

## АНАЛИЗ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ТОПЛИВА ПО КОТЕЛЬНЫМ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. В. ГРУНТОВИЧ, Ю. О. ГОРЮНОВА**

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

### Введение

Одним из приоритетных направлений повышения энергетической безопасности страны является увеличение использования котельными местных видов топлива (МВТ). Особая роль среди МВТ принадлежит древесному топливу – возобновляемому источнику энергии. Наибольшим потенциалом применения древесного топлива обладают структуры жилищно-коммунального хозяйства. Таким способом предлагается замещать импортируемые виды топлива.

Следовательно, проблема эффективного использования МВТ актуальна для Республики Беларусь. Это связано с тем, что МВТ в основном представлены торфом, древесиной и древесными отходами. 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].

Ставится задача анализа удельных расходов электроэнергии и топлива по котельным региона, работающих на мазуте, дровах, угле, котельно-печном топливе (КПТ), брикете, а также поиск факторов, влияющих на формирование удельных расходов с целью их дальнейшего снижения.

### Решение поставленной задачи

Для решения поставленной задачи выполнен анализ котельного оборудования Гомельской области, где в настоящее время насчитывается 773 котельных. Структура котельных по районам Гомельской области представлена в табл. 1.

*Таблица 1*

**Структура котельных по районам Гомельской области**

Район	Вид используемого топлива					Общее число котельных в районе
	Мазут	Дрова	Уголь	КПТ	Брикет	
Мозырский	8	10	14	2	–	47
Калинковичский	9	9	14	1	3	49
Лоевский	3	2	–	–	10	15
Рогачевский	–	9	–	–	5	34
Октябрьский	4	12	7	–	–	23
Хойникский	–	–	–	–	7	19
Чечерский	–	4	3	1	–	13
Петриковский	7	12	15	–	–	36
Ельский	1	2	3	1	18	29

*Окончание табл. 1*

Район	Вид используемого топлива					Общее число котельных в районе
	Мазут	Дрова	Уголь	КПТ	Брикет	
Брагинский	–	–	5	–	1	12
Кормянский	–	–	10	–	–	15
Жлобинский	1	12	10	–	–	41
Наровлянский	–	4	3	–	–	12
Буда-Кошелевский	1	–	14	–	–	29
Добрушский	1	2	–	–	4	30
Лельчицкий	–	6	10	2	–	20
Речицкий	3	31	–	–	4	76
Житковичский	2	1	15	1	10	37
Гомельский	5	9	6	8	3	191
Светлогорский	3	9	7	–	1	26
Ветковский	2	–	–	–	7	19
Количество котельных	50	134	136	16	73	773

Как видно из табл. 1, среди 773 котельных региона мазут используют 50 котельных, дрова – 134, уголь – 136, котельно-печное топливо – 16 и 73 котельные в качестве топлива используют брикет. Общее количество котельных, использующих МВТ составляет 52,91 % от общего их количества. Анализ показал, что существует значительный потенциал по использованию котельными МВТ.

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

- использование реляционной базы (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.

Взаимосвязанная структура в виде отдельных файловых систем была использована при создании ИБД по котельным Гомельской области. Фрагмент файла реляционной базы данных по котельным Гомельской области с номинальной теплопроизводительностью от 0,5 до 10 Гкал/ч показан на рис. 1.

Информационная база данных включает следующие общие сведения и показатели:

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

№ п/п	Наименование котельной (город, поселок, деревня), адрес, телефон	Владельцы/принадлежность	Тип и количество котлов, тип горючего топлива, лет (общий и гарантийный срок)	Общая теплопроизводительность котельной, Гкал/ч	Плотность расхода топлива	Годовой отпуск тепла/расход топлива, Гкал/т у.т.
Перечень действующих котельных Гомельской области номинальной мощностью 0,5 - 10 Гкал/ч (на 01.01.08 г.)						
Мозырский район.						
2	ОАО "Мозырскдизель" 211600 г.Мозырь, ул.Совинхозовская, 120, тел.261123	Беллес буропром				
	№2 Мозырская цементная фабрика	Беллес буропром	ДКВР-4/13-2 шт.; Г-1/9-1М-2 шт.(пар.)	2,6	мазут др.стх.	13321/1027
	№3 Б.п.стан.цементная фабрика	Беллес буропром	ДКВР-4/13-2 шт.; ДКВР-4,5/13 1 шт.(пар.)	8,1	мазут др.стх.	38403/2600
	№3 ДОК		СП-150-2 шт.	2,6	др.стх.	

Рис. 1. Фрагмент реляционной базы данных по котельным Гомельской области с номинальной теплопроизводительностью от 0,5 до 10 Гкал/ч

Ежеквартально все предприятия представляют данные по расходу топлива в Гомельское областное Управление по надзору за рациональным использованием ТЭР в виде отчета «О результатах использования топлива, тепловой и электрической энергии» по форме 4-нормы ТЭР. В отчете указывают удельный фактический расход топлива и электроэнергии котельных на производство 1 Гкал тепла.

Структура данных, подлежащих анализу, в большинстве случаев неоднородна. Наличие БД по котельному оборудованию Гомельской области позволяет произвести комплексный анализ работы котельных, использующих различные виды топлива. Для этого используется регрессионный анализ.

В данном случае выполняется оценка таких показателей, как среднее квадратическое отклонение  $\sigma_x$  и коэффициент вариации [2].

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma_x$  значения  $x$  – 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.

Коэффициент вариации показывает долю среднего значения величины в выборке от ее среднего разброса

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

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

Для котельных основным статистическим материалом являются удельный фактический расход топлива ( $W_{уд}$ , кг у. т.) и электроэнергии ( $W_{уд}$ , кВт · ч) на отпуск 1 Гкал

тепловой энергии. По ним можно судить о количестве затрат, отнесенных к конечному виду продукции, а именно на выработку 1 Гкал. Величина удельного расхода топлива и электроэнергии зависит от следующих факторов:

- расположение котельной (расстояние от котельной до потребителя энергии);
- назначение котельной, т. е. фактически от мощности потребителя;
- вид используемого топлива.

На основании собранных и систематизированных статистических данных выполнена классификация котельных Гомельской области по теплопроизводительности для каждого вида используемого топлива. Классификация представлена в табл. 2.

На рис. 2 приведена диаграмма процентного соотношения числа котельных в зависимости от теплопроизводительности.

Таблица 2

**Классификация котельных по теплопроизводительности  
в зависимости от вида используемого топлива**

Вид топлива	Тепловая мощность, Гкал/ч									Количество котельных	%
	до 0,5	0,5–1,5	1,5–3	3–5	5–10	10–20	20–50	50–70	70–160		
Мазут	–	3	13	10	12	6	4	2	–	50	7,16
Дрова	4	75	48	5	2	–	–	–	–	134	19,20
Уголь	3	111	22	–	–	–	–	–	–	136	19,48
КПТ	1	9	4	2	–	–	–	–	–	16	2,29
Брикет	5	53	15	–	–	–	–	–	–	73	10,46
Газ	32	87	54	51	29	17	13	3	3	289	41,40
Количество котельных	45	338	156	68	43	23	17	5	3	698	100,0
%	6,45	48,42	22,35	9,74	6,16	3,30	2,44	0,72	0,43	100	–

Особое внимание следует обратить на количество котельных с теплопроизводительностью 0,5–1,5 Гкал/час. Число котельных в этом диапазоне составляет 48,42 % от общего их числа. Это говорит о том, что большинство потребителей представляют собой малые предприятия, учреждения образования, дошкольные учреждения, колхозы, совхозы, коммунальные организации. В связи с этим предлагается для данных потребителей выбрать наиболее рациональный вид используемого топлива для получения тепловой энергии.

Основными критериями выбора топлива служат его доступность и цена. На сегодняшний день в Гомельской области основным видом топлива является природный газ. Число котельных, работающих на природном газе, составляет 41,4 %.

Для котельных установок, работающих на газе, предъявляются повышенные требования к месту установки котла. Котельная должна быть оборудована системой вентиляции и естественным освещением, а также в некоторых случаях отдельным входом. Эти требования в итоге приводит к удорожанию котельной.

Твердые виды топлива довольно серьезно загрязняют атмосферу. Котельные установки в данном случае занимают значительную территорию.

В связи с этим следует обратить внимание на использование современных установок, в частности на когенерационные установки для получения двух форм полезной энергии – тепловой и электрической [3].

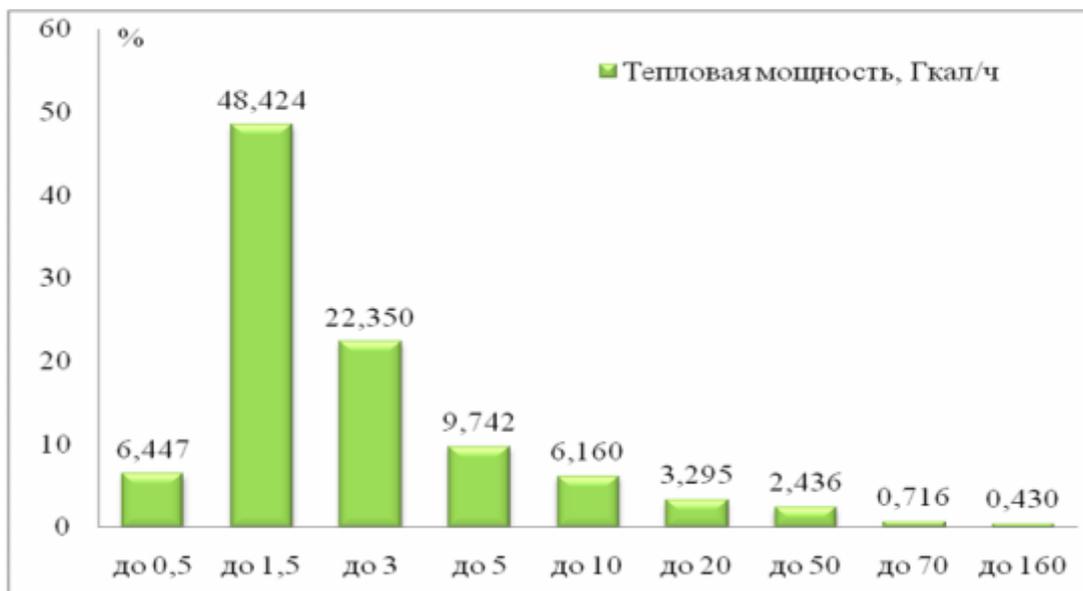


Рис. 2. Число котельных в зависимости от диапазона используемой теплопроизводительности, %

Для оценки эффективности работы котельного оборудования Гомельской области выполнен анализ зависимости удельных расходов топлива и электроэнергии на отпуск тепловой энергии.

Структура котельных в зависимости от вида используемого топлива (рис. 3) показывает, что котельные, использующие уголь, составляют 19,48 % от общего числа котельных региона. Поэтому для котельных, работающих на угле, на основании статистических сведений построены отклонения удельного фактического расхода от среднего значения по диапазонам для топлива ( $W_{уд}$ , кг у. т.) и электроэнергии ( $W_{уд}$ , кВт · ч) на отпуск 1 Гкал. Зависимости представлены на рис. 4 и 5.

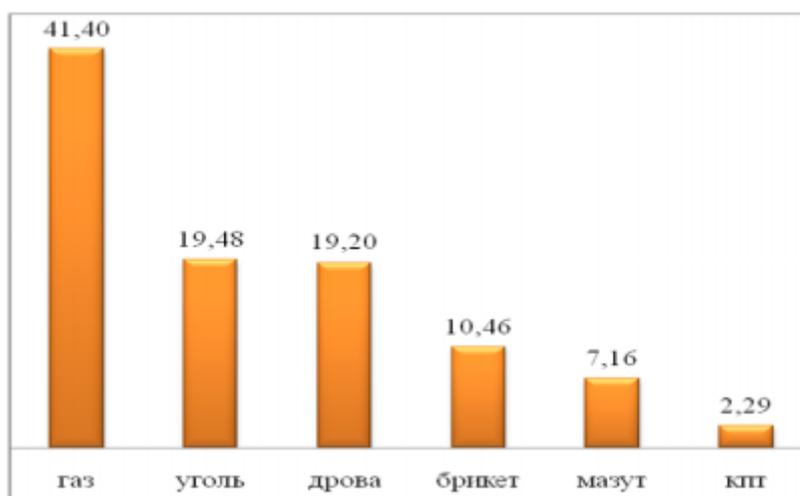


Рис. 3. Структура котельных в зависимости от вида используемого топлива, %

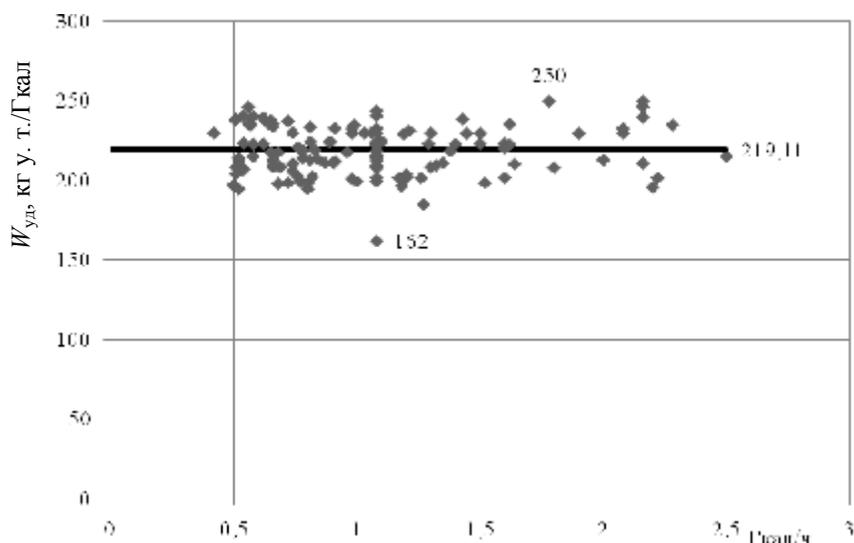


Рис. 4. Отклонение удельного расхода топлива от среднего значения по диапазонам для котельных, работающих на угле

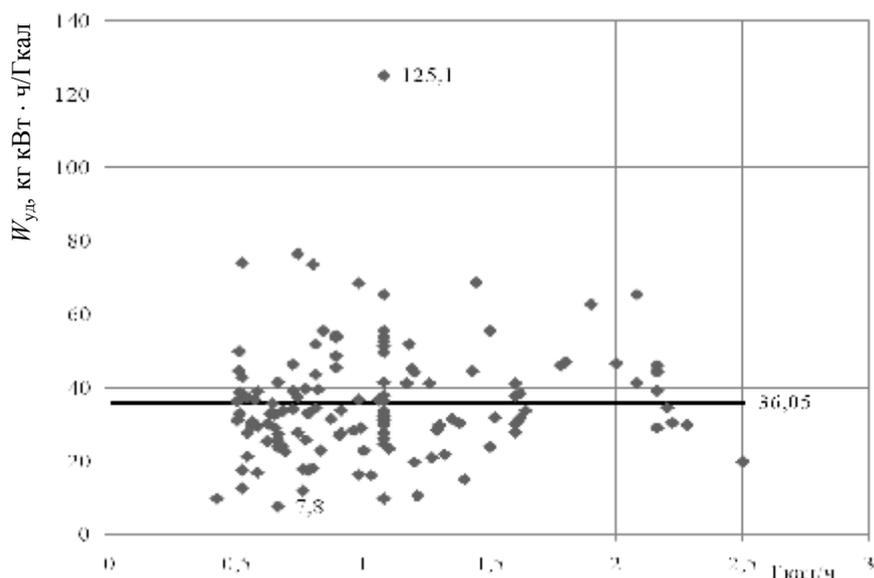


Рис. 5. Отклонение удельного расхода электроэнергии от среднего значения по диапазонам для котельных, работающих на угле

В результате проведенного статистического исследования котельных Гомельской области выявлено отсутствие зависимости удельного расхода топлива и электроэнергии от теплопроизводительности котельных.

В табл. 3 приведены средние значения  $\bar{x}$  удельного расхода топлива и электроэнергии, среднеквадратические отклонения  $\sigma_x$  и значения коэффициента вариации  $v$  для котельных, использующих местные виды топлива.

Таблица 3

**Оценка степени разброса удельных расходов топлива**

и электроэнергии для котельных региона

Всего 409 котельных	Значения по расходу электроэнергии				
	Вид используемого топлива	Используемая тепловая мощность, Гкал/ч	$\bar{x}$ , кВт · ч/Гкал	$\sigma_x$ , кВт · ч/Гкал	$v$ , %
3	Мазут	0,5–1,5	15,27	5,536	36,259
13		1,5–3,0	33,52	11,115	33,157
10		3,0–5,0	25,77	7,196	27,928
12		5,0–10,0	31,89	7,064	22,149
6		10,0–20,0	28,32	7,318	25,843
4		20,0–50,0	33,18	13,757	41,468
2		50,0–70,0	32,25	10,25	31,783
4	Дрова	до 0,5	27,175	3,687	13,567
75		0,5–1,5	26,639	9,222	34,62
48		1,5–3,0	29,238	9,199	31,465
5		3,0–5,0	23,4	7,874	33,649
2		5,0–10,0	26,2	2,1	8,015
3	Уголь	до 0,5	25,833	11,45	44,323
111		0,5–1,5	35,745	16,419	45,934
22		1,5–3,0	38,977	10,654	27,334
1	КПТ	до 0,5	15	–	–
9		0,5–1,5	28,944	14,086	48,664
4		1,5–3,0	25,35	11,583	45,692
2		3,0–5,0	36,25	16,25	44,828
5	Брикет	до 0,5	40,82	2,428	5,947
53		0,5–1,5	30,845	9,841	31,905
15		1,5–3,0	34,013	11,508	33,834
Всего 409 котельных	Значения по расходу топлива				
	Вид используемого топлива		$\bar{x}$ , кВт · ч/Гкал	$\sigma_x$ , кВт · ч/Гкал	$v$ , %
50	Мазут		185,54	24,15	13,01
134	Дрова		224,34	21,04	9,38
136	Уголь		219,12	14,86	6,78
16	КПТ		185,18	21,71	11,72
73	Брикет		223,99	18,55	8,29

Установлено, что для котельных, использующих мазут, значение коэффициента вариации по расходу электроэнергии достигает в максимуме 41,47 %, использующих дрова – 33,65 %, уголь – 45,93 %, котельно-печное топливо – 48,67 %, брикет – 33,83 %. Что касается топлива, то максимальное значение коэффициента вариации характерно для котельных, работающих на мазуте.

### Заключение

Анализ статистических данных по работе котельного оборудования региона позволяет сделать следующие выводы:

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

2. Установлено, что 52,91 % котельных региона используют мазут, дрова, уголь, котельно-печное топливо, брикет. Это позволяет судить о том, что существует значительный потенциал по использованию котельными МВТ.

3. Анализ теплопроизводительности показал, что количество котельных с теплопроизводительностью 0,5–1,5 Гкал/час составляет 48,42 % от общего числа котельных Гомельской области. Это объясняется тем, что большинство потребителей представляют собой малые предприятия, учреждения образования и дошкольные учреждения, колхозы, совхозы, коммунальные организации. В связи с этим следует обратить внимание на выбор наиболее рационального вида используемого топлива для получения тепловой энергии.

4. Произведена оценка зависимостей удельного расхода топлива и электроэнергии для котельных, использующих уголь, поскольку они составляют 19,48 % от общего числа котельных Гомельской области. Установлено отсутствие зависимости удельного расхода топлива от теплопроизводительности котельных.

5. Имеется значительный разброс удельного расхода электроэнергии независимо от тепловой мощности котельных. Оптимизировать потребление электроэнергии целесообразно установкой регулируемых электроприводов на основе вентиляционно-индукторных двигателей на дымососы и дутьевые вентиляторы.

6. Выявлено, что для котельных, использующих мазут, дрова, уголь, котельно-печное топливо и брикет значение коэффициента вариации по расходу электроэнергии находится в диапазоне 33,65–48,67 %, а по расходу топлива коэффициент имеет максимальное значение 13,01 % для котельных, использующих в качестве топлива мазут.

### **Литература**

1. Энергоэффективность. – 2009. – № 6.
2. Шмойлова, Р. А. Общая теория статистики : учеб. пособие / Р. А. Шмойлова. – Москва : Финансы и статистика, 2002. – С. 233–246.
3. Энергоэффективность. – 2008. – № 9. – С. 8.

*Получено 11.02.2010 г.*