ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ПУТЕМ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF A HEATING BOILER WAY TO BUILD A MATHEMATICAL MODEL

УДК 51-74

Баймуратов И.Р., магистрант 2 курса, кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» АСА СамГТУ Россия, г. Самара.

Гаврилова А.А., кандидат технических наук, доцент доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» АСА СамГТУ Россия, г. Самара.

Baimuratov I.R., ilnurrifle@gmail.com

Gavrilova A.A., ilnurrifle@gmail.com

Аннотация

В данной статье предложены комплексные критерии для оценки работы отопительной котельной. Использована математическая модель в виде производственной функции, параметры модели идентифицированы методом наименьших квадратов. Был сделан регрессионный анализ модели для оценки качества. Определена эффективность расхода топлива на единицу выработанной готовой продукции, использования электроэнергии на собственные нужды предприятия в зависимости от полезного отпуска тепловой энергии, являющегося выходным параметром. В результате проведенной работы было рекомендовано мероприятие по увеличению эффективности использования ресурсов.

Summary

This article proposes comprehensive criteria for evaluating the operation of a heating boiler. A mathematical model is used in the form of a production function, the model parameters are identified by the least square's method. A regression analysis of the model was done to assess quality. The efficiency of fuel consumption per unit of finished products, the use of electricity for the company's own needs, depending on the useful supply of thermal energy, which is the output parameter, is determined. As a result of the work, an action was recommended to increase the efficiency of resource use.

Ключевые слова: отопительная котельная, энергетические ресурсы, производственная функция, адекватность модели, системный анализ, отопительный период, имитационное моделирование.

Key words: heating boiler room, energy resources, production function, model adequacy, system analysis, heating period, simulation.

В связи с высокой конкуренцией на рынке производства тепловой энергии основной целью по осуществлению оптимальной работы отопительной котельной областного поселка является комплексное повышение эффективности работы производственного объекта на основе рационального использования энергоресурсов на собственные нужды и повышение конечных результатов деятельности энергоснабжающего предприятия. Решение такой задачи возможно путем системного анализа и математического моделирования, а также оценки комплексной эффективности производства [3]. Примем в качестве комплексных показателей энергоэффективности энергетические ресурсы, используемые котельной.

Во-первых, проведем **статистический** анализ статистических данных по работе отопительной котельной, рассмотрим динамику изменения энергетических ресурсов: удельного расхода топлива и расхода электрической энергии котельной на собственные нужды. Реальные статистические данные в статье используем в безразмерном, приведенном к

максимуму, виде. Исследуемый период является отопительным: с октября по апрель. В летние месяцы котельная не работает.

Удельный расход топлива достигает своего максимума в период пиковых нагрузок в январе. В октябре и апреле достигает своего минимума, соответствующего 50%, относительно января.

Второй параметр – расход электрической энергии котельной на собственные нужды зависит от количества используемого оборудования, уровня автоматизации котельной, внедрения инновационных технологий в работу всего оборудования и поддержания номинальных режимов работы. В октябре показатель равен 0,58. В ноябре, январе и февраль достигает своих наибольших значений (0,96–1,0). В декабре, марте и апреле значения находятся в промежутке 0,91–0,93.

Динамика полезного отпуска тепловой энергии аналогична динамике изменения удельного расхода топлива.

На следующем этапе для исследования энергоэффективности проведем математическое моделирование зависимости изменения отпуска тепловой энергии от количества используемых энергетических ресурсов. Наиболее распространенным классом моделей функционирования производственных систем является класс производственных функций. Производственная функция описывает взаимосвязь используемых входных ресурсов и готовой выпускаемой продукции [4].

Для этого проработаем чрезвычайно часто используемую в математическом моделировании двухфакторную производственную функцию.

Уравнение в общем виде:

$$Y = F(B, E), \quad (1)$$

где в качестве входных параметров рассмотрим B и E, а в качестве выходного параметра Y [1].

Согласно общей структуре:

$$Y(t) = A * B(t)^{\alpha} * E(t)^{\beta}, \quad (2)$$

где $B(t)$ – удельный расход топлива на выработку тепловой энергии котельной, $E(t)$ – расход электрической энергии на собственные нужды, $Y(t)$ – значение отпуска тепловой энергии, A – коэффициент, описывающий масштабную эффективность производственной системы предприятия;
α и β – коэффициенты эластичности, показывающие, на сколько процентов изменится выпуск конечной продукции при увеличении соответствующего ресурса на один процент [2].

$$\alpha = \frac{Y}{B} * \frac{\partial B}{\partial Y}, \quad (3)$$

$$\beta = \frac{Y}{E} * \frac{\partial E}{\partial Y}. \quad (4)$$

Методом наименьших квадратов были определены параметры модели. Сопоставим полученные коэффициенты эластичности и масштабный коэффициент производственной системы.
Уравнение принимает вид (отопительный период):

$$Y = 2{,}75 * B^{1,3} * E^{-0,05} \quad (5)$$

В общем, анализ качества выявил адекватность полученной модели (5), т.к. коэффициент детерминации (R^2) равен 0,98. Величина среднеквадратичной невязки ($\sigma = 4{,}3\%$) не превышает 5%. Оценка по F-статистике Фишера приемлема и равна 126. Критерии Дарбина-Уотсона соответствуют допустимым пределам: DW=1,47 (см. таблицу 1).

Таблица 1

Таблица 1. Полученные коэффициенты модели за отопительный период.

Параметры	A	α	β	R^2	σ	F	t_{α_1}	t_{α_2}	t_a	DW
Полученные значения	2,75	1,3	-0,05	0,98	4,3	126	30,23	637,9	16,4	1,47

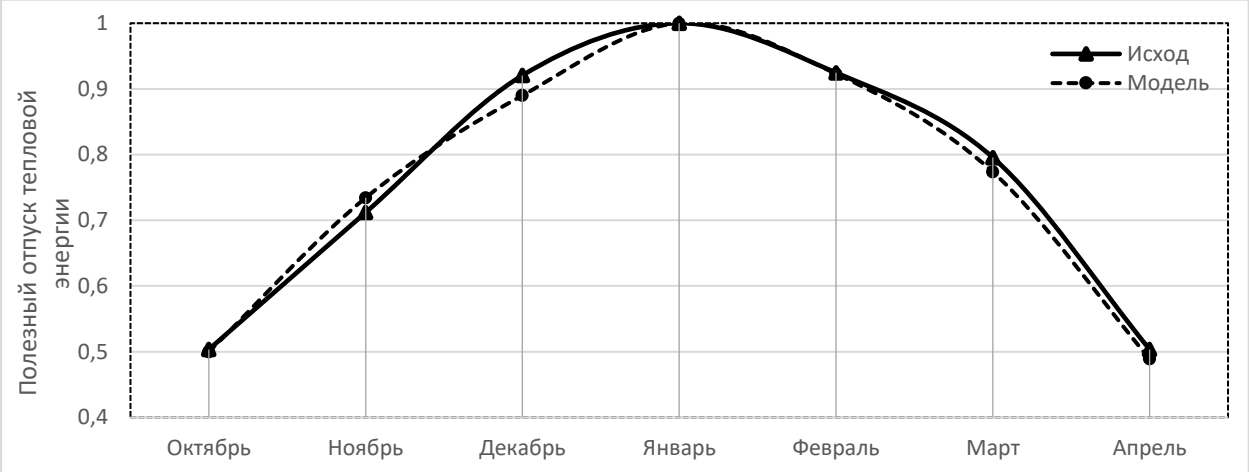


Рисунок 1. Действительный отпуск тепла в отопительный сезон по отношению к расчетному по модели Y=2,75*$B^{1,3} * E^{-0,05}$.

Модель (5) (см. рисунок 1) может быть применена для анализа эффективности работы котельной, а также в качестве имитационной модели для получения прогнозных вариантов управленческих решений.

Выводы:

1. Коэффициент эластичности α = 1,3 положителен. Это говорит о том, что использование топливного ресурса экономично. При повышении расхода топлива на 1%, отпуск тепловой энергии повышается на 1,3%.

2. Коэффициент эластичности β = −0,05 является показателем эффективности использования энергетического ресурса. При снижении расхода электроэнергии на собственные нужды на 1% отпуск тепловой энергии повышается на 0,05%.

3.Существует необходимость в модернизации технической части оборудования, потребляющего электрическую энергию. Возможный вариант для снижения расхода электроэнергии на собственные нужны котельной – применение частотно-регулируемого привода двигателей вспомогательного оборудования котельной.

Использованные источники:

1. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. /Исследование характеристик регионального промышленного комплекса методами статистического и модельного анализа. / Научное обозрение, /Наука образования - издательский дом -М, №15, 2015, с.327-332

2. 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/СГАСУ. - Самара, 2016. – Вып.3 (24) – с.140-145.
3. Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Построение и идентификация математических моделей производственных систем: Учебное пособие. - Самара: ООО «Офорт», 2005.-с.37-38.
4. Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. / Методы моделирования и управления производственно-экономическими объектами: учебное пособие / Самар. гос. техн. ун-т, Управление и системный анализ в теплоэнергетике. - Самара: 2010.- 144 с

Sources used:

1. Gavrilova A. A., Salov A. G., Ivanova D. V. / Research of characteristics of regional industrial complex by methods of statistical and model analysis. / Scientific review, / Science of education-publishing house-M, no. 15, 2015, p. 327-332
2. Salov A. G., Gavrilova A. A., Knyazev P. A., Kruglov V. A. / Simulation of generating complex activity based on the three-factor production function. / Herald of SGASU. Urban planning and architecture scientific-technical journal/SGAS. - Samara, 2016. - Issue 3 (24) - p. 140-145.
3. diligenskiy N. V., Gavrilova A. A., Tsapenko M. V. Construction and identification of mathematical models of production systems: Textbook. - Samara: OOO "etch", 2005. - p. 37-38.
4. diligenskiy N. V., Gavrilova A. A., Tsapenko M. V. / Methods of modeling and management of production and economic objects: a textbook / Samar. GOS. tehn. UN-t, Management and system analysis in heat power engineering. - Samara: 2010. - 144 c