(cc) BY

Свинцов Григорий Викторович
бакалавр техн. наук, магистрант
Научный руководитель
Гаврилова Анна Александровна
канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет»
г. Самара, Самарская область

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ РЕСУРСОВ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация*: рациональное использование ресурсов является необходимым фактором, обеспечивающим устойчивость и конкурентоспособность организации на рынке. Одним из методов определения эффективности использования ресурсов является математическое моделирование. В статье на основе имитационного моделирования показано, насколько эффективно потребляются входные ресурсы энергетического предприятия, влияющие на качество отпускаемой продукции.*

Ключевые слова*: имитационное моделирование, энергетическое предприятие, эффективность, используемые ресурсы, отопительный период, регрессионный анализ.*

В условиях рыночных отношений для эффективного функционирования энергетического предприятия на рынке тепловой энергии необходима высокая рентабельность производства тепловой энергии, снижение издержек при производстве продукции и увеличение эффективности использования основных ресурсов.

Для оценки эффективности использования ресурсов воспользуемся математической моделью как одним из методов исследования эффективности функционирования энергетического предприятия, с помощью которого имеется

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

возможность предсказать поведение энергетического предприятия при использовании ресурсов, а также найти варианты увеличения эффективности производства тепловой энергии [1].

Моделирование является особенно эффективным, когда исследовать объекты невозможно или это потребует существенных затрат времени и средств.

Процесс построения математической модели осуществляется в несколько этапов. На начальном этапе конструируется модель объекта, анализируются основные действующие показатели функционирования производства. Далее проводится исследование построенной модели, при этом сама модель выступает как самостоятельный объект. Изучаются закономерности поведения модели, возможные стратегии управления и сценарии функционирования. На третьем этапе на основе полученной модельной информации делаются выводы о свойствах, характеристиках, закономерностях поведения исследуемого объекта [2].

На начальном этапе рассмотрим основные сведения об исследуемом объекте, а также показатели входных ресурсов при производстве тепловой энергии.

Объектом исследования является отопительная котельная г. Октябрьска, снабжающая население города тепловой энергией для различных социально-бытовых нужд. Основными потребляемыми ресурсами являются топливные E(t), энергетические K(t), трудовые ресурсы B(t). Значения рассматриваются в приведенном виде к максимуму.

Рассматривая топливные ресурсы теплоисточника, стоит отметить, что в октябре расход топлива минимален 0,43. С ноября по февраль данный показатель достигает максимальных значении 1,0. С февраля по март наблюдается спад на 0,22. Потребление ресурса составляет 0,78. Энергетические ресурсы рассматриваются в виде расхода электроэнергии на собственные нужды. В феврале значение минимально 0,64. Нагрузка максимальна с ноября по март – (0,96–1). В апреле имеется спад на 0,17. Соответственно, данный показатель равен 0,83. Слабым изменениям подвергнуты трудовые ресурсы. При постоянном значении 1 имеется небольшой спад в декабре 0,83.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Отпускаемым ресурсом отопительной котельной является тепловая энергия. Максимальные значения выходного ресурса (0,94–1,0) находятся в период с января по март. В октябре отпуск продукции минимален 0,44. В ноябре, декабре и марте показатели отпуска тепла равны 0,69, 0,86, 0,79, соответственно.

На основании статистических данных необходимо выбрать класс математической модели. Для этого используем агрегированную модель в виде трехфакторной производственной функций типа Кобба – Дугласа, которая эффективно применяется в качестве анализа деятельности энергетического предприятия [3].

Трехфакторная производственная функция в общем виде имеет вид:

$$Y=F(E,K,B), \tag{1}$$

где Y – выходной продукт, E, K, B – потребляемые ресурсы при производстве продукции [4].

В соответствии с общей структурой (1) трехфакторная степенная производственная функция описывается уравнением (2):

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

где Y(t) – тепловая энергия, выпускаемая отопительной котельной;

A – масштабный коэффициент, характеризующий интегральную эффективность;

K(t) – расход электрической энергии на собственные нужды;

B(t) – персонал, обслуживающий отопительную котельную;

E(t) – расход топлива;

α, β, γ – коэффициенты эластичности, показывающие, на сколько процентов изменится отпуск тепловой энергии при повышении соответствующего потребляемого ресурса на 1%.

Параметры A, $\alpha,\ \beta,\ \gamma$ идентифицированы методом наименьших квадратов. В качестве критерия оптимальности примем минимальное значение квадратичного отклонения модельной зависимости Y_m(t) от соответствующего действительного статистического параметра Y(t) [3].

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

$$\sum_{i=1}^{T}(Y(t_i)\text{-}\ Y_m(t_i))^2 \rightarrow\ min, \qquad (3)$$

где Ym – квадратичное отклонение модельной зависимости,

Y – реальные статистические данные,

t_i – единица рассматриваемого временного интервала [5; 6].

В результате получено уравнение следующего вида:

$$Y= 3{,}6*E^{0{,}97} * K^{0{,}1} * B^{-0{,}02}$$

Проверку статистической значимости и статистических гипотез идентифицированных параметров проведем с помощью многомерного регрессионного анализа. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа математической модели

Критерии	Полученные величины
	Y(t)=A*$E(t)^{\alpha} * K(t)^{\beta} * B(t)^{\gamma}$
A	3,6
α	0,97
β	0,10
γ	-0,02
R^2	0,993
σ	0,018
F	1106
T_{α}	7,9
T_{β}	4,6
T_A	10,5
DW	2,19

Показатели качества аппроксимации показали, что имитационная модель обладает хорошими описательными свойствами. Среднеквадратичная ошибка погрешности расчётов составила 1,08. Коэффициент детерминации R^2 значим по статистике Фишера достигает 0,993. Математическая модель обладает высокими прогнозными свойствами – критерий DW равен 2,19, что свидетельствует об отсутствии автокорреляции остатков. Наиболее достоверны величины эластичности выпуска по топливным и трудовым ресурсам γ, так как $T_a \geq 2$. На рисунке 1

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

представлен график изменения действительного отпуска тепловой энергии отопительной котельной и полученный с помощью математической модели.

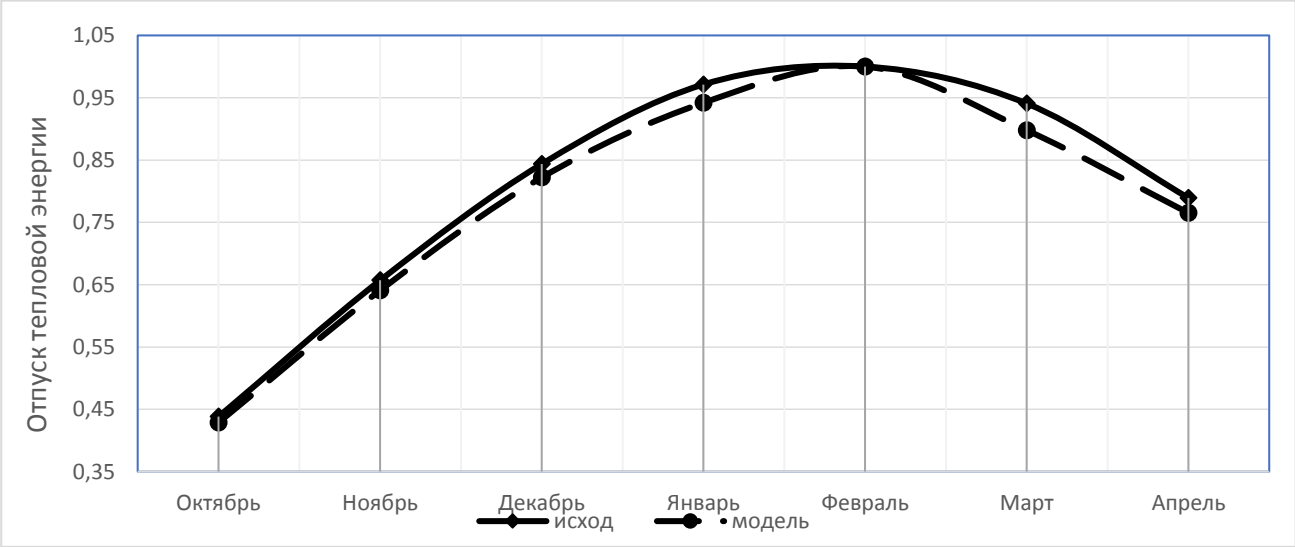

Рис. 1

Таким образом, на основании идентифицированных параметров математической модели отпуска тепловой энергии сформулируем основные *выводы*:

1. Модельный анализ показал, что использование трудовых ресурсов γ неэффективно, так как коэффициент эластичности имеет отрицательное значение -0,02. Кроме того, стоит отметить, что данный ресурс не оказывает существенного влияния на выпуск продукции в связи с тем, что значение γ близко к 0.

2. Коэффициент эластичности по топливным ресурсам имеет положительный знак ($\alpha = 0{,}97$). Следовательно, при производстве тепловой энергии данный ресурс эффективен и имеет зависимость, близкую к линейной. Увеличение расхода топлива на 1% увеличивает отпуск продукции на 0,97% При производстве тепла, данный ресурс оказывает существенное влияние.

3. Энергетические ресурсы, которые соответствуют коэффициенту эластичности β используются эффективно, так как данный коэффициент β имеет положительный знак. При увеличении отпуска тепловой энергии на 1% расход электрической энергии на собственные нужды снижается на 0,1%.

4. Топливные ресурсы, по сравнению с энергетическими, в 9,7 раз больше влияют на эффективность производства тепловой энергии.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Список литературы

1. Гаврилова А.А. Комплексный анализ эффективности использования капитальных, трудовых, топливных и водных ресурсов генерирующего предприятия // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2012. – №1 (33). – 178 с.

2. Гаврилова А.А. /Исследование характеристик регионального промышленного комплекса методами статистического и модельного анализа / А.А. Гаврилова, А.Г. Салов, Д.В. Иванова // Научное обозрение. – 2015. – №15. – С. 327–332.

3. Дилигенский Н.В. Построение и идентификация математических моделей производственных систем / Н.В. Дилигенский, А.А. Гаврилова, М.В. Цапенко. – Самара: Офорт, 2005. – 126 с.

4. Гаврилова А.А. Применение имитационного моделирования для анализа устойчивости производственно-экономического объекта // ИКТ. – 2011. – №3. – С. 53–58.

5. Терехов Л.Л. Производственные функции. – М.: Статистика, 1974. – 128 с.

6. Дилигенский Н.В. Методы моделирования и управления производственно-экономическими объектами: учебное пособие / Н.В. Дилигенский, А.А. Гаврилова, М.В. Цапенко // Управление и системный анализ в теплоэнергетических и социотехнических комплексах. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. – 60–65 с.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)