

## АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ТЕХНОЛОГИЮ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Докт. техн. наук СЕДНИН В. А.,  
канд. техн. наук ВОЛОШИН Ю. И., инж. КИЧАЕВ М. В.

*Белорусский национальный технический университет,  
НИИ Белкоопсоюза*

В [1] описан методологический подход по составлению технико-экономической модели оценки энергоэффективного хлебозавода. Описание технологии создания и анализа модели проиллюстрируем на примере расчета стоимости топливно-энергетических ресурсов хлебозавода производительностью 6 т хлебобулочных изделий в сутки.

В табл. 1 представлены исходные данные для разработки технико-экономической модели энергоэффективного хлебозавода производительностью 6 т хлебопродуктов в сутки, в табл. 2 – алгоритм анализа режимов работы оборудования, установленного на данном хлебозаводе. В табл. 3 приведен расчет стоимости энергоресурсов для производства заданного объема хлебобулочных изделий.

Таблица 1

**Перечень технологического оборудования для хлебозавода  
производительностью (фактической) 6 т в сутки**

Наименование оборудования	Производительность	Количество, ед.	Цена, млн руб.	Стоимость, млн руб.
1	2	3	4	5
Просеиватель муки МП	1800 кг/ч	2	11	22
Гибкие трубопроводы подачи муки (по 5 м каждый)	0,8 кг/с	3	7	21
Дозатор муки МД-100	До 100 кг	2	11	22
Дозатор воды «Дельтоматик»	35 л/мин	2	8	16
Тестомесильная машина Л4-ХТ-2Б (140 л)	350 кг/ч	1	12	12
Тестомесильная машина А2-ХТЗБ (330 л)	1350 кг/ч	2	25	50
Дежи к тестомесильной машине 140 л	От 15 до 80 кг	2	2,5	5
Дежи к тестомесильной машине 330 л	330 л	10	3,5	35
Дежеподъемоопрокидыватель А2-ХПД-2	–	2	7	14
Тестоделитель «Глимек Сд-80»	750–1500 шт./ч	1	75	75
Тестоделитель «Кузбасс 68-2М»	5700 шт./ч	1	35	35
Камера предварительной расстойки «Глимек ИПП»	2500 шт./ч	1	130	130
Тестоокруглитель «Глимек ЦР-310ГМ»	2500 шт./ч	1	65	65
Тестозакаточная машина «Глимек МО»	3600 шт./ч	1	60	60
Расстойный шкаф к печи «Поиск-240/02» типа Г4-ХРГ	330 шт./ч	1	90	90

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Расстойная камера (на 6 тележек)	5900 кг/сут.	1	40	40
Печь хлебопекарная ротационная (в комплекте) «Ротомакс 12 G» (18 листов на вагонке)	2400 кг/сут.	1	135	135
Печь хлебопекарная ярусная (в комплекте), вариант 8/4	1300 кг/сут.	1	130	130
Посадчик «Ассистент-автоматик 1А 90/200»		1	75	75
Печь хлебопекарная люлечная «Поиск-240/02» (в комплекте)	4900 кг/сут. по формовому 0,9 кг	1	70	70
Упаковочная машина S-560N	300–600 уп./ч	1	30	30
Машина для нарезки изделий LOZAMET МКР-11.6	150 шт./ч	1	15	15
Итого стоимость оборудования				1147

**Примечание.** Установленная мощность хлебозавода – 8,6 т/сут.; производительность хлебозавода с учетом 25 % запаса мощностей – 6000 кг/сут.; коэффициент использования мощностей – 70 %.

Таблица 2

**Алгоритм анализа режимов работы оборудования, установленного на хлебозаводе**

Основные характеристики работы оборудования	Структура вырабатываемого ассортимента						
	Формовой хлеб		Подовой хлеб		Булочные изделия		
Производительность завода, кг/сут.	6000		6000		6000		
Объем производства, кг/сут.	3600		600		1800		
Объем производства, шт./сут.	4000		857		4500		
Удельный вес в объеме производства, %	60		10		30		
Усредненный выход продукции, %	141		139		135		
Развес выпускаемой продукции, кг	0,9		0,7		0,4		
Потребность муки для производства, кг/сут.	2553		432		1333		
Основные характеристики работы оборудования при порционном замесе теста							
Наименование оборудования	Время работы оборудования при производстве, мин						Время работы оборудования всего, ч
	Формового хлеба		Подового хлеба		Булочных изделий		
	За-квас-ка	Тес-то	За-квас-ка	Тес-то	Опа-ра	Тес-то	
1	2	3	4	5	6	7	8
Просеиватель муки МП	18	72	3	13	14	33	2,6
Гибкие трубопроводы подачи муки	11	44	2	8	8,5	20	1,6
Дозатор муки МД-100	11	44	2	8	8,5	20	1,6
Дозатор воды «Дельтоматик»	11	36	2	5	6	5,5	1,1
Тестомесильная машина Л4-ХТ-2Б (140 л)					100	300	6,7
Тестомесильная машина А2-ХТЗБ (330 л)	420	345	70	80	70	170	19,3
Дежелодъемоопрокидыватель А2-ХПД-2		138		24		170	5,5

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Тестоделитель «Глимек Сд-80»						270	4,5
Тестоделитель «Кузбасс 68-2М»		333		73			6,8
Камера предварительной расстойки «Глимек ИПП»						135	2,3
Тестоокруглитель «Глимек ЦР-310ГМ»						135	2,3
Тестоукаточная машина «Глимек МО»						64	1,1
Расстойный шкаф к печи «Поиск-240/02» типа Г4-ХРГ		747					12,5
Расстойная камера (на 6 тележек)				200		830	17,2
Печь хлебопекарная ротационная (в комплекте) «Ротомакс 12 G» (18 листов на вагонке)						1100	18,3
Печь хлебопекарная ярусная (в комплекте), вариант 8/4				760			12,7
Посадчик «Ассистент-автоматик 1А 90/200»				340			5,7
Печь хлебопекарная лопочная «Поиск-240/02» (в комплекте)		1200					20,0
Упаковочная машина S-560N*						276	4,6
Машина для нарезки изделий LOZAMET МКР-11.6**						920	15,3

**Примечание.** Объем производства хлебобулочных изделий – 6000 кг/сут.; \* упакованной продукции – 25 % от общих объемов производства; \*\* нарезанной продукции – 10 % от общих объемов производства.

Таблица 3

**Расчет стоимости энергоресурсов для производства хлебобулочных изделий**

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Расход топлива, м <sup>3</sup> /ч	Время работы оборудования, ч	Стоимость использованных ресурсов, тыс. руб.	Примечание
1	2	3	4	5	6
Просеиватель муки МП	1,5		2,55	0,98	
Гибкие трубопроводы подачи муки	2		1,6	0,79	
Дозатор муки МД-100	1		1,6	0,40	
Дозатор воды «Дельтоматик»	1		1,1	0,28	
Тестомесильная машина Л4-ХТ-2Б (140 л)	1,87		6,7	3,18	
Тестомесильная машина А2-ХТЗБ (330 л)	4,75		19,3	23,32	
Дежеподъемоопрокидыватель А2-ХПД-2	1,5		5,5	2,12	
Тестоделитель «Глимек Сд-80»	2		4,5	2,30	
Тестоделитель «Кузбасс 68-2М»	4		6,8	6,90	
Камера предварительной расстойки «Глимек ИПП»	2		2,3	1,15	
Тестоокруглитель «Глимек ЦР-310ГМ»	2,5		2,3	1,43	
Тестоукаточная машина «Глимек МО»	2		1,1	0,54	

1	2	3	4	5	6
Расстойный шкаф к печи «Поиск-240/02» типа Г4-ХРГ	1,1		13,5	3,77	Учтено время разогрева шкафа – 60 мин
Расстойная камера (на 6 тележек)	6,5		17,2	28,45	Учтено время разогрева шкафа – 60 мин
Печь хлебопекарная ротационная (в комплекте) «Ротомакс 12 G» (15 листов на тел.) 6 кВт	0	5,2	18,3	44,04	Учтено время разогрева печи – 40 мин
Печь хлебопекарная ярусная (в комплекте), вариант 8/4 2,5 кВт	0	5	12,7	29,26	Учтено время разогрева печи – 80 мин
Посадчик «Ассистент-автоматик 1А 90/200»	0,75		5,7	1,08	
Печь хлебопекарная люлечная «Поиск-240/02» (в комплекте) 1 кВт	0	5,7	18,5	48,72	Учтено время разогрева печи – 90 мин
Упаковочная машина S-560N	3,7		4,6	4,34	
Машина для нарезки изделий LOZAMET МКР-11.6	0,37		6,3	0,59	
Стоимость ресурсов всего				203,64	
Затраты на единицу продукции				0,02	

**Примечание.** Производство хлебобулочных изделий – 6000 (9357) кг/сут. (шт./сут.); стоимость электрической энергии – 0, 255 тыс. руб./(кВт·ч); стоимость природного газа – 0,462 тыс. руб./м<sup>3</sup>. В графу «Время работы оборудования» включено время работы расстойных шкафов и печей в пересменку – 20 мин на каждую единицу.

В [1] отмечалось, что в качестве типовых хлебозаводов были выбраны и обоснованы хлебозаводы с объемом суточного производства хлеба 6 т (тип 1), 4 т (тип 2) и 2 т (тип 3). Модель хлебозавода первого типа с объемом производства 6 т в сутки приведена в данной статье, и на ней была апробирована методика разработки программной модели расчета стоимости топливно-энергетических ресурсов при производстве хлебобулочных изделий.

Также с помощью данной методики были разработаны модели хлебозаводов 2-го и 3-го типов. Результаты моделирования хлебозаводов 1-, 2- и 3-го типов сведены в табл. 4.

Таблица 4

## Результаты моделирования типовых хлебозаводов

Тип хлебозавода	Объем выпуска продукции, кг/сут.	Расход природного газа, м <sup>3</sup> /сут.	Стоимость природного газа, тыс. руб./сут.	Расход электроэнергии, кВт·ч/сут.	Стоимость электроэнергии, тыс. руб.	Общая стоимость ресурсов, тыс. руб./сут.	Количество хлебобулочных изделий, шт./сут.	Затраты на одно изделие, руб.	Затраты на 1 т, тыс. руб.
1-й	6000	264,2	122	320	81,6	203,6	9357	22	33,9
2-й	4000	166,7	77	204,5	52,2	129,2	6238	20,7	32,3
3-й	2000	109,6	50,6	175,7	44,8	95,4	3120	30,6	47,7

На основании данных, приведенных в табл. 4, рассчитаны годовые объемы потребления газа, электроэнергии, а также затраты на их оплату. Результаты расчета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Годовые объемы расхода ТЭР и их стоимость

Тип хлебо-завода	Годовой объем выпуска, т	Природный газ		Электроэнергия		Стоимость энергоресурсов, всего, млн руб./год	Годовой объем выпуска хлебобулочных изделий, тыс. шт.
		Объем, тыс. м <sup>3</sup> /год	Стоимость, млн руб./год	Объем, тыс. кВт·ч/год	Стоимость, млн руб./год		
1-й	2190	96,43	44,55	116,8	29,78	74,31	3415
2-й	1460	60,85	28,11	74,8	19,05	47,16	2277
3-й	730	40,0	18,5	64,13	16,35	34,85	1139

Анализ эффективности принятых решений проведем путем оценки удельных объемов природного газа, электроэнергии и стоимости топливно-энергетических ресурсов, приходящихся на 1 т производимой продукции (табл. 6).

Таблица 6

Оценка удельных объемов и стоимости энергоресурсов

Тип хлебо-завода	Объем суточного выпуска, кг	Удельные энергозатраты на 1 т		
		Объем газа, м <sup>3</sup>	Объем электроэнергии, кВт·ч	Стоимость, тыс. руб./т
1-й	6000	44	53,3	33,9
2-й	4000	41,7	51,1	32,3
3-й	2000	54,8	87,9	47,7

Проведем анализ эффективности принятых технологических решений путем сравнения показателей типового хлебозавода с показателями существующего хлебозавода аналогичной производительности. Для этого был выбран хлебозавод Поставского райпо с фактической производительностью 5,47 т/сут. Результаты анализа режимов работы хлебозавода Поставского райпо приведены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты моделирования работы хлебозавода Поставского райпо

Суточный объем выпуска продукции, кг	Природный газ		Электроэнергия		Стоимость энергоресурсов, тыс. руб./сут.	Суточный объем выпуска хлебобулочных изделий, шт.
	Объем, м <sup>3</sup> /сут.	Стоимость, тыс. руб./сут.	Объем, тыс. кВт·ч/сут.	Стоимость, тыс. руб./сут.		
5470	459	212	339,5	86,6	298,5	7686

В табл. 8 приведены удельные объемы и стоимости энергоресурсов, полученных для типового завода № 1 и хлебозавода Поставского райпо.

Таблица 8

**Сравнение показателей удельных энергозатрат на 1 т продукции хлебозавода  
Поставского райпо и типового хлебозавода № 1**

Наименование завода	Удельные энергозатраты на тонну			Удельная стоимость энергозатрат на изделие, руб.
	Объем газа, м <sup>3</sup>	Объем электроэнергии, кВт·ч	Стоимость, тыс. руб.	
Хлебозавод Поставского райпо	83,9	62,1	54,6	38,6
Типовой хлебозавод № 1	44	53,3	33,9	22
Отклонение (+, -):				
абсолютное	39,9	8,8	20,7	16,6
относительное	1,9	1,2	1,6	1,7

Анализ результатов табл. 8 показывает, что в случае оснащения хлебозавода Поставского райпо технологическим оборудованием, соответствующим типовой модели № 1, и производства того же годового объема продукции (1996,6 т) в том же ассортименте, экономия энергоресурсов по природному газу – 79,7 тыс. м<sup>3</sup> и по электроэнергии – 17,6 тыс. кВт·ч. Соответственно в денежном выражении экономия энергоресурсов составит 41,3 млн руб. при цене природного газа – 462 руб. за 1 м<sup>3</sup>, электроэнергии – 255 руб. за 1 кВт·ч.

Результаты сравнения позволяют сделать вывод о наличии значительного потенциала экономии топливно-энергетических ресурсов на хлебозаводах Белкоопсоюза. Следовательно, необходимо проводить их модернизацию с применением инновационного энергосберегающего оборудования, а также разработать программу модернизации всей подотрасли с определением требуемых для этого капитальных затрат и оптимизацией эффективности вложений средств.

Важно также учитывать, что в данной статье проведено сравнение хлебозаводов только по уровню энергозатрат на технологию производства хлебобулочных изделий.

### ВЫВОДЫ

Предложенная модель расчета энергетических затрат при производстве хлебобулочных изделий позволяет упростить проведение предпроектных исследований, осуществить ранжирование технологического оборудования, всей производственной цепочки по критерию энергопотребления и, анализируя полученные значения объемов энергопотребления, расставить приоритеты при проведении частичной модернизации технологических линий.

Важным результатом является возможность сравнения полученных расчетных данных по объемам потребляемой энергии с данными, касающимися конкретных хлебозаводов, и определение сроков окупаемости планируемых мероприятий. Предлагаемая модель дает возможность разработки примера «идеального» хлебозавода, т. е. хлебозавода с минимальными энергетическими затратами на технологию производства продукции, а также обосновать критерии минимального потребления энергии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. С е д н и н, В. А. Модель расчета энергетических затрат на технологию производства хлебобулочных изделий в потребительской кооперации Республики Беларусь / В. А. Седнин, Ю. И. Волошин, М. В. Кичаев // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2010. – № 5. – С. 50–56.

Представлена кафедрой ПТЭ и ТТ

Поступила 16.06.2010