

УДК 338.4:658.5

© К. В. МАЛЮТИНА¹, С. И. НЕСТЕРОВА², 2017

¹ Филиал ООО «Транснефть Финанс» в г. Самаре, Россия

² Самарский университет государственного управления

«Международный институт рынка»

(Университет «МИР»), Россия

E-mail ¹: malyukarina@yandex.ru

E-mail ²: nesvig@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТПУСКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭНЕРГОСБЫТОВЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

В статье выделяются факторы, влияющие на потребление электроэнергии. Рассматривается использование метода декомпозиции временных рядов для решения практической задачи – составления прогнозного плана поквартального отпуска электроэнергии энергосбытовым предприятием АО «Электросеть – Волга». Проводится проверка адекватности полученной модели, делается вывод о возможности ее использования.

Ключевые слова: временной ряд, декомпозиция, прогноз, сезонные колебания, тренд, скользящая средняя.

Энергосбытовая организация выступает в роли посредника между электростанциями, вырабатывающими электроэнергию, и потребителями. Полученная электроэнергия закупается энергосбытовой организацией на оптовом рынке и реализуется конечным пользователям: производственным предприятиям и бытовому сектору. Непрерывная трансформация конъюнктуры рынка оказывает влияние на совокупное потребление региона, что становится проблемой для энергосбытовых предприятий, задачей которых является полное удовлетворение нужд региона в электроэнергии. Энергосбытовое предприятие как посредник между конечным потребителем и электростанцией вынуждено проводить перманентный мониторинг изменения потребностей региона в электроэнергии. Его задача состоит в максимизации точности прогнозирования электропотребления для закупки требуемых объемов электроэнергии на оптовом рынке.

Величина объемов закупки на оптовом рынке тождественна прогнозной величине. При неверно составленном прогнозе, когда полученные от поставщика объемы электроэнергии слишком малы или велики, энергосбытовому предприятию приходится дополни-

тельно докупать или продавать образовавшуюся разницу по невыгодной для себя цене. С целью обеспечения приемлемого финансового результата эти дополнительные расходы перекладываются на плечи покупателей, что выражается в повышении цен для них. Недовольные потребители могут после таких действий начать искать альтернативного поставщика с более выгодными тарифами. Такое положение дел ведет к снижению доходов гарантирующего поставщика, а в некоторых случаях даже к штрафам на оптовом рынке вплоть до отстранения от участия в торгах [1].

Цель настоящего исследования состояла в разработке экономико-математической модели, позволяющей прогнозировать объемы закупок электроэнергии у энергосбытового предприятия (на примере АО «Электросеть – Волга»). Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. Дать краткую характеристику АО «Электросеть – Волга».
2. Провести общую декомпозицию временного ряда, описывающего квартальное потребление электроэнергии.
3. Проверить полученную модель на адекватность.
4. Спрогнозировать объемы потребления электроэнергии АО «Электросеть – Волга» на 2018 год.

Решение поставленных задач осуществлялось на базе математического моделирования с использованием статистических методов сравнения обобщающих показателей, анализа динамических рядов, выборочного обследования, графических методов и было реализовано с использованием современного программного обеспечения для проведения экономико-статистических расчетов и визуализации полученных результатов.

Методологической основой работы явились диалектические методы и подходы, предполагающие, что изучение всех явлений и процессов производится в развитии, взаимосвязи и взаимообусловленности, а обоснование теоретических положений работы основывалось на важнейших законах экономического развития.

Объектом исследования послужило АО «Электросеть – Волга», основным видом деятельности которого является передача электрической энергии от подстанций высокого класса напряжения до потребителей, владеющих на праве собственности или на другом законном основании энергопринимающими устройствами и (или) объектами электроэнергетики.

Предмет исследования – динамика поквартального отпуска АО «Электросеть – Волга» электроэнергии из сети.

В начале XX века прогнозирование электропотребления рассчитывалось исходя из тенденции его роста примерно на 7,5% в год

и удваивания каждое десятилетие. Однако на современном этапе развития экономики для составления прогнозов потребления электроэнергии данная закономерность утратила свою актуальность, что привело к необходимости применения более сложных эконометрических моделей и комплексных показателей [2].

Одним из главных факторов, влияющих на потребление электроэнергии, является сезонность. Она определяет общую тенденцию в динамике расходования этого ресурса, однако для построения достоверного прогноза электропотребления учитываются и другие переменные. К таким факторам относятся [3]:

– погодные условия (например, при начале отопительного сезона 15 октября заморозки могут наступить гораздо раньше, что приведет к увеличению использования электричества для обогрева помещений);

- экономическая ситуация в стране;
- изменение конъюнктуры рынка, в первую очередь изменения количества и качества ключевых игроков;
- рост тарифов на электроэнергию;
- модернизация оборудования участниками рынка.

Наиболее простой подход к моделированию сезонных колебаний – это расчет значений показателей сезонной компоненты методом скользящей средней и построение аддитивной модели временного ряда [4]. Воспользуемся данным методом для решения задачи составления прогноза величины отпуска электроэнергии из сети АО «Электросеть – Волга» в 2018 году.

АО «Электросеть – Волга» создано 5 августа 2011 года решением физических лиц – граждан Российской Федерации с уставным капиталом в размере 10,0 тыс. руб. Компания осуществляет свою деятельность в целях реализации государственной политики в области электроэнергетики, создания условий для эффективного функционирования распределительно-сетевых комплексов региона, осуществления эффективной эксплуатации и централизованного технологического управления электросетевыми объектами, реализации единой стратегии в области инвестиций и привлечения капитала для решения общесистемных задач развития распределительно-сетевых комплексов, разработки и реализации научно-технической политики и внедрения новых прогрессивных видов техники и технологий.

Исходя из данных АО «Электросеть – Волга» за 2014-2017 гг. [5], представленных в таблице 1, спрогнозируем объем передачи электроэнергии в 2018 году.

Таблица 1

**Поквартальный отпуск АО «Электросеть – Волга»
электроэнергии из сети за 2014-2017 гг., тыс. кВт·ч**

Год	Квартал	№ периода n/n, t	Отпуск из сети, Y_t
2014	1	1	9066,300
	2	2	8432,470
	3	3	8200,090
	4	4	8903,226
2015	1	5	13109,600
	2	6	12432,200
	3	7	12108,400
	4	8	13302,548
2016	1	9	15410,400
	2	10	14900,300
	3	11	14251,720
	4	12	15316,913
2017	1	13	16058,700
	2	14	15500,300
	3	15	14931,900
	4	16	15759,044

Из полученного графика (см. рис. 1) видно, что отпуск электроэнергии увеличивается в первом и последнем квартале, что связано с сезонностью, обусловленной климатическими условиями местности, и растет из года в год. Восходящий тренд обусловлен увеличением количества потребителей, заключением новых договоров.

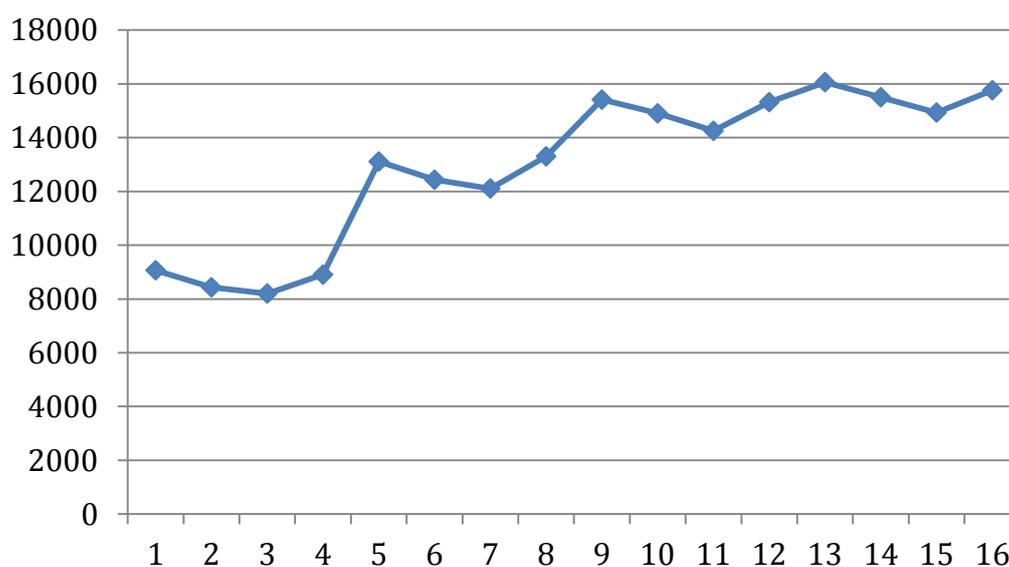


Рис. 1. Динамика изменения отпуска электроэнергии АО «Электросеть – Волга» за 2014-2017 гг., тыс. кВт·ч

Амплитуда колебаний приблизительно постоянна, поэтому можно выбрать аддитивную модель временного ряда, в которой значения сезонной компоненты предполагаются постоянными для различных циклов.

Следующим шагом выравниваем исходный ряд методом скользящей средней. Построим вспомогательную таблицу для расчетов и занесем в нее полученные результаты (табл. 2).

Таблица 2

Расчет скользящей средней и оценка сезонной компоненты

№ квартала n/n	Отпуск из сети, тыс. кВт · ч	Итого за 4 квартала	Скользящая средняя за 4 квартала	Центрирован- ная скользя- щая средняя	Оценка сезонной компоненты
1	9066,300	-	-	-	-
2	8432,470	34602,086	8650,522	-	-
3	8200,090	38645,386	9661,347	9155,934	-955,844
4	8903,226	42645,116	10661,279	10161,313	-1258,087
5	13109,600	46553,426	11638,357	11149,818	1959,782
6	12432,200	50952,748	12738,187	12188,272	243,928
7	12108,400	53253,548	13313,387	13025,787	-917,387
8	13302,548	55721,648	13930,412	13621,900	-319,351
9	15410,400	57864,968	14466,242	14198,327	1212,073
10	14900,300	59879,333	14969,833	14718,038	182,262
11	14251,720	60527,633	15131,908	15050,871	-799,151
12	15316,913	61127,633	15281,908	15206,908	110,005
13	16058,700	61807,813	15451,953	15366,931	691,769
14	15500,300	62249,944	15562,486	15507,220	-6,920
15	14931,900	-	-	-	-
16	15759,044	-	-	-	-

Метод скользящих средних является одним из широко известных приемов сглаживания временных рядов. Применяя этот метод, можно элиминировать случайные колебания и получить значения, соответствующие влиянию главных факторов.

Сглаживание с помощью скользящих средних базируется на том, что в средних величинах взаимно погашаются случайные отклонения. Это происходит из-за замены первоначальных уровней временного ряда средней арифметической величиной внутри выбранного интервала времени. Полученное значение относится к середине выбранного интервала времени (периода).

Для получения прогнозных значений по аддитивной модели необходимо учесть, что прогнозное значение временного ряда в аддитивной модели представляет собой сумму трендовой, сезонной и случайной компонент. Рассчитаем значения скорректированной сезонной компоненты (табл. 3).

Таблица 3

Расчет скорректированной сезонной компоненты

Показатель	Год	№ квартала			
		1	2	3	4
	2014	-	-	-955,844	-1258,087
	2015	1959,782	243,928	-917,387	-319,351
	2016	1212,073	182,262	-799,151	110,005
	2017	691,769	-6,920	-	-
Всего за i -й квартал		3863,625	419,271	2672,382	-1467,434
Средняя оценка сезонной компоненты для i -го квартала, \bar{S}_i		1287,875	139,757	-890,794	-489,144
Скорректированная сезонная компонента, S_i		1275,951	127,834	-902,717	-501,068

После устранения сезонной компоненты из исходных уровней ряда и получения выровненных данных рассчитаем значения трендовой компоненты (табл. 4) с использованием уравнения тренда $T = 8104,456 + 573,624t$.

Таблица 4

Расчет значений трендовой компоненты и ошибок

№ квартала n/n	Тренд, T	$E = Y_t - (T + S_i)$	E^2	$(Y_t - \bar{Y})^2$
1	8678,079	-887,731	788065,958	15319058,909
2	9251,703	-947,067	896935,224	20682366,029
3	9825,327	-722,519	522034,295	22849995,950
4	10398,950	-994,657	989341,570	16622181,265
5	10972,574	861,074	741449,251	16729,628
6	11546,198	758,169	574819,664	300366,407
7	12119,821	891,296	794408,307	760134,519
8	12693,445	1110,171	1232479,113	103871,529
9	13267,069	867,380	752347,616	5905595,304
10	13840,692	931,774	868202,585	3686565,362
11	14414,316	740,121	547779,280	1616618,319

Окончание табл. 4

12	14987,940	830,041	688968,103	5459961,554
13	15561,564	-778,815	606552,791	9476811,689
14	16135,187	-762,721	581743,082	6350617,037
15	16708,811	-874,194	764214,465	3808910,643
16	17282,435	-1022,323	1045143,720	7721657,539
<i>Итого</i>	<i>207684,111</i>	<i>0,000</i>	<i>12394485,025</i>	<i>120681441,684</i>

Подставляя в это уравнение значения t , найдем уровни T для каждого момента времени. Определим значения уровней ряда, полученные по аддитивной модели. Для этого прибавим к уровням T значения сезонной компоненты для соответствующих кварталов.

Для оценки качества построенной модели применим сумму квадратов полученных абсолютных ошибок:

$$R^2 = 1 - \frac{E^2}{(Y_t - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{12394485,025}{120681441,684} = 0,90.$$

Следовательно, можно сказать, что аддитивная модель объясняет 90% общей вариации уровней временного ряда отпуска электроэнергии по кварталам за 4 года.

Построенное уравнение регрессии можно считать удовлетворительным, поскольку средняя ошибка аппроксимации составляет 8,23%. Полученную модель можно использовать для перспективных оценок величин отпуска электроэнергии.

Спрогнозируем количество отпускаемой электроэнергии в 2018 году (табл. 5).

Таблица 5

**Прогнозные значения отпуска электроэнергии
АО «Электросеть – Волга» на 2018 год, тыс. кВт·ч**

<i>№ квартала n/n</i>	<i>Прогноз без учета сезонности</i>	<i>Прогноз с учетом сезонности</i>
17	17856,058	19132,010
18	18429,682	18557,516
19	19003,306	18100,588
20	19576,929	19075,861

Исходя из таблицы, можно сделать вывод о том, что в 2018 году ожидается отпуск электроэнергии в размере 74865,975 тыс. кВт·ч. Полученное значение больше, чем за предыдущие года, что подтверждает увеличение количества потребителей и непосредственно потребления. Несмотря на то, что ежегодно происходят различные изменения в электропотреблении, как следствие изменения

конъюнктуры рынка, погодных условий и прочих факторов, можно говорить о формировании восходящего тренда. В то же время сезонность определяет ежегодное возникновение перепадов в потреблении в период с декабря по март, описанное выше.

Литература

1. Кирпичникова И. М., Саплин Л. А., Соломахо К. Л. Прогнозирование объемов потребления электроэнергии // Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2014. № 2. С. 16-22.

2. Петренко В. Н. О реализации Постановления Правительства РФ № 643 от 24.10.2003 г. «О правилах оптового рынка электроэнергии (мощности) переходного периода» // Вестник энергосбережения Южного Урала. 2007. № 2. С. 6-8.

3. Рамзаев В. М., Хаймович И. Н., Чумак П. В. Управление инвестиционными проектами при проведении энерго модернизаций предприятий в регионе // Экономические науки. 2013. № 101. С. 109-113.

4. Сухарева А. М., Левина А. Д. Анализ потребления электроэнергии в Российской Федерации на период с января 2012 года по октябрь 2014 года на основе моделирования сезонности по аддитивной модели // Студенческий научный форум – 2015: VII Международная студенческая электронная научная конференция. URL: <https://www.scienceforum.ru/2015/802/7912#>.

5. Баланс электрической энергии и мощности // Официальный сайт АО «Электросеть – Волга». URL: <http://elektroset-volga.ru/uchreditelnye-dokumenty/svedeniya-o-tarifax-na-uslugi-po-peredache-elektricheskoy-energii/>.

Статья поступила в редакцию 23.11.17 г.

Рекомендуется к опубликованию членом Экспертного совета канд. экон. наук, доцентом Е. С. Поротькиным