, что процент котельных с теплопроизводительностью от 0,5 до 10 Гкал/ч, работающих на природном газе, достигает в максимуме 77 % от общего числа по котельным региона. В то же время для котельных с теплопроизводительностью свыше 10 Гкал/ч максимум достигает 100 % от общего числа по котельным региона. Это говорит о том, что не во всех районах области число котельных, работающих на газе, распределено равномерно.

3. Сформирована и систематизирована информационная база данных по котельному оборудованию региона, которая позволяет выполнить анализ удельных расходов электрической энергии и топлива на отпуск тепловой энергии котельными.

4. Произведена оценка зависимостей удельного расхода топлива электроэнергии для котельных, работающих на газе. Установлено отсутствие зависимости удельного расхода топлива и электроэнергии от теплопроизводительности котельных.

5. Выявлено, что среднее значение расхода топлива превышает предельный нормируемый показатель на 3,3 %. Сравнение удельных расходов электроэнергии показало, что отсутствуют котельные, удовлетворяющие нормируемым показателям.

В связи с вышеизложенным предлагается уточнить значения норм расхода электрической энергии и топлива на отпуск тепловой энергии котельными.

Литература

1. Энергоэффективность. – 2009. – № 6 (140).
2. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь. – Минск : Ком. по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь, 2002. – С. 5–6.
3. Шмойлова, Р. А. Общая теория статистики : учеб. пособие / Р. А. Шмойлова. – Москва : Финансы и статистика, 2002. – С. 233–246.

Получено 13.10.2009 г.