

## **Модельный анализ комплексного показателя эффективности работы отопительной котельной в городе Безенчук**

*Каштанова Алена Анатольевна*

*Самарский государственный технический университет*

*Магистрант*

*Гаврилова Анна Александровна*

*Самарский государственный технический университет*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

### **Аннотация**

Построена модель зависимости себестоимости тепловой энергии от расхода электроэнергии на собственные нужды и удельного расхода топлива. Исследован комплексный показатель эффективности работы энергетического объекта (отопительной котельной города Безенчук) – себестоимость отпущенной тепловой энергии. Проведен анализ параметров модели, определены способы повышения энергоэффективности работы котельной

**Ключевые слова:** производственная функция, математическое моделирование, ресурсы, себестоимость, энергоэффективность.

## **Model analysis of the integrated indicator of the efficiency of the heating boiler in the city Bezenchuk**

*Kashtanova Alena Anatolyevna*

*Samara State Technical University*

*Master student*

*Gavrilova Anna Aleksandrovna*

*Samara State Technical University*

*Candidate of technical sciences, associate professor of heat and gas supply and ventilation*

### **Abstract**

A model has been built for the dependence of the cost of thermal energy on auxiliary energy consumption and specific fuel consumption. A comprehensive indicator of the performance of an energy facility (heating boiler house of the Bezenchuk town) - the cost price of the released heat energy was investigated. The analysis of the model parameters was carried out, ways to improve the energy efficiency of the boiler house operation were determined.

**Keywords:** production function, mathematical modeling, resources, cost, energy efficiency.

Задача повышение эффективности работы и рациональное использование производственных ресурсов позволяет повысить конкурентноспособность производственно-экономических систем (ПЭС).

Решение этой задачи возможно на базе статистического и модельного анализа. Анализ статических данных предприятия позволяет исследовать динамику изменения затраченных ресурсов и объемов выпущенной продукции; модельный анализ позволит определить повышения показателей эффективности работы ПЭС, эффективность использования ресурсов, сделать прогнозы работы предприятия [1].

В качестве объекта исследования выбрана отопительная котельная в Безенчукском районе. Показателями эффективности примем такие характеристики, как себестоимость тепловой энергии  $S(t)$ , удельный расход топлива  $Q(t)$  и расход электроэнергии на собственные нужды котельной. Период исследования соответствует отопительному периоду: с октября по апрель 2017 года.

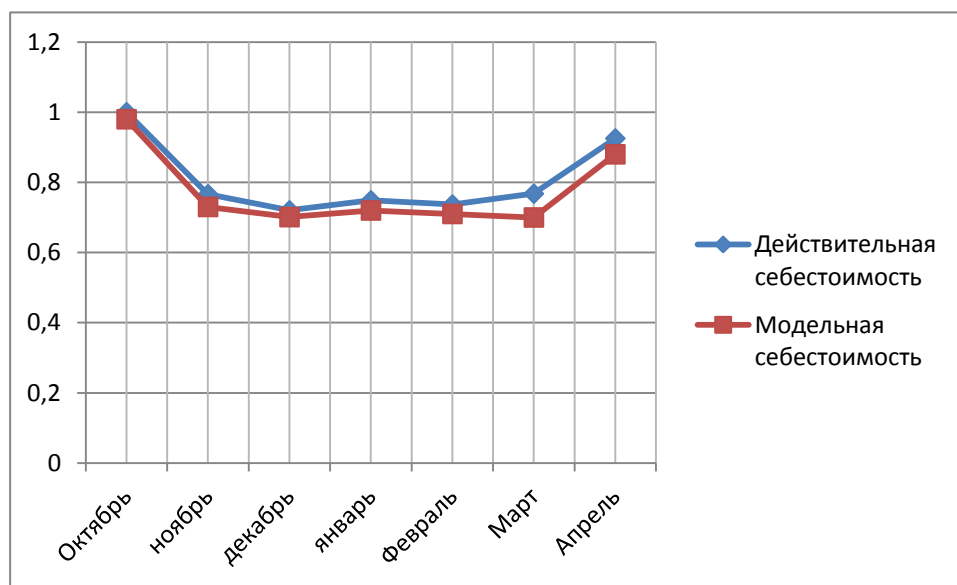


Рис.1 Действительная и модельная себестоимость тепловой энергии

В течение рассматриваемого периода зависимость значительно менялась. Статистические данные приведены к максимуму. Максимум наблюдается в октябре месяце. Далее снижается с октября до ноября на 24%, с ноября до декабря на спад равен 2%, далее до марта происходит незначительный рост до 77%. В апреле поднимается на 16% и составляет 95%.

В качестве входных параметров ( $X_i$ ) рассматриваем расход электроэнергии ( $R$ ) и удельный расход топлива ( $Q$ ), выходным параметром является себестоимость  $S(t)$ .

Построим модель зависимости себестоимости от входных параметров в форме степенной производственной функции:

$$S(t)=AQ(t)^{\alpha}R^{\beta} \quad (1)$$

где  $A$  – масштабный коэффициент, характеризующий интегральную эффективность.  $\alpha$ ,  $\beta$  – показатели эластичности, которые показывают на сколько процентов увеличиться производство энергии при увеличении затрат соответствующих ресурсов на 1%.

$$\alpha = \frac{R}{S} * \frac{\partial S}{\partial R}, \beta = \frac{Q}{S} * \frac{\partial S}{\partial Q} \quad (2)$$

$A$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ , идентифицируем методом наименьших квадратов. Для этого анализируем уравнение 1.

$$\ln(S) = \ln(A) + \alpha \cdot \ln(Q) + \beta \cdot \ln(R) \quad (3)$$

Для анализа качества моделей подсчитаем коэффициент детерминации, критерий Фишера, среднеквадратическое отклонение, критерий Дарбина-Уотсона. Параметры модели и показатели качества приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты вычислений

A	$\alpha$	$\beta$	$2 R^2$	$\sigma$	F	DW
1,746	1,117	-0,0915	0,954	0,032	291,2	1,33

Полученные коэффициенты свидетельствуют о том, модель обладает удовлетворительными аппроксимативными характеристиками и хорошими прогнозными свойствами.

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0.954$ , т.е. приближен равен единице, это говорит об адекватности модели. Этот коэффициент является значимым, т.к. F-статистика  $>2$ . Значение критерия Дарбина-Уотсона  $DW=1,33$  для выработки всех видов энергии являются удовлетворительными. Это означает, что модель можно использовать для краткосрочного прогноза. Среднеквадратичная ошибка  $\sigma$ , которая имеет удовлетворительную величину ( $\approx 3\%$ , что не превышает 5%).

Коэффициент эластичности электроэнергии по расходу на собственные нужды  $\alpha=1,117$  является положительным, что говорит об эффективности использования этого ресурса (удельного расхода топлива). Увеличение данного ресурса на 1 %, увеличивает себестоимость выпуска продукции на 1,17%. А коэффициент эластичности по удельному расходу топлива  $\beta$  близок нулю ( $\beta=-0,09$ ) и малозначим. Значение  $\alpha$  больше по модулю в 12,4 раза, а значит больше влияет на себестоимость выпуска продукции [3].

**Выводы:**

1. Построена модель зависимости себестоимости тепловой энергии от расхода электроэнергии на собственные нужды и удельного расхода топлива.
2. Исследован комплексный показатель эффективности работы энергетического объекта (отопительной котельной города Безенчук) – себестоимость отпущенной тепловой энергии.
3. Проведен анализ параметров модели, определены способы повышения энергоэффективности работы котельной.
4. Расход электроэнергии в 12,4 раза больше влияет на изменение себестоимости тепловой энергии, следовательно, необходимо исследовать возможность сокращения собственных нужд на электроэнергию котельной города Безенчук.

**Библиографический список**

1. Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Построение и идентификация математических моделей производственных систем: Учебное пособие. - Самара: ООО «Офорт», 2005.
2. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. Исследование характеристик регионального промышленного комплекса методами статистического и модельного анализа.// Научное обозрение. 2015. №15. С.327-332
3. Салов А.Г., Гаврилова А.А., Князев П.А., Круглов В.А. Имитационное моделирование деятельности генерирующего комплекса на основе трехфакторной производственной функции.// Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура: научно-технический журнал, 2016. Вып.3 (24). С.140-145.