

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО СЕКТОРА

Н.И. Черкасова

*Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова», г. Рубцовск*

Рецензент В.Ф. Калинин

Ключевые слова и фразы: многофакторная модель; множественная регрессия; наблюдаемые значения; расход электроэнергии; среднесуточная температура.

Аннотация: Исследованы режимы электропотребления. Выявлены малоизученные факторы, определяющие режимы энергопотребления, а также смоделировано потребление электроэнергии коммунально-бытовым сектором нагрузки.

Группа «Население», потребляющее электроэнергию, имеет несколько составляющих: многоквартирные дома, частные дома с централизованным или печным отоплением, коттеджи (рис. 1).

Исходными данными явилось суточное потребление (расход) электроэнергии стоквартирным домом. (Данные были получены автором с 9 июля по 22 августа по показаниям трехфазного активного счетчика на вводе в дом.) Информация по среднесуточной температуре, наличию осадков и ветру за указанный период была предоставлена местной метеостанцией. Замеры температуры производились 6 раз в сутки через каждые 4 часа, и среднесуточная температура определялась работниками метеостанции как среднеарифметическая величина полученных замеров.

Визуальный анализ графика суточного потребления (расхода) электроэнергии за полтора летних месяца (рис. 2) показывает заметную зависимость расхода электроэнергии от дня недели: видны характерные всплески потребления по пятницам, снижение расхода в выходные погожие

Черкасова Н.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика» РИИ (филиал) АГТУ им. И.И. Ползунова, г. Рубцовск.

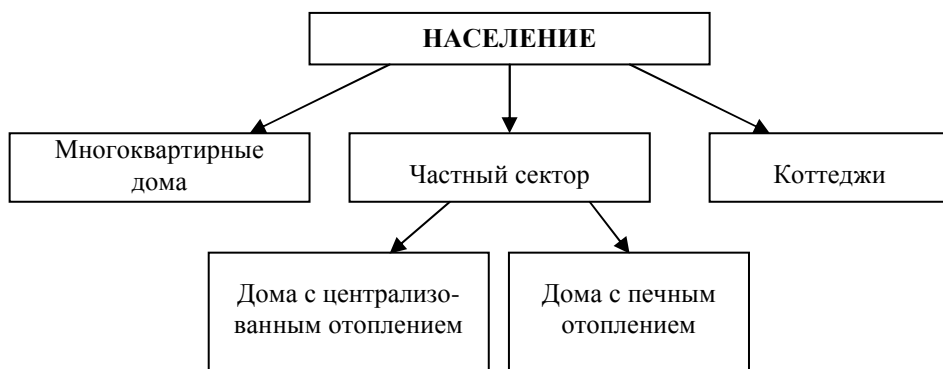


Рис. 1. Структура коммунально-бытового сектора «Население»

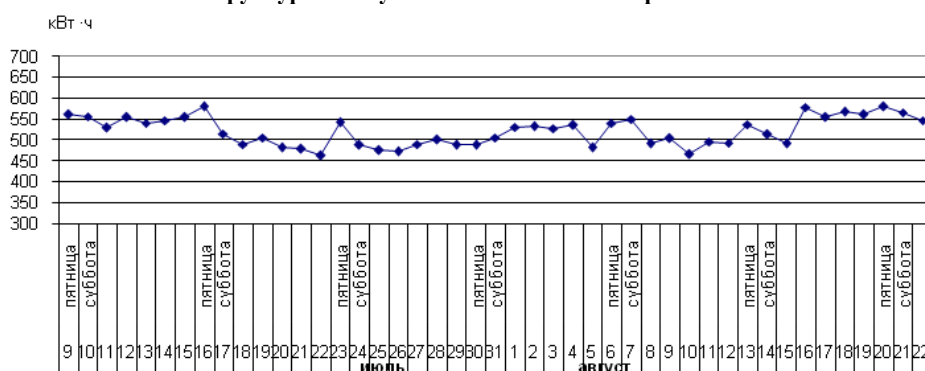


Рис. 2. Суточный расход электроэнергии, кВт·ч

дни, когда люди уезжают на дачи. Невозможно объяснить снижение потребления электроэнергии по четвергам. Однако легко заметить увеличение расхода на 9–11 % при отсутствии горячей воды (с 9 по 16 июля и с 16 по 22 августа), причем в первый день подачи воды (16 июля) расход увеличивается на 20 %.

Заметно увеличение расхода в дождливые будние дни (с 1 по 4 августа) и в субботний (холодный, дождливый) день 7 августа, когда люди отказались от прогулок и поездок на дачу и отдыхали дома по причине ненастья. Среднесуточный расход (кВт·ч) по дням недели показан на рис. 3.

Очевидно, что потребление электроэнергии населением в летний период зависит от многих факторов:

- 1) наличия (отсутствия) горячей воды (**ГВ**);
- 2) дня недели (**ДН**);
- 3) атмосферных воздействий (среднесуточной температуры (**Т**), осадков (**О**), ветра);
- 4) наличия дачи (процент «дачников»);
- 5) периода плодоношения овощных и плодово-ягодных культур (сезонные заготовки (**СЗ**));
- 6) наличия грудных детей;
- 7) степени занятости жильцов работой вне дома.

Оценить зависимость расхода электроэнергии и приведенных факторов позволит корреляционная матрица (табл. 1).

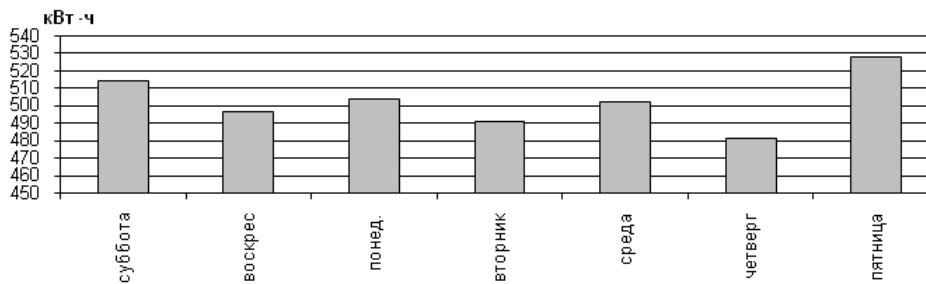


Рис. 3. Среднесуточное потребление электроэнергии многоквартирным домом, кВт·ч

Таблица 1

Корреляционная матрица

	День недели	Расход	Температура	Горячая вода	Осадки	Сезонные заготовки
День недели	1,00	0,39*	0,01	-0,04	0,03	-0,08
Расход	0,39*	1,00	-0,02	-0,75 *	0,15	-0,09
Температура	0,01	-0,02	1,00	-0,02	-0,31*	-0,16
Горячая вода	-0,04	-0,75*	-0,02	1,00	0,06	0,26
Осадки	0,03	0,15	-0,31 *	0,06	1,00	0,10
Сезонные заготовки	-0,08	-0,09	-0,16	0,26	0,10	1,00

* Значимые коэффициенты корреляции.

Требуется смоделировать расход электроэнергии и выделить наиболее значимые факторы, влияющие на него. Задача решалась с помощью статистического программного обеспечения на базе системы STATISTIKA 6.0, использовались модули **Multiple Regression/Nonlinear Estimation** – Множественная регрессия/ Нелинейное оценивание [1].

Использовался метод регрессионного анализа и, так как имели место несколько независимых переменных, применялся метод множественной регрессии. Из пошаговых регрессионных методов, предложенных системой, был выбран Forward Stepwise, который состоит в том, что на каждом шаге в модель включается какая-то наиболее «значимая» независимая переменная. Включение переменной определяется при помощи F-критерия. Программный комплекс представляет параметры множественной регрессии (табл. 2).

В четвертом столбце расположены искомые коэффициенты. Искомая регрессия имеет вид:

$$Y = -160,740 - 59,260(\text{ГВ}) + 6,502(\text{ДН}) + 13,093 (\text{О}) + 6,1737(\text{СЗ}) .$$

Адекватность модели определялась при анализе графика распределения остатков с наложением нормального распределения, который показал, что они распределены близко к нормальному.

Параметры множественной регрессии

	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t(40)	p-level
bo			-160,740	154,8863	1,03780	0,305598
ГВ	0,782650	0,082314	-59,260	6,2326	9,50810	0,000000
ДН	0,365984	0,079706	6,502	1,4160	4,59169	0,000043
О	0,177851	0,079885	13,093	5,8811	2,22635	0,031688
СЗ	0,124179	0,082795	9,260	6,1737	1,49985	0,141506

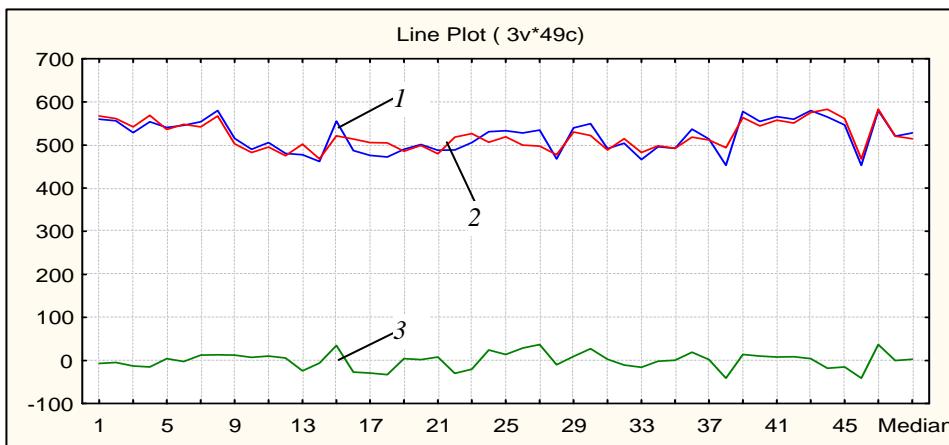


Рис. 4. Математическая модель, множественная регрессия:

1 – график наблюдаемых значений; 2 – график расхода, предсказанный математической моделью; 3 – график остатков

Графики остатков убеждают, что они хорошо ложатся на прямую, которая соответствует нормальному закону распределения, хаотично разбросаны относительно прямой, соответствующей зависимой переменной, и в их поведении нет закономерности (рис. 4).

Стандартная ошибка оценивания коэффициентов составляет 18,9 %, что является неплохим показателем. Коэффициент детерминации равен 0,748. Значит, построенная регрессия описывает 75 % разброса значений относительно среднего. Остатки составляют менее 6,5 %.

Вывод. Многофакторная модель множественной регрессии является достаточно адекватной моделью расхода электроэнергии коммунально-бытовым сектором (населением) в летний период, использование которой позволяет уточнить прогноз энергопотребления и планировать топливно-энергетический баланс региона.

Список литературы

1. Боровикова, В.П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В.П. Боровикова, И.П. Боровикова – М. : Информационно-издательский дом «Филинь», 1997. – 608 с.

Investigation and Modeling of Energy Consumption Modes of Domestic Household

N.I. Cherkasova

Rubtsovsk Industrial Institute (Branch) of Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Rubtsovsk

Key words and phrases: multi-factor model; multiple regression; observed values; energy consumption; daily average temperature.

Abstract: The paper studies the energy consumption modes. Poorly studied factors determining energy consumption modes are revealed, energy consumption in domestic household is modeled.

© Н.И. Черкасова, 2008