

**K.G. MKRTCHYAN**

**POSSIBILITIES OF ORGANIZING PRODUCTION WITH SMART TECHNOLOGIES**

Production using intelligent technologies is known in literature as "smart manufacturing". The article examines how production has changed as a result of technological advances. In order to clarify the next generation of smart manufacturing, it is necessary to understand the difficulties associated with the use of smart technologies.

*Keywords:* smart technology, production organization, smart devices, artificial intelligence.

УДК 005.521:621.31

**Т.А. БОНДАРСКАЯ, Е.В. ПЕТРОСЯН**

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

В настоящее время возникает определённая необходимость в прогнозировании экономической деятельности хозяйствующих субъектов. Производители электроэнергии заинтересованы в прогнозировании спроса на электроэнергию, чтобы быстро реагировать на его колебания и обеспечить наиболее оптимальное развитие инфраструктуры.

*Ключевые слова:* энергопотребители, либерализация рынка электроэнергии и мощности, региональные модели, динамика, оптимальные решения, розничная цена.

**Введение.** С развитием рыночных отношений роль ценовых и финансовых взаимосвязей электроэнергетики и экономики значительно возрастает. Математические модели энергетических систем стали необходимым инструментом обоснования государственных прогнозов и бизнес-планов развития компаний, и, соответственно, требования к ним резко возросли. Всё это принципиально усложнило проблему моделирования взаимосвязей энергетики и экономики.

Актуальность использования региональных моделей позволяет проводить изучение и анализ процесса потребления электроэнергии, учитывать множество факторов, непосредственно и опосредованно влияющих на электропотребление.

**Постановка задачи.** Необходимо создать комплекс моделей, предназначенных для получения прогнозных оценок потребления электроэнергии в ежемесячной динамике на год вперёд (модели краткосрочного прогнозирования), в квартальной динамике – на следующие 4 года (модели среднесрочного

прогнозирования) и в годовой динамике – в долгосрочном периоде на последующие 15 лет (модели долгосрочного прогнозирования).

**Методическое обоснование.** Начнем исследование с представления укрупнённой схемы прогнозирования на основе комплекса моделей.

Ниже представлено описание структурных блоков моделей.

Структурно в рассматриваемом комплексе региональных моделей можно выделить 4 основных модуля прогнозирования на основе моделируемых показателей [1].

Комплекс региональных моделей состоит из четырех ключевых модулей, базирующихся на прогнозируемых показателях:

**1. Потребление электроэнергии:**

- ✓ потребление электроэнергии населением (городское и сельское);
- ✓ потребление электроэнергии различными категориями, установленными Регулирующей комиссией РА;
- ✓ потребление электроэнергии в различных отраслях экономики (промышленность, сельское хозяйство и др.).

**2. Потери электроэнергии в сетях:**

- ✓ технологические потери;
- ✓ коммерческие потери.

**3. Число часов использования мощности:**

- ✓ городское и сельское население;
- ✓ различные категории потребителей электроэнергии.

**4. Локальные максимумы потребления:**

- ✓ потребление населением;
- ✓ по категориям напряжения.

В свою очередь, в электробалансах можно найти данные с 2005 до 2012 г. включительно в годовой региональной динамике по потреблению электроэнергии по различным видам экономической деятельности, населению и потерям. Таким образом, очевидно, что для поставленных задач необходимо провести вспомогательные расчёты. Алгоритм получения длинных временных рядов на периоде идентификации моделей приведён на рисунке. На первом шаге алгоритма после проведения ряда вспомогательных расчётов получаем временные ряды, отражающие процесс потребления электроэнергии в рамках видов экономической деятельности, потерь и населения в годовой динамике.

Для проведения интерполяции, в данном случае – вычисления значений временного ряда с динамикой по месяцам на основе годовых значений временного ряда, был выбран метод "по шаблону" [1].

Для разложения годовых значений потребления электроэнергии были выбраны "драйверы", представленные в таблице, сезонность которых непосредственно была использована в качестве "шаблона" [2].



Рис. Алгоритм получения длинных временных рядов

Таблица

"Драйверы" для разложения годовых значений потребления электроэнергии

№	Показатель	"Драйвер"
1	Потребление электроэнергии промышленностью	Индекс промышленного производства
2	Потребление электроэнергии сельским хозяйством	Объем продукции сельского хозяйства
3	Потребление электроэнергии транспортом и связью	Объем погрузки грузов железнодорожным транспортом
4	Потребление электроэнергии строительством	Объем работ, выполненных по виду деятельности "Строительство"
5	Потребление электроэнергии другими видами экономической деятельности	Объем платных услуг населению
6	Потребление электроэнергии населением	Реальная начисленная среднемесячная заработная плата одного работника

В качестве "драйверов" были выбраны показатели социально-экономического развития регионов, непосредственно оказывающие влияние на процесс

потребления электроэнергии, по которым накоплены официальные ретроспективные данные, начиная с периода идентификации моделей с 2013 г. в динамике по месяцам [3].

Таким образом, согласно алгоритму получения длинных временных рядов, после нахождения сезонных коэффициентов для описанных выше "драйверов" с помощью ряда вспомогательных расчётов получаем значения интересующих нас показателей потребления электроэнергии с динамикой по месяцам.

Для решения задачи прогнозирования потребления электроэнергии в рамках данной статьи разрабатывается комплекс региональных моделей.

**Результаты исследования.** Для получения среднесрочных прогнозов в квартальной динамике предлагается построение моделей в ежемесячной динамике с последующей агрегацией полученных значений до квартальных. При построении моделей краткосрочного и среднесрочного прогнозирования необходимо учитывать сезонный характер потребления электроэнергии.

Потребление электроэнергии в общем случае представляет собой сложный случайный нестационарный процесс, включающий несколько составляющих.

На ретроспективном периоде анализ временных рядов, характеризующих потребление электроэнергии, позволил выявить изменчивую амплитуду сезонного фактора и отсутствие относительно постоянной сезонной вариации.

Выявленные факты свидетельствуют о присутствии мультипликативных моделей сезонности:

$$X_t = TCt \cdot St, \quad (1)$$

где  $X_t$  – значение временного ряда в момент времени  $t$ ;  $TCt$  – тренд-циклическая составляющая временного ряда;  $St$  – сезонная составляющая временного ряда [4].

В качестве задач сезонной декомпозиции необходимо отметить, прежде всего, выявление тенденций и закономерностей в рассматриваемых временных рядах и своевременное обнаружение отклонений показателей, не связанных с сезонными колебаниями. Сезонная компонента отражает в первую очередь сезонные колебания с учётом нестабильных календарных эффектов в течение года (количество рабочих, выходных и праздничных дней, признак високосного года). Тренд-циклическая компонента позволяет учитывать долговременные изменения, более продолжительные, чем период сезонности [5].

В качестве объекта рассматривается Котайкский регион.

Для построения модели краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии промышленными производствами были использованы

временные ряды в динамике по месяцам соответствующих данных за период с января 2013г. по декабрь 2023 г. [6]. При моделировании потребления электроэнергии промышленными производствами необходимо учитывать наличие промышленных предприятий на территории рассматриваемых субъектов Республики Армения, являющихся крупными потребителями электроэнергии. При наличии крупных потребителей электроэнергии на территории субъектов Республики Армения, для данных регионов строятся отдельные модели потребления электроэнергии предприятиями на основе стратегий их развития:

$$Y_{i,t}^2 = Y_{i,t}^3 + \sum_{k=1}^l Y_{ki,t}^4 \quad (2)$$

Здесь  $Y_{i,t}$  - потребление электроэнергии промышленными производствами в  $i$ -ом регионе Армении;  $Y_{i,t}^3$  - потребление электроэнергии промышленными производствами, за исключением крупных потребителей электроэнергии в  $i$ -ом регионе Армении;  $Y_{ki,t}^4$  - потребление электроэнергии  $k$  -м крупным потребителем электроэнергии в  $i$ -ом регионе Армении.

Допущением разработанного комплекса региональных моделей является то, что крупные потребители электроэнергии принадлежат только одному региону и могут производить продукцию только одного вида экономической деятельности.

Согласно выбранному подходу к определению крупных потребителей электроэнергии, на территории Котайкского региона выбрано два крупных потребителя электроэнергии среди промышленных производств: ООО "Раздан цемент корпорейшн" и ОАО "Металлургический завод".

В качестве примера рассмотрим модель краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии промышленными производствами Котайкского региона за вычетом потребления электроэнергии крупными потребителями. Проведённый анализ временных рядов показал, что они являются нестационарными и неинтегрируемыми. Моделью со статистически более качественными характеристиками оказалась модель (4), в которой логарифм потребления электроэнергии промышленными производствами, за исключением потребления электроэнергии крупными потребителями, включает константу и авторегрессионную компоненту первого порядка:

$$\ln({}^{Tc} Y_{1,t}^3) = 12,4551 + 0,8025 \cdot \ln({}^{Tc} Y_{1,t-1}^3), \quad (3)$$

$$({}_{adj}R^2 = 0.8762, F_{stat} = 241,377).$$

Здесь -  ${}^{Tc} Y_{1,t}^3$  тренд-циклическая составляющая временного ряда, отражающая потребление электроэнергии промышленными производствами за

исключением потребления электроэнергии крупными потребителями в Котайкском регионе, *кВтчас*.

Коэффициенты модели (3) значимы при 10%-ом уровне значимости в соответствии со значениями *t*-статистики.

**Заключение.** В заключение отметим, что в статье были выбраны крупные потребители электроэнергии на территории субъектов Республики Армения, именно в Котайкском регионе, и построены отдельные модели потребления электроэнергии предприятиями на основе стратегий их развития.

Таким образом, электроэнергия рассматривается не как изолированный объект моделирования, а в непосредственной связи с потребителями [5]. Основное внимание уделялось также получению статистически значимых оценок параметров моделей и самих моделей в целом, обладающих возможностью экономической интерпретации полученных результатов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Старкова Г.С.** Программный комплекс региональной модели конъюнктуры оптового рынка электроэнергии и мощности РФ // Актуальные проблемы механики, математики, информатики: сб. тез. науч.-практ. конф. (г. Пермь, 30 октября – 1 ноября 2012) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – С. 121.
2. Экономика энергетики: Учеб. пособие для вузов / **Н.Д. Роголёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова** и др.; Под ред. Н.Д. Роголёва. – М.: Издательство МЭИ, 2015. – 288 с.
3. Энергоэкономическое прогнозирование развития региона / **О.В. Бурый, А.А. Калинина, Л.Я. Кукреш** и др.; Отв. ред. В.Н. Лаженцев; Ин-т соц.-экон. и энергет. проблем Севера Коми НЦ УрО РАН. – М.: Наука, 2018. – 365 с.
4. **Almon C.** The INFOPUM Approach to Interindustry Modeling // *Economic Systems Research*. 2011. № 3. – P. 1-7.
5. **Apergis N., Payne J.** Energy Consumption and Economic Growth in Central America: Evidence from a Panel Cointegration and Error Correction Model // *Energy Economics*: 2022.- № 31. – P. 211-216. . **Asafu-Adjaye J.** The Relationship between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries // *Energy Economics*. 2020. № 22. – P. 615-625. **Bruce Hannon.** Energy Discounting // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2023.- № 21. – P. 281-300.
6. <https://www.psrc.am/>

**Տ.Ա. ԲՈՆԴԱՐՍԿԱՅԱ, Ե.Վ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ**

**ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՄՊԱՌՄԱՆ ԿԱՆԽԱՏԵՍՄԱՆ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆԱՅԻՆ  
ՄՈԴԵԼՆԵՐ**

Ներկայումս տնտեսվարող սուբյեկտների տնտեսական գործունեության կանխատեսման որոշակի անհրաժեշտություն է առաջանում: Էլեկտրաէներգիա արտադրողները շահագրգռված են՝ կանխատեսել էլեկտրաէներգիայի պահանջարկը՝ դրա տատանումներին արագ արձագանքելու և ենթակառուցվածքի առավել օպտիմալ զարգացումն ապահովելու նպատակով:

**Առանցքային բաներ.** էներգիայի սպառողներ, էլեկտրաէներգիայի և հզորությունների շուկայի ազատականացում, տարածաշրջանային մոդելներ, դինամիկա, օպտիմալ լուծումներ, մանրաձախ գին:

**T.A. BONDARSKAYA, E.V. PETROSYAN**

**REGIONAL MODELS FOR FORECASTING ELECTRICITY  
CONSUMPTION**

Currently, business entities have a certain need for forecasting economic activity. In turn, electricity producers are interested in forecasting electricity demand in order to promptly respond to its fluctuations and in order to develop infrastructure in the most optimal way.

**Keywords:** energy consumers, liberalization of the electricity and capacity market, regional models, dynamics, optimal solutions, retail price.

УДК 336.02: 339.543.31

**К.В. ТУРЬЯН**

**ИНДУСТРИЯ 5.0 И РАЗВИТИЕ ФИНАНСОВОГО  
ПОСРЕДНИЧЕСТВА: ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ЭКОНОМИК  
РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАН**

Определены эффективные пути развития финансового посредничества в индустрии 5.0 для экономик развивающихся стран. Выявлена проблема, связанная с отсутствием обоснованных инструментов, которые можно было бы использовать для повышения эффективности рынка финансовых посредников, предложены основные направления такого процесса.

**Ключевые слова:** индустрия 5.0, финансовое посредничество, цифровизация, человекоцентризм, киберсоциальный подход, экосистема бизнеса.

**Введение.** Индустрия 5.0 связана с информационным прорывом, с трансформацией отношений, изменением структуры финансовой системы в целом, в том числе затрагивающей финансовое посредничество. Финансовое