

Сазонова Наталья Дмитриевна, магистрант,
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

Вершинина Александра Александровна, магистрант,
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

Сагитова Ляйсан Акзамовна, ст. преподаватель,
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

Научный руководитель:
Гаврилова Анна Александровна,
доцент каф. ТГВ, к.т.н., доцент,
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ

Аннотация: Исследована эффективность использования основных ресурсов на энергетическом предприятии методом модельного анализа. Проведена проверка адекватности модели с помощью регрессионного анализа, идентифицированы параметры модели методом наименьших квадратов. Анализ результатов моделирования позволил предложить мероприятия повышения энергоэффективности отпуска тепловой энергии котельной.

Ключевые слова: модельный анализ, производственная функция, эластичность выпуска, модель энергопроизводства, эффективность использования ресурсов, суммарное производство тепловой энергии.

Введение

В последнее время часто акцентируют внимание на вопросе эффективности использования топливных ресурсов в энергетической промышленности. Главная цель любого энергетического предприятия – повышение собственной прибыли, которая достигается путем увеличения объемов производства или снижения потребления энергоресурсов. Процессы, которые связаны с использованием ресурсов в производстве продукции, часто описывают с помощью моделей в форме производственных функций. Производственная функция – функция общего продукта, т.е. технологическая зависимость общего объема производства от физических объемов затрат ресурсов (факторов производства).

Построение модели энергопредприятия

Применение модельного анализа одно из современных научных направлений для исследования, анализа, управления и прогнозирования производственных процессов на предприятиях. Объектом исследования в данной работе является блочно-модульная котельная для теплоснабжения и горячего водоснабжения (ГВС) потребителей КС-3 «Красноармейская» Самарской области.

Для анализа и определения наиболее эффективных мероприятий по экономичному использованию топливных ресурсов была применена степенная трехфакторная неоднородная производственная функция типа Кобба-Дугласа [1, 2]. Модель объекта представлена на рисунке 1.



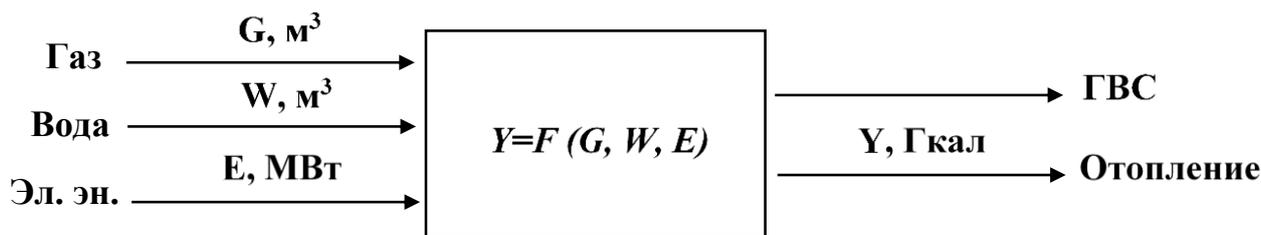


Рисунок 1. Трехфакторная модель энергопроизводства котельной

В качестве входных воздействий модели использованы реальные статистические данные котельной, приведенные к максимальному значению, по потреблению природного газа $G(t)$, воды $W(t)$ и расхода электроэнергии на собственные нужды $E(t)$ по месяцам за 2023г., выходной величиной является суммарное производство тепловой энергии $Y(t)$.

Мультипликативная форма полученной модели записывается в виде:

$$Y(t) = A \cdot G(t)^\alpha \cdot W(t)^\beta \cdot E(t)^\gamma, \quad (1)$$

где α, β, γ – коэффициенты эластичности выпуска продукции по используемым ресурсам: природному газу $G(t)$, воде $W(t)$ и электроэнергии $E(t)$; A – масштабный коэффициент, характеризующий интегральную эффективность предприятия [1].

Для идентификации параметров модели уравнение (1) прологарифмировано:

$$\ln(Y) = \ln(A) + \alpha \ln(G) + \beta \ln(W) + \gamma \ln(E) \quad (2)$$

Значения идентифицированных параметров модели, полученные методом наименьших квадратов из уравнения (2) и результаты регрессионного анализа качества модели представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты моделирования и оценка качества неоднородной трехфакторной производственной функции

Параметры и показатели моделей	Производство тепловой энергии
A	$-2,88 \cdot 10^{-5}$
α	1,032
β	-0,106
γ	-0,096
λ	0,926
R^2	0,999
DW	2,193
t_A	$-6,15 \cdot 10^{-6}$
t_α	1,716
t_β	-0,638
t_γ	$-1,75 \cdot 10^{-5}$
F	6525,541
σ	0,042

На рисунке 2 графически проиллюстрирована сходимость модельного расчета и реальных данных по выпуску тепловой энергии в 2023г в отопительный сезон.



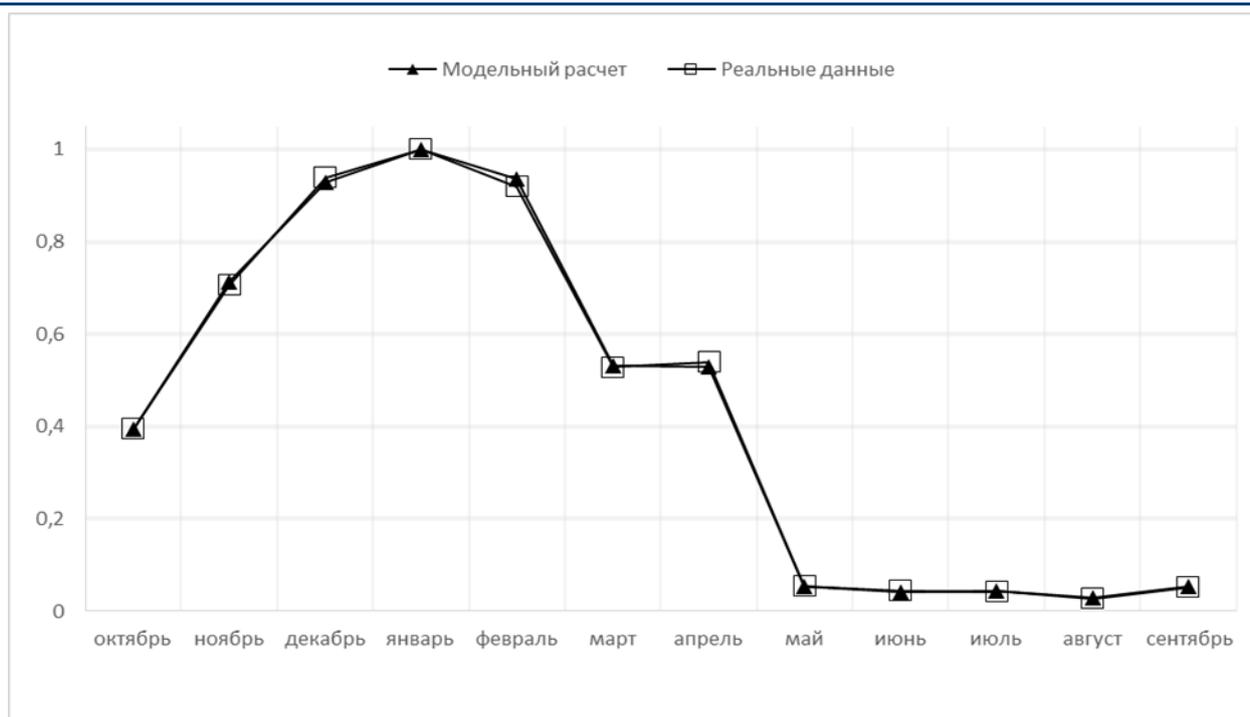


Рисунок 2. Суммарное производство тепловой энергии в отопительный сезон 2023г.

Анализ показателей качества

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать следующие выводы. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,999$ близок к 1, что указывает на высокое качество модели, то есть входная переменная адекватно описывает поведение выходной [2].

Критерий Дарбина-Уотсона $DW=2,193$, что это означает отсутствие автокорреляции остатков, следовательно модель пригодна для построения прогнозов.

Среднеквадратическая ошибка в данной модели получилась $<5\%$ (4,22%), что показывает, что модель учитывает все основные факторы, влияющие на работу котельной.

Анализ результатов моделирования

Анализ идентифицированных параметров модели (2) показал следующее. Параметр α – положительный, что свидетельствует об рациональном использовании природного газа, характеризует эластичность выпуска по расходу топлива. Увеличение потребления природного газа на 1%, приведет к возрастанию выработки тепловой энергии на 1,032%. Значения параметров β , γ – отрицательные, что указывает на неэффективное использование данных ресурсов. Для увеличения суммарного выпуска тепловой энергии на 1% следует сократить потребление воды на 0,106%, а потребление электроэнергии – на 0,096%. Отрицательные эластичности потребления электроэнергии и воды могут формироваться в случае утечек теплоносителя или несанкционированном потреблении ресурсов.

Основываясь на количественной и качественной оценке результатов модельного анализа, можно предложить действенные технические мероприятия [3] по повышению энергоэффективности котельной [4, 5].

1. Выровнять потребление тепловой энергии путем привлечения нового промышленного потребителя или с помощью применения тепловых аккумуляторов. Они позволят накапливать избыточное тепло, выработанное в периоды малого спроса у потребителей, а использовать его, когда нагрузка на котельную снова увеличится. Это поможет снизить постоянную работу котла на полную мощность и минимизировать теплопотери.



2. Регулярное техническое обслуживание и настройка оборудования поможет поддерживать их эффективность, предотвратит потери энергии и снизит риск аварийных ситуаций.

3. Применение качественной теплоизоляции котлов, трубопроводов и самого помещения уменьшит теплопотери и снизит нагрузку на оборудование.

4. Установка частотно-регулируемого привода для экономии электроэнергии, используемой на собственные нужды котельной.

5. Использование рекуперации тепла уходящих газов для предварительного подогрева исходной воды, поступающей в систему. Тем самым повысится общий КПД системы и снизится количество выбросов в атмосферу.

Выбор наиболее эффективных мероприятий необходимо провести с учетом их технической реализуемости и экономической целесообразности.

Выводы

1. Трехфакторная модель, учитывает основные факторы, влияющие на эффективность энергопредприятия, адекватно описывает процессы производства тепла, что подтвердили результаты регрессионного анализа модели.

2. Топливные ресурсы используются рационально, о чем свидетельствует значение эластичности, равная 1,032, и вносят основной вклад в энергопроизводство.

3. Наблюдается избыточный расход водных и энергетических ресурсов. Предложены мероприятия по повышению эффективности их использования и работы котельной, в целом.

Список литературы:

1. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. – М.: МГУ, издательство «ДИС», 1997. – 368 с.

2. Построение и идентификация математических моделей производственных систем: Учебное пособие / Н.В. Дилигенский, А.А. Гаврилова, М.В. Цапенко. – Самара: ООО «Офорт». 126 с.

3. <https://wiki.loginom.ru/articles/coefficient-of-determination.html>

4. <https://kotelpremium.ru/articles/6-sposobov-povysheniya-energoeffektivnosti-kotelnoy>

5. Салов А.Г., Гаврилова А.А., Чиркова Ю.В., Сагитова Л.А. Обобщенная оценка сравнительной эффективности работы котельного оборудования // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура: научно-технический журнал. 2016. №2. С. 140-146.

