

УДК 621.3.026.4

В.И. Седов

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ РАСЧЁТНОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОЧАСОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Нижегородский филиал Московского государственного университета путей сообщения

Выполнены расчёты почасового плана заказа электроэнергии для малого предприятия с использованием статистического пакета обработки временных рядов.

Ключевые слова: почасовое планирование, электроэнергия, малое предприятие, временные ряды, статистический пакет, тренд, сезонная компонента.

По мере преодоления экономического кризиса, по мнению экспертов, тема дефицита электроэнергии и мощности обретет актуальность, так как производители неизбежно начнут выводить оборудование в ремонт, а цена на электроэнергию, особенно в часы пик, существенно возрастет. В такой ситуации предприятия будут вынуждены перейти на жесткую систему почасового планирования электропотребления. Сегодня почасовое планирование как обязательная процедура на законодательном уровне предусмотрено только для потребителей с присоединенной мощностью свыше 750 кВт. По мнению аналитиков, в ближайшее время законодательство в этом отношении может быть ожесточено и обязанность планировать почасовые объемы будет возложена на всех потребителей, за исключением граждан.

Предполагается, что тариф на электроэнергию будет рассчитываться ежемесячно на основании фактического числа часов использования мощности (ЧЧИМ) за прошедший месяц. Иными словами предприятие будет обязано ежемесячно предоставлять расчет ЧЧИМ в энергосбытовую компанию, иначе поставщик будет определять ЧЧИМ расчетным способом, и, скорее всего, не в пользу потребителя. То есть неизбежно наступит время, когда вести почасовой учет и планировать электропотребление станет экономически целесообразно самому потребителю. И главным аргументом в пользу внедрения почасового планирования станет возможность влиять на стоимость тарифа.

Применение современных средств учёта расхода электроэнергии, позволяющее иметь почасовой профиль потребления активной и реактивной её составляющих, дают возможность применять статистические методы обработки данных для целей планирования и прогноза.

1. Оценка почасового максимума потребления электроэнергии

Создание оптового и розничного рынков электроэнергии требует от потребителей или иметь собственную сеть учёта энергии, или её фрагменты, интегрированные в общую сеть. Большие предприятия содержат аналитические группы специалистов, которые разрабатывают различные модели планирования энергии по часовым интервалам в районе пиковых нагрузок.

Так, в частности, в [2] предлагается определять максимум средней нагрузки за интервал заданной продолжительности, используя методы, основанные на применении теории случайных процессов. Результаты статистической обработки экспериментальных графиков нагрузки по предложенной методике показали, что вероятность превышения заявки составляет меньше 5%.

Есть и другие подходы к решению этой проблемы, например, изложенные в [1].

Для малых предприятий такой подход является накладным. Нужны более простые способы планирования, в частности, обработка статистических данных с помощью статистических пакетов.

Анализ полученных в лаборатории данных почасовых нагрузок в реальной жизни в лабораторном корпусе филиала университета (МИИТ), что примерно соответствует небольшому частному предприятию, с помощью электронного счётчика СЭТ 4ТМ.02 (з-д. им.Фрунзе, Н.Новгород) показал, что есть смысл применить для решения этой задачи теорию анализа временных рядов [3].

2. Метод определения почасовых индексов (декомпозиция) временного ряда

В теории предполагается, что временной ряд $y_t = y_1, y_2, \dots, y_n$, в общем случае, содержит детерминированную C_t и случайные составляющие ε_t . Детерминированная составляющая представляет собой комбинацию следующих компонент:

- а) тренда T_t , определяющего тенденцию ряда;
- б) более или менее регулярных колебаний относительно тренда – циклов W_t ;
- в) периодических колебаний – сезонной составляющей S_t .

Наиболее распространёнными математическими моделями временного ряда являются:

– аддитивная

$$y_t = T_t + W_t + S_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

– мультипликативная

$$y_t = T_t W_t S_t \varepsilon_t \quad (2)$$

Почасовой ряд расхода энергии в дневное время суток очень быстро возрастает и также быстро снижается. Поэтому для последующего анализа применяется мультипликативная модель (2). Рассматривать расход энергии в ночные часы не имеет смысла, так как они малы и равномерны.

В данной работе рассматривается период суток активной работы с 7.00 до 18.00. Осуществляется выделение сезонных эффектов [3] в виде сезонных индексов, далее *почасовых индексов*.

Так как ряд представляет почасовые данные за 12 часов, для каждого часа индексы: S_1, S_2, \dots, S_{12} , вычисляются в процентах; сумма суточных индексов:

$$S_1 + S_2 + \dots + S_{12} = 1200\% \quad (3)$$

Применяя пакет программ STATISTICA, вычисляется тренд и циклическая составляющая при помощи скользящего среднего по двенадцати точкам. Вычисляется сезонная и остаточная составляющие в процентах делением исходных данных на значения тренда и циклической составляющей:

$$\frac{T_t W_t S_t \varepsilon_t}{T_t W_t} \cdot 100 = S_t \varepsilon_t \cdot 100 \quad (4)$$

Вычисляются средние для каждого часа $S_1', S_2', \dots, S_{12}'$. Определяется корректирующий коэффициент:

$$k = 1200 / (S_1' + S_2' + \dots + S_{12}') \quad (5)$$

Наконец, определяются скорректированные с учётом (5) почасовые индексы:

$$S_i = k S_i', \quad i = 1, 2, 3, \dots, 12,$$

сумма которых равна 1200%.

Качество модели временного ряда оценивается по случайной компоненте, вычисленной как отношение значений ряда без сезонной составляющей (4) на значения сглаженного ряда. Если эта компонента имеет нормальное распределение (белый шум), то качество модели высокое или определяется некоррелированность остатков по критерию Дарбина – Уотсона.

3. Расчёт почасовых индексов по изложенной выше методике

На первом этапе проводится анализ суточного потребления энергии для выделения суток, имеющих идентичную нагрузку. т. е. пиковые и полупиковые периоды.

В течение января – февраля текущего года из счётчика извлечены данные почасового расхода энергии.

Они были сгруппированы по рабочим дням с текущей нагрузкой в январе месяце *ряд 01*. В выходные дни нагрузка невелика и поэтому в анализ не включена.

Вторая группа данных включала в себя дни февраля месяца, когда в лабораториях во время сессии, где проводились лабораторные работы (*ряд 02*) и нагрузка была в 2÷2,5 раза выше обычных рабочих дней.

В табл. 1 исходных данных представлены расходы энергии по часам суток (*ряд 01*).

Таблица 1

Часы суток	Сутки января							
	12.01	13.01	14.01	15.01	19.01	20.01	21.01	22.01
7.00	1,56	2,03	1,45	1,83	1,71	1,78	2,3	2,66
8.00	5,67	1,88	1,63	3,52	3,2	3,04	3,05	3,37
9.00	7,61	4,79	1,93	3,51	4,08	2,76	4,3	4,39
10.00	10,46	5,86	2,63	4,98	4,82	4,49	4,84	5,89
11.00	8,79	6,9	2,82	5,34	5,14	5,62	5,74	4,91
12.00	8,43	7,3	2,27	5,05	5,12	3,53	5,64	4,64
13.00	7,6	7,84	2,23	4,45	3,6	5,08	4,98	4,57
14.00	4,58	8,64	3,03	4,55	2,66	2,88	4,75	3,18
15.00	4,24	6,15	3,52	4,26	2,05	1,71	3,35	1,96
16.00	3,25	6,32	3,24	3,1	1,25	1,05	2,63	1,13
17.00	0,78	4,22	3,12	2,6	1,04	0,82	2,65	1,3
18.00	0,7	0,87	2,66	0,63	1,05	0,48	2,58	1,1

Ранее было установлено, что почасовые данные в рабочие дни распределены по лог-нормальному закону (рис. 1).

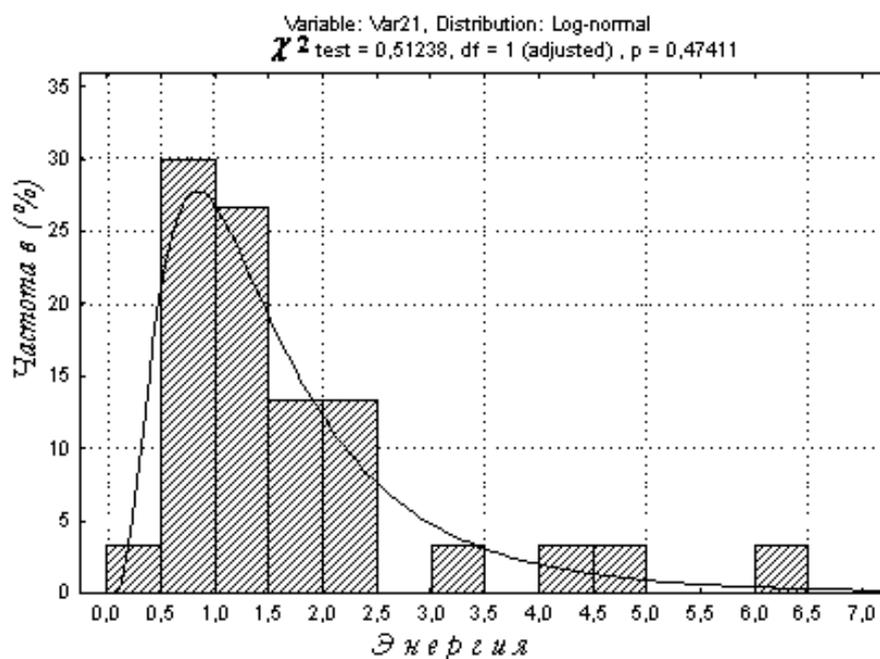


Рис. 1

Поэтому было выполнено логарифмирование данных табл. 1 и с помощью пакета STATISTICA выполнена обработка двух рядов 01.1 и 01.2, состоящих из данных *ряда 01*.

В результате их обработки получены *почасовые индексы* расхода энергии в рабочие дни января месяца табл. 1.2.

Таблица 2

Часы суток	Почасовые индексы ряда 01.1	Почасовые индексы ряда 01.2
7.00	59,65	61,14
8.00	88,38	96,98
9.00	101,53	113,81
10.00	135,69	140,41
11.00	152,60	150,76
12.00	136,49	135,99
13.00	132,77	134,33
14.00	117,71	125,33
15.00	100,74	109,35
16.00	79,66	82,77
17.00	61,85	50,05
18.00	32,94	-0,93

Из полученной таблицы следует, что с помощью индексов, зная средний расход энергии за заданный период, можно оценить максимум нагрузки, который по таблице приходится на 11 часов дня. Выполнить почасовую заявку (в часы пиковых нагрузок) на розничном рынке энергии.

Дальнейшее использование данных рядов 01.1 или 01.2 зависит близости реальных расходов энергии по часам суток и прогнозируемых в табл. 2.

В работе, как указано ранее, был сформирован ряд 02, который состоит из суток, имеющих максимальную нагрузку, т.е. при активной работе всех лабораторий в здании.

В табл. 3 представлены эти данные.

Таблица 3

Часы суток	Сутки февраля								
	13.02	14.02	15.02	18.02	20.02	21.02	22.02	24.02	25.02
7.00	1,22	0,72	0,88	1,35	0,84	1,10	1,12	1,26	0,99
8.00	1,78	2,71	0,96	1,63	3,59	2,78	1,78	2,32	1,75
9.00	5,39	4,02	3,19	1,52	3,34	4,13	2,48	2,74	1,59
10.0	11,27	4,03	3,94	2,02	3,94	4,50	2,98	4,06	4,17
11.00	11,26	3,53	4,70	4,83	5,05	6,46	4,22	5,61	3,85
12.00	9,05	5,31	4,26	4,29	4,93	6,46	5,22	4,47	4,25
13.00	6,64	5,14	3,79	3,11	3,90	3,70	5,28	4,44	4,04
14.00	3,10	3,73	5,99	3,46	4,02	3,62	4,99	4,71	3,68
15.00	3,40	3,39	3,33	2,79	4,54	2,87	3,66	3,80	3,68
16.00	3,38	1,57	2,53	2,28	4,03	1,81	1,52	3,57	3,54
17.00	3,02	1,90	2,51	1,44	1,94	2,32	1,02	1,59	2,35
18.00	2,82	0,51	1,00	0,98	1,34	1,06	0,73	0,82	0,80

В результате обработки этого ряда с помощью статистического пакета были получены почасовые индексы, представленные в табл. 4.

Из таблицы следует, что пик нагрузки приходится на 11 и 12 часов, в этот период времени наступает обеденный перерыв. Работа в лабораториях не прекращается.

Наиболее интересным для этого ряда данных является проверка качества принятой модели обработки данных. Для этого и необходимо проверить ряд, оставшейся после вычета тренда и сезонной компоненты, т.е. случайной компоненты ε_t на нормальность. Один из способов проверки нормальности закона распределения состоит в том, что исходные данные наносятся на специальный график – вероятностную бумагу. На рис. 2 выполнена эта процедура для данных февраля месяца.

Таблица 4

Часы суток	Почасовые индексы ряда 02
7_00	35,0247
8_00	65,9726
9_00	79,2329
10_00	113,4321
11_00	162,9879
12_00	160,6240
13_00	137,5046
14_00	128,8710
15_00	113,3245
16_00	96,6205
17_00	64,9737
18_00	41,4314

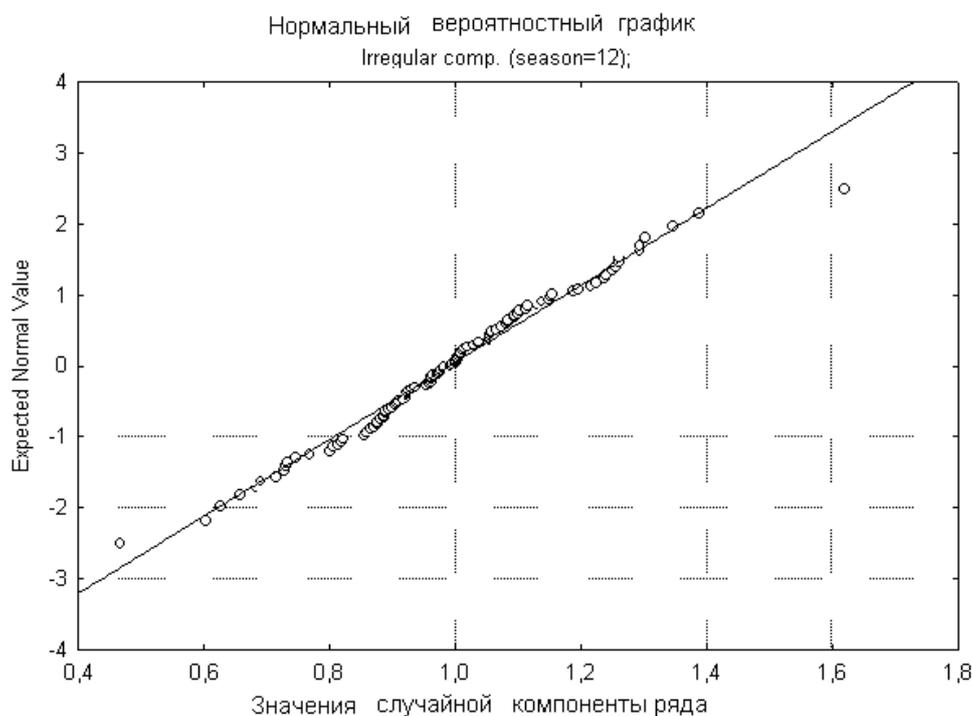


Рис. 2

Из рисунка следует, что принятая модель обработки ряда обеспечивает высокое качество оценки индексов временного ряда. Оказалось, что качество тем выше, чем больше почасовая нагрузка. Так, в январе и по выходным дням такой сходимости с прямой не наблюдается.

В данной статье рассмотрен только примерный подход к проблеме планирования почасовых индексов. Для реальной обработки данных следует иметь годовые помесечные расходы энергии. Группировать их в зимние и летние месяцы, учитывать другие особенности производства. Тогда можно получить надежные, устойчивые результаты для задач прогноза и планирования.

Библиографический список

1. **Забелло, Е.П.** Розничный рынок электрической энергии и проблемы достоверности расчётной информации / Е.П. Забелло, А.Н. Евсеев // Промышленная энергетика. 2008. № 11.

2. **Шпиганович, А.Н.** Расчётная оценка получасового максимума мощности промышленного предприятия / А.Н. Шпиганович, Д.М. Жуков // Промышленная энергетика. 2007. №8.
3. **Вуколов, Э.А.** Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL / Э.А. Вуколов. – М.: ФОРУМ-М, 2004. – 464 с.
4. **Тюрин, Ю.Н.** Анализ данных на компьютере / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. – М: ИНФРА-М, 2003. – 544 с.

*Дата поступления
в редакцию 09.07.2012*

V.I. Sedov

APPLICATION OF INFORMATION OF ELECTRIC POWER ACCOUNTING FOR THE PURPOSE OF HOURLY PLANNING

Moscow state university of railways (Nizhny Novgorod branch)

Hourly plan calculations of electric power order for a small enterprise were made. Statistic package of time series processing was used.

Key words: hourly planning, electric power, small enterprise, time series, statistic package, trend, seasonal component.