

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕДЕЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ****В. Г. Дурнов, Н. В. Раевский, Д. А. Яковлев (Чита)**

Итогом реформирования электроэнергетики России становится функционирование сектора свободной торговли. Новая модель оптового рынка ставит перед потребителем ряд нерешенных задач. В первую очередь необходимость заключается в выборе оптимальной тактики поведения на рынке. Одной из важных задач обеспечения функционирования электроэнергетики является планирование ожидаемого электропотребления (ЭП) в целом по энергосистеме. Необходимость точного прогнозирования обусловлена технологическими и экономическими причинами. При обосновании объемно-ценовых заявок на рынке электроэнергии возрастает риск отклонений – несоответствие нормативного уровня фактического потребления от запланированного, тем самым возникает задача по снижению воздействия такого риска [1].

Железнодорожный транспорт находится в числе основных потребителей ЭЭ. Его ЭП содержит индивидуальные технологические циклы работы. В целом ЭП представляет собой сложный нестационарный процесс, имеющий определенные цикличности. Формирование колебаний по всем классам тягового потребления электрической энергии (ЭЭ), грузового, пассажирского и пригородного движения, происходит под влиянием целого комплекса факторов. Они бывают регулярные и случайные.

Таким образом, задачей исследования является оценка колебательных процессов, в значительной степени влияющих на получаемую картину прогнозируемого состояния объекта.

В качестве исходных данных использована статистика по объемам тягового электропотребления Забайкальской железной дороги (ЗабЖД) в рамках Амурской энергосистемы за 2007 годы на каждый день. Особенность потребления ограничивает возможность использования простых методов прогнозирования и анализа зависимостей (моделей). Для решения этой проблемы предлагается использовать анализ временных рядов методом декомпозиции, предусматривающий определение составляющих факторов, которые влияют на каждое значение временного ряда: тренд, сезонность, цикличность и нерегулярность. Суть метода заключается в том, что в реальном временном ряду сначала оценивается и исключается тренд, а потом сглаживается возможная нерегулярная компонента. Оставшиеся данные, таким образом, будут содержать только сезонные вариации [2].

Используем модель мультипликативных компонент в виде:

$$X_i = T_i \cdot S_i \cdot C_i \cdot N_i$$

где  $X_i$  – наблюдаемая величина ЭП временного ряда;  $T_i, S_i, C_i, N_i$  – компоненты, соответственно, тренда, сезонности, цикличности и нерегулярности.

Линия сглаженного тренда (рис. 1), представляющая основной годовой рост во временном ряду, задается следующим уравнением:

$$y = 105,47 \cdot x + 4083124,73$$

Для мультипликативной декомпозиции представляем сезонную компоненту набором индексов, которые, по сути, являются удельными величинами, характеризующими изменение электропотребления во времени.

Оценки сезонных индексов для каждого дня, соответствующие разным месяцам, обобщаются для получения одного значения с помощью расчета медианы. Сумма недельных индексов должна равняться семи [3].

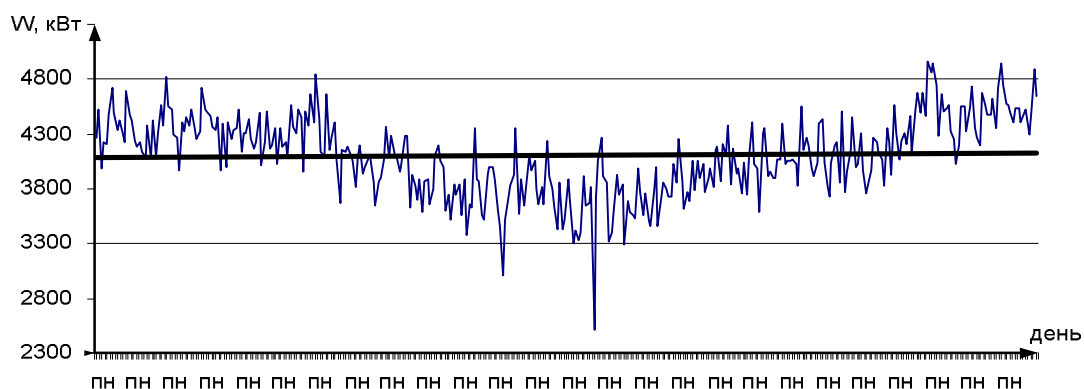


Рис. 1. Линия тренда для ЭП с 2007–2008 гг.

Значения сезонных индексов вместе со значениями медианы для двух недель декабря показаны в табл. 1.

Графики сезонных индексов и годовой график почасовых значений за 2007 г. потребления электрической энергии представлены на рисунках 2 и 3 соответственно.

Таблица 1

Значения сезонных индексов для двух недель декабря значений ЭП

День недели	С 10 по 16 декабря	С 17 по 23 декабря	Медиана
Понедельник	0,99	1,04	1,02
Вторник	0,97	1,00	0,99
Среда	0,97	1,00	0,99
Четверг	1,01	0,99	1,00
Пятница	0,95	0,97	0,96
Суббота	1,03	1,00	1,01
Воскресенье	1,08	1,00	1,04
Сумма:	7,00	7,00	7,00

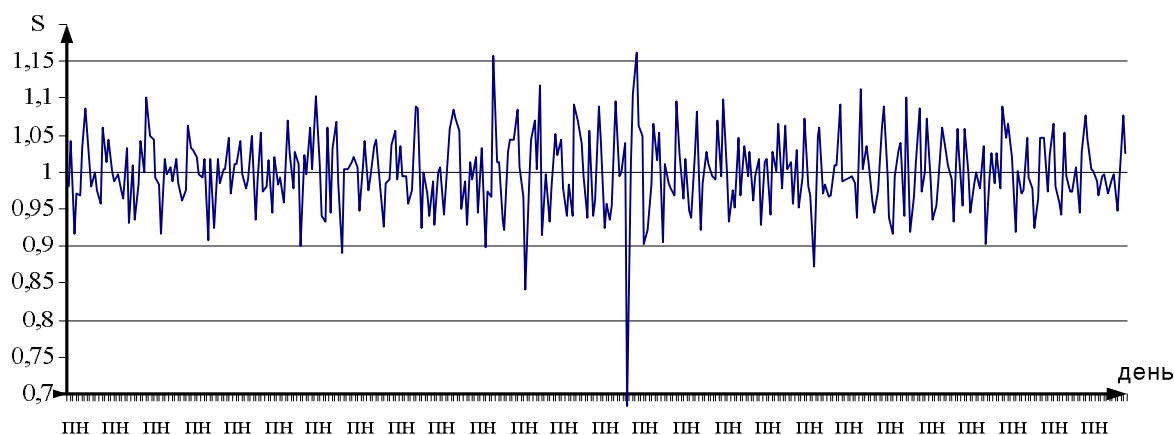
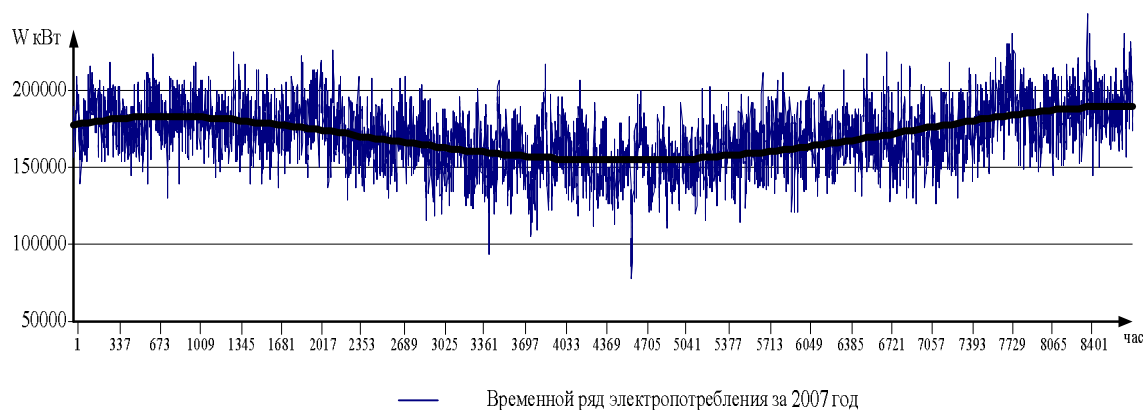


Рис. 2. Индексы сезонности ЭП ЗабЖД

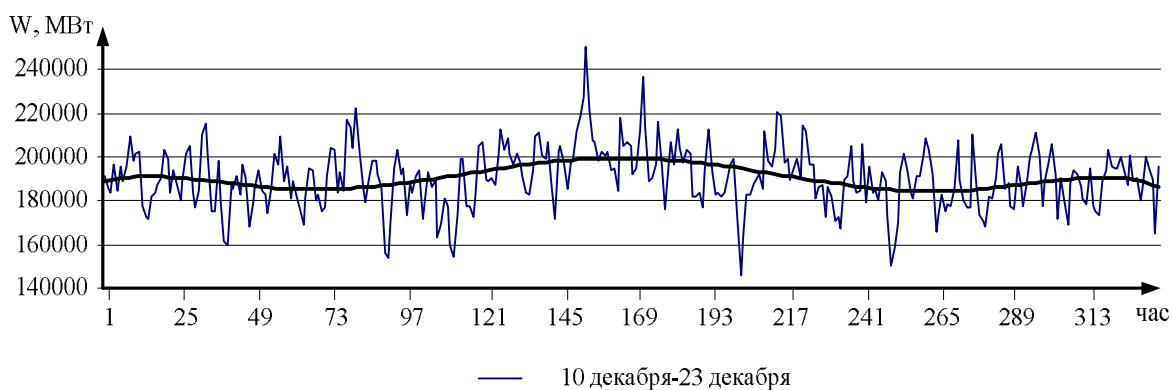


**Рис. 3. Годовой график почасовых значений потребляемой электрической энергии**

Анализ индексов сезонности на каждый день показывает, что характер тягового электропотребления ЗабЖД зависит от дней недели. На годовом графике почасовых значений ЭП отмечаются ярко выраженные сезонные колебания ЭЭ в разрезе года. Не менее наглядно выражена недельная цикличность. Сезонный цикл четко размечен 52 недельными «импульсами»

Сезонные колебания обусловлены сезонными изменениями температуры и длины дня в разрезе года. Они имеют явно выраженную регулярную компоненту, на которую накладываются нерегулярные колебания, вызванные изменением погодных условий. В отличие от общепромышленных потребителей повышение зимней нагрузки на железнодорожном транспорте, прежде всего, связано с увеличением количества пар поездов связанных с перевозкой отопительных материалов.

Определенный интерес представляет внутренняя структура недельного цикла (рис. 4.). В целом, при отсутствии существенных внешних влияющих факторов, для каждого дня недели характерна специфическая особенность потребления электрической энергии. Наблюдается существенное увеличение потребления ЭЭ в начале и конце рабочей недели. Это объясняется соответственным увеличением пар поездов в сутки в выходные дни.



**Рис. 4. График двухнедельного цикла декабря**

Для идентификации циклической компоненты (С) необходимо получить путем исключения из временного ряда трендовой и сезонной компонент с использованием метода мультипликативной декомпозиции:

$$\frac{X_i}{T_i \cdot S_i} = \frac{T_i \cdot C_i \cdot S_i \cdot I_i}{T_i \cdot S_i} = C_i \cdot I_i$$

Нерегулярная компонента  $I_i$  включает непредсказуемые или случайные флуктуации. Флуктуации являются результатом множества разнообразных событий, которые сами по себе несущественны, но совместно могут оказывать влияние на изменение результирующего фактора. Нерегулярная компонента оценивается как:

$$I_i = \frac{C_i \cdot I_i}{C_i}$$

Для сглаживания компоненты нерегулярности  $I_i$  используется скользящее среднее, причем для центрирования результата временной период выбирается равным трем месяцам.

В табл. 2 представлен результат мультипликативной декомпозиции данных о дневных объемах потребления электрической энергии для двух недель декабря.

Таблица 2

Мультипликативная декомпозиция данных ЭП ЗабЖД

День недели	W	T	SCI	S	TCI	CI	C	I
Понедельник	4566695,80	4514736,63	1,01	0,99	4593741,56	1,02	0,99	1,03
Вторник	4477694,40	4521731,49	0,99	0,97	4593741,56	1,02	0,99	1,02
Среда	4473627,70	4528726,35	0,99	0,97	4593741,56	1,01	1,00	1,02
Четверг	4621111,20	4535721,21	1,02	1,01	4593741,56	1,01	1,00	1,01
Пятница	4345710,90	4542716,07	0,96	0,95	4593741,56	1,01	1,00	1,01
Суббота	4725442,20	4549710,93	1,04	1,03	4593741,56	1,01	1,01	1,00
Воскресенье	4945908,70	4556705,79	1,09	1,08	4593741,56	1,01	1,01	1,00
Понедельник	4753665,10	4563700,65	1,04	1,04	4552399,90	1,00	1,01	0,98
Вторник	4574808,10	4570695,51	1,00	1,00	4552399,90	1,00	1,01	0,99
Среда	4558230,70	4577690,37	1,00	1,00	4552399,90	0,99	1,01	0,99
Четверг	4491844,00	4584685,23	0,98	0,99	4552399,90	0,99	1,00	0,99
Пятница	4413933,40	4591680,09	0,96	0,97	4552399,90	0,99	1,00	0,99
Суббота	4531737,10	4598674,95	0,99	1,00	4552399,90	0,99	1,00	0,99
Воскресенье	4542580,90	4605669,81	0,99	1,00	4552399,90	0,99	1,00	0,99

На рисунке 5 представлен тренд тягового электропотребления ЗабЖД за 2007 г. Соответственно на рисунках 6 и 7 цикличности и нерегулярности для октября, ноября и декабря 2007 года.

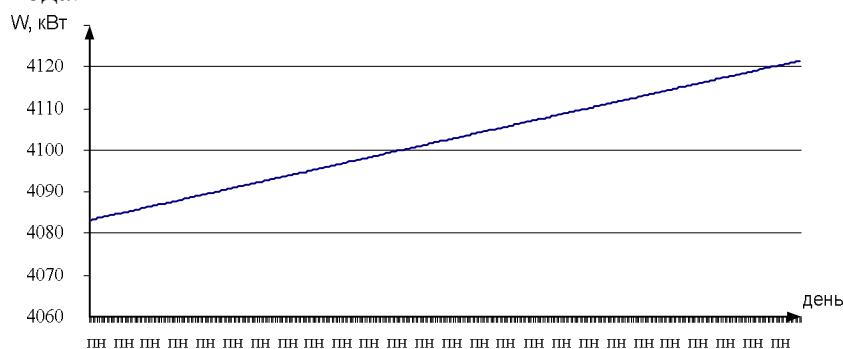


Рис. 5. Тренд тягового ЭП ЗабЖД

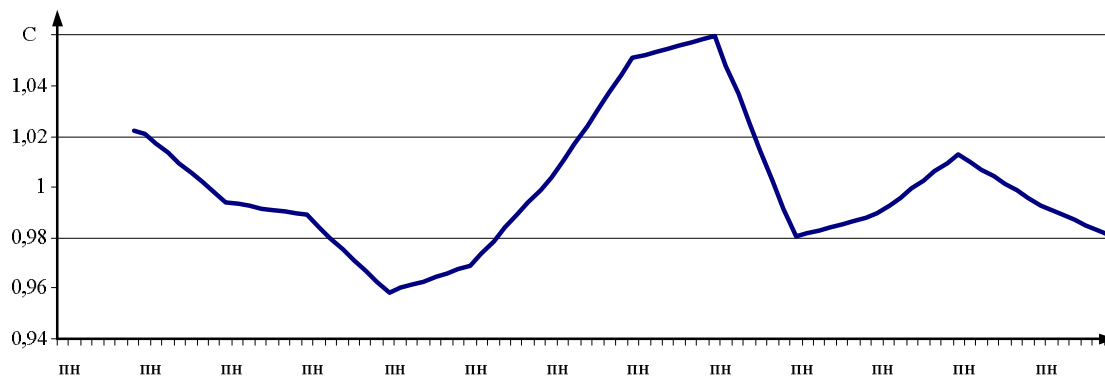


Рис. 6. Индексы цикличности тягового ЭП ЗабЖД

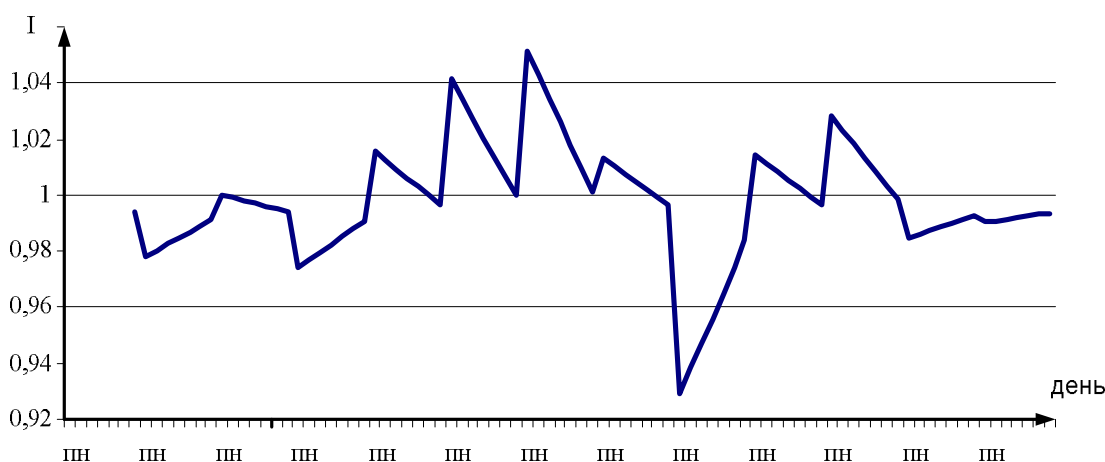


Рис. 7. Индексы нерегулярности тягового ЭП ЗабЖД

### Выводы

1. Декомпозиция временного ряда позволяет выделять и анализировать по отдельности трендовую, сезонную, циклическую и нерегулярную компоненту.
2. Потребление электрической энергии на железнодорожном транспорте имеет недельный циклический характер.
3. Результаты декомпозиции временного ряда могут быть применимы для построения адекватных математических моделей и принятия обоснованных решений для прогнозирования электрической энергии на железнодорожном транспорте.

### Литература

1. Поляков Е. С., Титаренко А. В. «Прогнозирование суточного графика электрической нагрузки многономенклатурного промышленного предприятия»
2. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2001. 228 с.: ил.
3. Никишов А. А., Сорознишвили Л. Т. Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского. «Использование метода декомпозиции при анализе временных рядов для прогнозирования объемов и структуры авиаперевозок»