

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-научном 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).

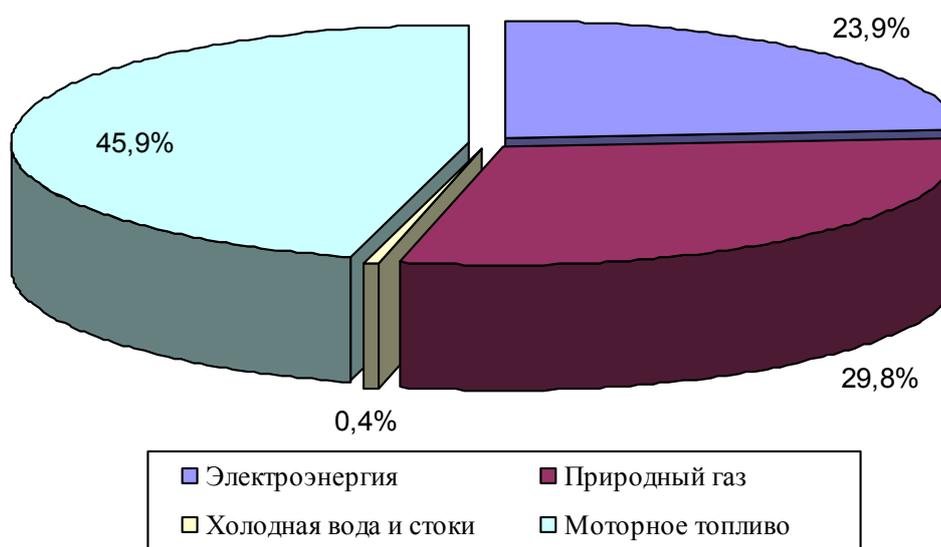


Рис. 1. Баланс затрат финансовых средств на энергоносители и воду.

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.

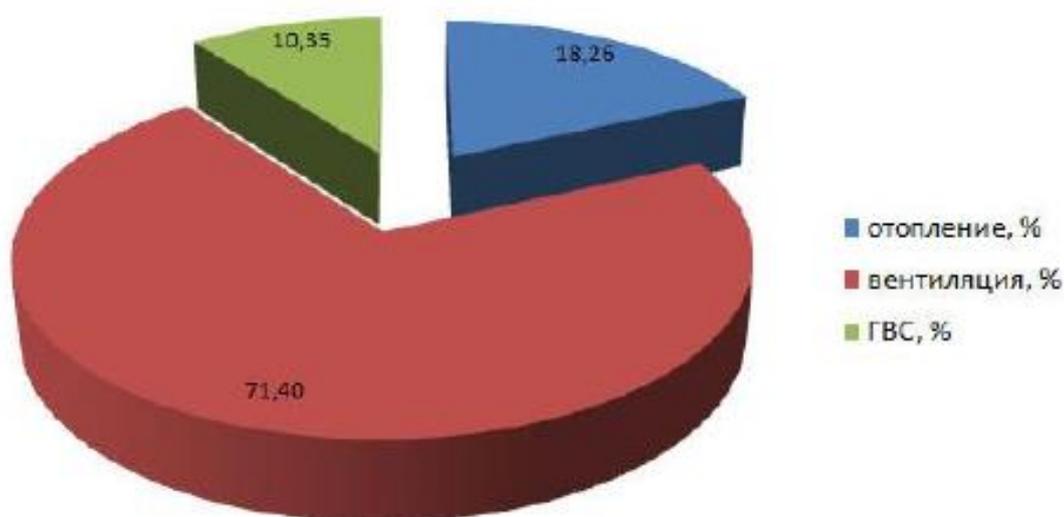


Рис. 2. Распределение потребления тепловой энергии по направлениям использования/

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.