

2. Anderson R.R., Salz J. Spectra of digital FM // Bell System Technical Journal. Vol. 44. № 6. 1965. P. 1165–1189.

3. Proakis J.G., Salehi M. Digital Communications. 5th ed., New York: McGraw-Hill, 2008.

4. Xiong F. Digital Modulation Techniques. 2nd Ed. – Norwood: Artech House, 2006.

УДК 51-74
ГРНТИ 44.01.77

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ПУТЕМ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Свинцов Григорий Викторович,
магистрант кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»,
АСА СамГТУ, Россия, г. Самара.
Гаврилова Анна Александровна,
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»,
АСА СамГТУ, Россия, г. Самара.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE HEATING BOILER BY BUILDING A MATHEMATICAL MODEL

Svintsov Grigory Viktorovich,
Master student of the Department "Heat and Gas Supply and Ventilation",
ASA SamGTU, Russia, Samara.
Gavrilova Anna Alexandrovna,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation,
\ASA SamGTU, Russia, Samara.

АННОТАЦИЯ

Статья описывает построение математической модели в виде производственной функции, идентифицированной методом наименьших квадратов. Проведен регрессионный анализ полученной модели. Определена эффективность использования электроэнергии на собственные нужды, удельного расхода топлива на единицу выработанной готовой продукции, а также выходного параметра в виде полезного отпуска тепловой энергии. В работе приведены комплексные критерии оценки работы отопительной котельной. По результатам исследования предложены мероприятия, повышающие эффективность использования ресурсов.

ANNOTATION

The article describes the construction of a mathematical model in the form of a production function identified by the least squares method. A regression analysis of the resulting model was carried out. The efficiency of using electricity for own needs, specific fuel consumption per unit of finished products, as well as the output parameter in the form of useful supply of thermal energy is determined. The paper provides comprehensive criteria for evaluating the operation of a heating boiler. Based on the results of the study, measures are proposed that increase the efficiency of resource use.

Ключевые слова: отопительная котельная, эффективность, энергетические ресурсы, производственная функция, адекватность модели, системный анализ.

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

Существенной проблемой на рынке тепловой энергии на сегодняшний день является отсутствие либо недостаточность инвестирования средств со стороны государства или частных инвесторов. Для повышения привлекательности инвестирования средств необходимо обеспечить функционирование основного и вспомогательного оборудования в номинальном режиме.

Рациональное использование потребляемых ресурсов энергетическим предприятием является главным фактором, увеличивающим эффективность производства конечной продукции.

Решить данную задачу возможно путем оценки комплексной эффективности производства на основе построения математической модели [1,2].

Сначала проведем статистический анализ данных о работе предприятия. Для этого рассмотрим изменение двух входных параметров, влияющих на производство тепловой энергии. Первый – удельный расход топлива на единицу отпущенной продукции. Значения в статье указаны в приведенном виде к максимуму.

Показатели удельного расхода топлива имеют максимальные значения в октябре, апреле и ноябре

(0,94-1,0). В период с декабря по март проявляются изменения в пределах 0,84-0,88.

Второй входной параметр - расход электроэнергии на собственные нужды предприятия, который зависит от технического оснащения энергетического предприятия, внедрения современных передовых технологий при работе основного и вспомогательного оборудования, а также его поддержание в номинальном режиме работы. Данный показатель с ноября по март достигает максимальных значений (0,96-1,0). В октябре показатель равен 0,64. В апреле значение равно 0,83.

Выходным параметром является количество отпущенной тепловой энергии потребителю. При рассмотрении стоит отметить, что в октябре, при отпуске 0,44, нагрузка является минимальной. В ноябре отпуск повышается на 0,25 и, соответственно, равен 0,69. С декабря по март в период минимальных температурных значениях отпуск тепловой энергии достигает максимума (0,86-1,0). Небольшой спад наблюдается в апреле при отпуске 0,79.

$$Y = A * X_1^\alpha * X_2^\beta, \quad (2)$$

где X_1 - удельный расход топлива на выработку тепловой энергии,

X_2 -расход электроэнергии на собственные нужды,

Y-значение отпуска тепловой энергии,

$$\alpha = \frac{Y}{X_1} * \frac{\partial X_1}{\partial Y}, \quad (3)$$

$$\beta = \frac{Y}{X_2} * \frac{\partial X_2}{\partial Y}. \quad (4)$$

Параметры модели идентифицированы методом наименьших квадратов. Подставим найденные коэффициенты эластичности, а также

Задача производственной функции, как один из классов моделей функционирования производственной системы, заключается в описании процесса преобразования входных ресурсов в выходную конечную отпускаемую продукцию. Производственная функция представляет собой описание взаимосвязи между используемыми входными ресурсами и готовой выпускаемой продукцией [3].

Затем проведем модельный анализ исследуемого объекта. Для этого рассмотрим наиболее часто используемую в математическом моделировании двухфакторную производственную функцию.

Общий вид уравнения:

$$Y = F(X_1, X_2), \quad (1)$$

где X_1, X_2 - входные параметры, Y- выходные показатели.

В соответствии с общей структурой для теплоисточника формула примет вид:

A - параметр, описывающий масштабную эффективность производственной системы.

α и β - коэффициенты эластичности, показывающие, на сколько процентов изменится выпуск конечной продукции при увеличении соответствующего ресурса на один процент [4].

масштабный коэффициент производственной системы. Уравнение примет вид:

Результаты математического моделирования

$$Y = 1,02 * X_1^{1,95} * X_2^{-0,13} \quad (5)$$

Параметры	A	α	β	R^2	σ	F	t_{α_1}	t_{α_2}	t_a	DW
Полученные	1,02	1,95	-0,13	0,98	2,3	437,9	10,5	6,8	17,09	1,36

В целом, анализ результатов идентификации параметров модели по удельному расходу топлива, электроэнергии на собственные нужды, суммарного отпуска тепловой энергии показал, что все полученные значения соответствуют реальным статистическим данным (см. таблицу 1), так как коэффициент детерминации $R^2 = 0,98$. Среднеквадратичная невязка менее 2,3%, оценка по

критерию Фишера является удовлетворительной $F=437,9$, критерии Дарбина-Уотсона находится в допустимых пределах $DW=1,36$. Свойства полученной модели являются удовлетворительными, следовательно, модель может рассматриваться в качестве имитационной.

Таблица 1

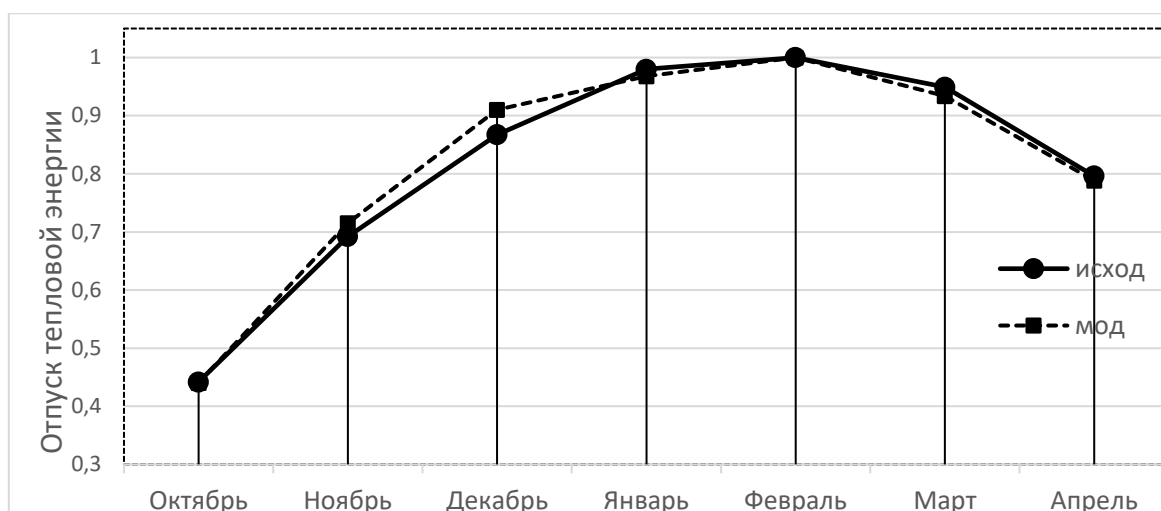


Рисунок 1. Фактический отпуск готовой продукции по отношению к полученной по математической модели $Y=1,02 * X_1^{1,95} * X_2^{-0,13}$.

На основании анализа полученной математической модели (см. рисунок 1) видим, что при повышении отпуска тепловой энергии на 1%, удельный расход топлива снижается на 1,95%. Повышение выпуска готовой продукции на 1% повышает расход электроэнергии на собственные нужды предприятия на 0,13%.

Вывод:

1. Полученная модель в виде степенной производственной функции адекватно описывает поведение исследуемой отопительной котельной областного города и может применяться в качестве имитационной модели для получения различных перспективных решений.

2. Найденный коэффициент эластичности $\alpha=1,95$ имеет положительный знак, что говорит об экономичности использования данного ресурса. Коэффициент $\beta = -0,13$ имеет отрицательный знак, что свидетельствует о необходимости технического перевооружения оборудования, потребляющего значительное количество электрической энергии.

3. Анализируя коэффициент эластичности $\beta = -0,13$ имеет смысл рассмотреть внедрение частотно-регулируемого привода, в целях снижения расхода электроэнергии на собственные нужды предприятия, что позволит снизить себестоимость выпускаемой продукции и повысит

привлекательность для инвестиции со стороны инвесторов.

Список литературы:

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

©Г.В. Свинцов, А.А. Гаврилова, 2020