

ЦЫЦАРЕВА Е. И.

**ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ
КОТЛОАГРЕГАТОВ НА ПРИМЕРЕ ЗАО «МОРДОВСКИЙ БЕКОН»**

Аннотация. В статье приведены результаты приборных измерений параметров котлов ЗАО «Мордовский бекон». Выполнен анализ их работы, определены составляющие теплового баланса, проведена оценка потенциала энергосбережения как в натуральном выражении, так и в финансовом.

Ключевые слова: энергетическое обследование, котлоагрегат, баланс затрат, тепловой баланс, потенциал энергосбережения, потери с уходящими газами.

TSYTSAREVA E. I.

**AN ENERGY SAVING ASSESSMENT OF BOILER FLUE GAS HEAT:
A STUDY OF JSC "MORDOVSKY BACON"**

Abstract. The article considers the results of an instrumental measurement of boilers at JSC "Mordovsky bacon". The author analyses their work, identifies their heat balance components, and presents an assessment of their energy saving potential both in physical and monetary terms.

Keywords: energy inspection, boiler, balance cost, heat balance, energy saving potential, flue gas losses.

В 2012 году между Учебно-научным центром «Мордовский центр энергосбережения» (УНЦ МЦЭ) и ЗАО «Мордовский бекон» был заключен договор на проведение энергетического обследования энергохозяйства ЗАО «Мордовский бекон». В процессе выполнения энергетического обследования предприятия были установлены объемы потребления энергетических ресурсов предприятием, в том числе природного газа (таблица 1).

Таблица 1

Объемы потребления природного газа

Наименование	Единица измерения	Анализируемый период				
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Потребление природного газа	тыс. м ³	4417	4333	4716	4257	5180,666
Затраты с НДС	тыс.руб.	7337,85	8788,29	11592,98	13985,01	21360,13

Баланс затрат предприятием финансовых средств на энергоносители и воду на период обследования выглядит следующим образом (рисунок 1).

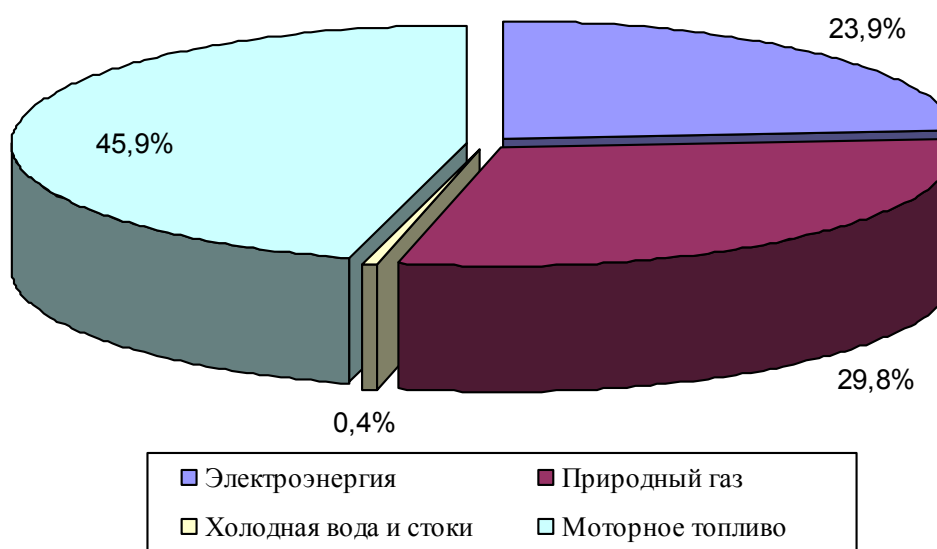


Рис. 1. Баланс затрат финансовых средств на энергоносители и воду.

Как видно из баланса потребления, 45,9% нагрузки приходится на моторное топливо, но при анализе затрат большинство единиц автомобильного и тракторного парка имеют фактический расход топлива на уровне с нормативным потреблением или даже ниже паспортного значения. Поэтому потенциал энергосбережения по этому виду энергоресурса практически составляет 0%.

Вторым основным структурным элементом баланса является тепловая энергия и составляет 29,8% от общих затрат. Распределение по направлениям использования тепловой энергии на предприятии приведено на рисунке 2.

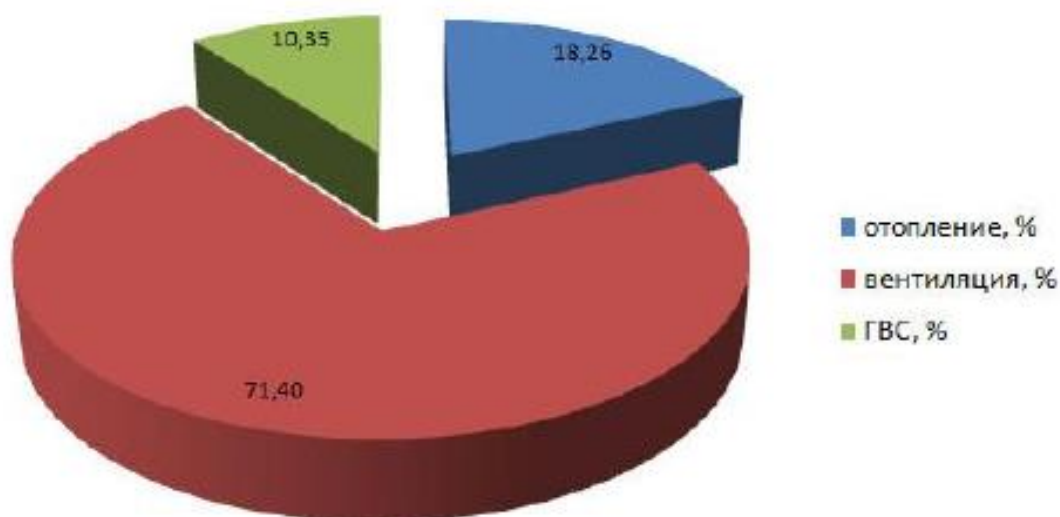


Рис. 2. Распределение потребления тепловой энергии по направлениям использования/

Как видно из рисунка 2, значительная часть расхода тепловой энергии идет на покрытие нагрузки с вентиляцией – 71,4%. Добиться существенного снижения возможно за счет утилизации теплоты вентиляционных выбросов.

Теплоснабжение зданий предприятия ЗАО «Мордовский бекон» осуществляется от собственных котельных, встроенных в здания. Котлы, используемые на предприятии, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Местонахождение, марка и установленная мощность котлоагрегатов

Место-нахождение	Марка	Кол-во	Установленная мощность Тепловая, кВт	Потребление природного газа, тыс. м ³
Кочелаево	Ferrolі Prextherm 600	1	600	31
	Ferrolі Prextherm 469	1	469	24
	Ferrolі Prextherm 190	1	190	10
	Теплогенератор Ermaf GP 70	8	70	29
Тургенево	Ferrolі Prextherm 600	1	600	92
	Ferrolі Prextherm 469	1	469	72
	Ferrolі Prextherm 190	1	190	29
	Теплогенераторы Ermaf GP 70	8	70	85
Вярвель	Ferrolі Prextherm 190	2	190	11
	Теплогенераторы Ermaf GP 70	36	70	72
Безводное	Ferrolі Prextherm 190	2	190	24
	Теплогенераторы Ermaf GP 70	30	70	134
Каз.Майдан	Теплогенераторы Ermaf GP 40	4	40	33
	Ferrolі Pegasus 56	1	56	12
Вечерлей	КСМ - 100	10	100	610
	Теплогенераторы Ermaf GP 70	12	70	512
Апраксино	Теплогенераторы ТГ - 1,5	16	175	517
	КСМ - 100	4	100	74
	ДКВР 6.5-13 ГМ	1	5000	923
	Е 1,0 – 0,9 ГМ	3	770	426
	Ferrolі Pegasus 107	2	107	39
	Ferrolі Pegasus 56	2	56	21
Лада	Теплогенератор Thermobile AGA 75E	32	75	378
	Хопер 63А	2	63,2	20
	Ferrolі Pegasus 56	2	56	18

Каменки	КСМ - 100	2	100	33
	Теплогенератор ТГ-1,5	2	175	58
Дюрки	Хопер 63А	1	63,2	50
	Ferrolі Pegasus 107	1	107	84
	Ferrolі Pegasus 56	1	56	44
	Protherm 130 KLO	1	130	102
Алово	Теплогенератор ТГ-1,5	6	175	179
	КСМ - 100	9	100	153
	Ferrolі Pegasus 107	1	107	18
РТП	Теплогенератор ТГ-1,5	2	175	140
	КОВ - 31,5 СТ	2	31,5	25
	КОВ - 50 СТ	1	50	20
	УГОП 16	2	16	13
	КСМ - 100	1	100	40
	Mora Elite 65 HE	1	64	26

Из таблицы 2 видно, что основная нагрузка приходится на водогрейные котлы и теплогенераторы ТГ-1,5 у которых происходит отвод дымовых газов в окружающую среду. Но при этом около 42,39% нагрузки обеспечивают высокоэффективные теплогенераторы Ermaf GP-70 и Thermobile AGA 75E, у которых дымовые газы сбрасываются в помещения откорма животных, тем самым осуществляется полная утилизация теплоты уходящих газов. Так как в помещениях откорма требуется высокая кратность воздуха, что видно по нагрузке на вентиляцию (рис. 2), то не превышаются предельно-допустимые концентрации отравляющих веществ, содержащихся в уходящих газах (СО, SO₂ и др.).

Для выявления потенциала энергосбережения при производстве теплоты для каждого котла был составлен тепловой баланс, с использованием газоанализатора Testo 340. Выборочно для всех марок котлов, установленных в определенном месте, приведем результаты в таблицу 3. Так как обмуровка ни на одном из котлов не была нарушена, то потенциал энергосбережения с наружным охлаждением q_5 отсутствует. При этом, как видно из результатов измерений (таблица 3), потери с химической неполнотой сгорания q_3 также отсутствуют (СО = 0 ppm). Соответственно учитываем только потери с уходящими газами q_2 .

Таблица 3

Результаты измерений газоанализатором уходящих газов котельных агрегатов

Место-нахождение	Марка котла	Дата / время	T _г , °C	CO ₂ , %	q ₂ , %	α	O ₂ , %	CO, ppm	T _в , °C
Кочелаево	Ferrolі Prextherm 600	11.12.2012 12:43:28	151,3	3,07	15,50	3,24	15,08	0	12
	Ferrolі Prextherm 469	11.12.2012 12:56:36	142,6	6,58	7,8	1,74	9,39	0	24,4
	Ferrolі Prextherm 190	11.12.2012 12:55:11	120,0	5,94	6,8	1,92	10,52	0	25,0
Тургенево	Ferrolі Prextherm 600	13.12.2012 13:50:40	128,6	2,29	17,5	4,71	16,87	0	25,1
	Ferrolі Prextherm 469	13.12.2012 13:40:35	107,3	6,45	5,70	1,77	9,61	0	21,5
	Ferrolі Prextherm 190	13.12.2012 14:15:48	162,4	6,05	9,3	1,88	10,28	0	31,1
Вярвель	Ferrolі Prextherm 190	11.12.2012 14:57:49	164,1	9,58	6,9	1,22	4,08	0	21,4
Безводное	Ferrolі Prextherm 190	13.12.2012 16:11:50	157,4	7,01	8,10	1,64	8,62	0	26,9
Каз.Майдан	Ferrolі Pegasus 56	11.12.2012 14:16:30	74,2	2,11	9,60	5,24	17,27	0	22,8
Вечерлей	КСМ - 100	18.12.2012 13:59:30	257,1	6,30	16,90	1,81	9,87	0	10,3
Апраксино	ТГ - 1,5	20.12.2012 14:40:52	159,0	6,36	10,6	1,80	9,77	0	0
	КСМ - 100	20.12.2012 13:44:36	386,1	8,56	20,2	1,36	5,90	0	2,2
	ДКВР 6,5-13 ГМ	20.12.2012 11:57:05	111,0	1,94	18,4	5,37	17,42	0	15,9
	Ferrolі Pegasus 107	20.12.2012 14:12:23	90,1	8,70	4,40	1,34	5,65	0	4,6
	Ferrolі Pegasus 56	20.12.2012 14:16:42	103,7	4,75	8,6	2,38	12,62	0	5,4
Лада	Хопер 63А	21.12.2012 12:04:15	143,1	4,55	11,70	2,48	12,96	0	14,9
	Ferrolі Pegasus 56	21.12.2012 12:09:37	152,3	5,70	10,2	2,00	10,94	0	15,3
Каменки	КСМ - 100	21.12.2012 15:06:47	362,9	7,81	20,00	1,48	7,22	0	11,0
	ТГ-1,5	21.12.2012 15:12:08	361,1	8,41	18,6	1,38	6,12	0	13,2
Дюрки	Хопер 63А	14.12.2012 15:27:27	260,1	6,08	16,9	1,88	10,26	0	20,1
	Ferrolі Pegasus 107	14.12.2012 15:22:16	155,5	7,92	7,5	1,40	6,57	0	19,1
	Ferrolі Pegasus 56	14.12.2012 15:15:31	130,1	1,86	23,40	5,90	17,70	0	18,1
	Protherm 130 KLO	14.12.2012 15:36:57	149,5	8,01	7,1	1,41	6,63	0	20,7

Продолжение таблицы 3

Алово	ТГ-1,5	15.12.2012 15:11:52	261,6	10,25	11,50	1,15	2,89	0	8,4
	КСМ - 100	15.12.2012 15:32:21	247,7	9,40	11,70	1,24	4,37	0	7,8
	Ferrolі Pegasus 107	15.12.2012 15:04:47	114,0	8,45	5,60	1,37	6,08	0	8,0
РТП	ТГ-1,5	22.12.2012 12:04:24	203,0	5,07	15,4	2,21	11,99	0	16,1
	КОВ - 31,5 СТ	22.12.2012 12:26:40	53,2	2,18	7,7	5,08	17,15	0	10,3
	КОВ - 50 СТ	22.12.2012 12:36:40	148,4	6,29	9,3	1,82	9,90	0	11,9
	УГОП 16	22.12.2012 12:33:37	66,2	2,38	9,1	4,67	16,80	0	11,3
	КСМ - 100	22.12.2012 13:01:05	56,2	2,41	7,4	4,61	16,75	0	11,2

Потенциал Π энергосбережения при выполнении мероприятий по утилизации уходящих газов будет определяться по следующей зависимости:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n G_{газа\ i} \cdot \frac{q_{2i}}{100}, \text{ тыс. м}^3$$

где $G_{газа\ i}$ – расход природного газа i -м котлом, тыс. м^3 ;

q_{2i} – потери теплоты с уходящими газами i -м котлом.

Экономия \mathcal{E} финансовых средств при утилизации дымовых газов составит:

$$\mathcal{E} = \Pi \cdot C_{газа}, \text{ тыс. руб}$$

где $C_{газа}$ – стоимость природного газа равная 4,123, руб/ м^3 .

Результаты расчета по выше предложенной методике приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты оценки потенциала энергосбережения

Место нахождения	Марка котла	q_2 , %	Потребление природного газа, тыс. м^3	Потенциал энергосбережения, тыс. м^3	Экономия финансовых средств, тыс. руб.
Кочелаево	Ferrolі Prextherm 600	15,50	31	4,805	19,811015
	Ferrolі Prextherm 469	7,8	24	1,872	7,718256
	Ferrolі Prextherm 190	6,8	10	0,68	2,80364
Тургенево	Ferrolі Prextherm 600	17,5	92	16,1	66,3803
	Ferrolі Prextherm 469	5,70	72	4,104	16,920792
	Ferrolі Prextherm 190	9,3	29	2,697	11,119731
Вярвель	Ferrolі Prextherm 190	6,9	11	0,759	3,129357

Продолжение таблицы 4

Безводное	Ferrolі Prextherm 190	8,10	24	1,944	8,015112
Каз.Майдан	Ferrolі Pegasus 56	9,60	12	1,152	4,749696
Вечерлей	КСМ - 100	16,90	610	103,09	425,04007
Апраксино	ТГ - 1,5	10,6	517	54,802	225,948646
	КСМ - 100	20,2	74	14,948	61,630604
	ДКВР 6,5-13 ГМ	18,4	923	169,832	700,217336
	Ferrolі Pegasus 107	4,40	39	1,716	7,075068
	Ferrolі Pegasus 56	8,6	21	1,806	7,446138
Лада	Хопер 63А	11,70	20	2,34	9,64782
	Ferrolі Pegasus 56	10,2	18	1,836	7,569828
Каменки	КСМ - 100	20,00	33	6,6	27,2118
	ТГ-1,5	18,6	58	10,788	44,478924
Дюрки	Хопер 63А	16,9	50	8,45	34,83935
	Ferrolі Pegasus 107	7,5	84	6,3	25,9749
	Ferrolі Pegasus 56	23,40	44	10,296	42,450408
	Protherm 130 KLO	7,1	102	7,242	29,858766
Алово	ТГ-1,5	11,50	179	20,585	84,871955
	КСМ - 100	11,70	153	17,901	73,805823
	Ferrolі Pegasus 107	5,60	18	1,008	4,155984
РТП	ТГ-1,5	15,4	140	21,56	88,89188
	КОВ - 31,5 СТ	7,7	25	1,925	7,936775
	КОВ - 50 СТ	9,3	20	1,86	7,66878
	УГОП 16	9,1	13	1,183	4,877509
	КСМ - 100	7,4	40	2,96	12,20408
Всего			3486	503,141	2074,45

Из таблицы 4 следует, что потенциал энергосбережения теплоты уходящих газов равен 503,141 тыс. м³ природного газа, что составляет 9,71% от общего потребления. При этом экономия финансовых средств составит 2074,45 тыс. руб.

Проведенное исследование показывает, что даже на относительно новых котлах имеется возможность существенной экономии энергетических ресурсов. Основными направлениями по снижению потерь с уходящими газами, наряду с утилизацией теплоты, является разработка систем мониторинга работы котлоагрегата [1]. Поэтому разработка высокоэффективных систем утилизации теплоты уходящих газов и мониторинг работы котлоагрегатов на сегодняшний день не перестает быть актуальной даже с внедрением современных котлоагрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысяков А. И., Артемов И. Н., Ениватов А. В., Зинкин Д. А., Цыцарева Е. И. Анализ отклонений основных параметров работы котлоагрегатов в период эксплуатации // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвуз. сб. науч. тр. / редкол.: А.В. Котин [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – С. 215-221.