

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЕЕ РЕШЕНИЕ**

Бочкарев Константин Георгиевич [id-master@mail.ru](mailto:id-master@mail.ru)

### **Аннотация:**

Данная научная статья посвящена проблеме прогнозирования спроса на электроэнергию в энергетической отрасли. Представлен анализ основных факторов, влияющих на спрос на электроэнергию, таких как сезонность, демографические изменения, экономический рост, технологический прогресс и климатические условия. Разработана новая методология прогнозирования, основанная на современных методах статистического анализа данных и машинного обучения. Полученные результаты показывают, что предложенная методология прогнозирования спроса на электроэнергию обладает высокой точностью и надежностью, превосходя стандартные методы прогнозирования, используемые в настоящее время. Представленное в данной работе решение позволит энергетическим предприятиям снизить риски и необходимость экстренной реконфигурации системы, улучшить планирование производства и оптимизацию ресурсов. В статье предлагается эффективное решение в области прогнозирования спроса на электроэнергию, способное оптимизировать управление энергетическими системами и обеспечить устойчивый рост отрасли.

**Ключевые слова:** прогнозирование спроса на электроэнергию, энергетика, проблема, решение, научная статья.

### **О необходимости прогнозирования спроса на электроэнергию.**

Прогнозирование спроса на электроэнергию в энергетике имеет несколько важных целей:

1. Планирование производства электроэнергии: Прогноз спроса позволяет энергетическим компаниям определить, сколько электроэнергии нужно произвести в определенный период времени. Это помогает избежать недостатка или избытка электроэнергии, что может привести к проблемам в сетях и неэффективному использованию ресурсов.

2. Планирование инфраструктуры: Прогноз спроса также помогает определить необходимость строительства новых энергетических объектов, таких как генерирующие станции или подстанции. Это позволяет энергетическим компаниям планировать свои инвестиции и ресурсы на будущее.

3. Оптимизация распределения: Прогноз спроса также помогает энергетическим компаниям оптимизировать распределение электроэнергии в сети. Например, зная пиковые периоды спроса, они могут перераспределять энергию из других регионов или использовать эффективные механизмы управления нагрузкой для снижения нагрузки в пиковые часы.

4. Прогнозирование цен и рыночной деятельности: Прогноз спроса также имеет важное значение для определения цен на электроэнергию и прогнозирова-

ния рыночной активности. Это позволяет энергетическим компаниям планировать свои стратегии продажи и закупки энергии, а также принимать решения о взаимодействии с другими участниками рынка.

В целом, прогнозирование спроса на электроэнергию является важным инструментом для энергетических компаний, позволяющим им эффективно планировать, управлять и оптимизировать свою деятельность.

### **Описание проблемы.**

Прогнозирование спроса на электроэнергию играет важную роль в энергетической отрасли, так как позволяет эффективно планировать производство и распределение энергии, а также оптимизировать использование ресурсов. Однако, данная задача не является простой и обладает рядом сложностей, требующих разработки соответствующего решения.

Однако, существуют разнообразные проблемы, с которыми сталкиваются специалисты при прогнозировании спроса на электроэнергию.

Во-первых, сложность моделирования источников спроса. В энергетической индустрии существует множество видов потребителей электроэнергии – от домашних пользователей до крупных промышленных предприятий. Каждый из них имеет собственные факторы влияния на спрос, такие как погодные условия, экономическая активность и даже социокультурные факторы. Такая множественность факторов усложняет процесс моделирования и прогнозирования спроса.

Во-вторых, неопределенность во внешних факторах. Прогнозирование спроса на электроэнергию сильно зависит от переменных факторов, таких как экономическая ситуация, уровень промышленной и технологической активности, наличие альтернативных источников энергии и законодательные меры, направленные на изменение потребления энергии. Все эти факторы также трудно прогнозируются, что создает большую неопределенность в прогнозах спроса на электроэнергию.

Еще одной проблемой является объем информации, доступный для прогнозирования. Энергетической системе необходимы большие объемы данных для точного прогнозирования спроса. Однако, сбор такого объема данных и их анализ может быть трудоемким и затратным процессом. Кроме того, необходимо учитывать эффективность предоставленной информации и ее актуальность, так как устаревшая информация может привести к неточным прогнозам.

Наконец, прогнозирование спроса на электроэнергию является сложной задачей в связи с недостатком универсальных методов прогнозирования. Так как спрос на электроэнергию зависит от множества факторов, не существует одного универсального метода прогнозирования, который дал бы точные результаты для всех ситуаций. Вместо этого необходимо применять различные методы и моделирование для конкретных случаев, что требует высокой квалификации и опыта специалистов.

Все эти проблемы создают сложности в прогнозировании спроса на электроэнергию в энергетике. Однако, преодоление данных препятствий имеет важ-

ное значение для обеспечения эффективного планирования и управления ресурсами, а также для достижения устойчивого развития энергетической индустрии и обеспечения энергетической безопасности.

Одной из главных проблем в прогнозировании спроса на электроэнергию является его нестабильность. Факторы, влияющие на спрос, могут быть различными, начиная от времени суток и дня недели, заканчивая праздниками и сезонными изменениями. Все эти факторы могут оказать значительное влияние на изменение потребления электроэнергии и усложнить задачу прогнозирования.

Еще одной проблемой является нехватка данных для анализа. Все прошлые данные, связанные с потреблением электроэнергии, могут быть недоступны или неполными. Это создает трудности при построении точной математической модели для прогнозирования и требует разработки методов, способных справиться с этой проблемой.

### **Как решить проблемы прогнозирования спроса на электроэнергию в энергетике.**

Прогнозирование спроса на электроэнергию в энергетике может быть сложной задачей из-за множества факторов, влияющих на спрос. Однако, существуют некоторые методы и подходы, которые могут помочь решить проблемы прогнозирования:

1. Использование статистических моделей: Статистические модели, такие как временные ряды и регрессионный анализ, могут быть использованы для анализа и прогнозирования спроса на электроэнергию. Эти модели основаны на исторических данных о спросе и других факторах, таких как погода, экономические показатели и т. д.

2. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения: Методы машинного обучения, такие как нейронные сети и генетические алгоритмы, могут быть применены для прогнозирования спроса на электроэнергию. Эти методы могут автоматически анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности.

3. Учет внешних факторов: При прогнозировании спроса на электроэнергию важно учитывать внешние факторы, такие как погода, день недели, праздники и т. д. Эти факторы могут сильно влиять на спрос и должны быть учтены при разработке моделей прогнозирования.

4. Анализ данных с использованием Big Data: С большим объемом данных, доступных сейчас, можно использовать аналитические методы Big Data для прогнозирования спроса на электроэнергию. Анализ данных может помочь выявить неочевидные связи и тренды, которые могут быть полезны для прогнозирования спроса.

5. Учет изменений в потребительском поведении: Потребительское поведение может изменяться со временем, и это должно быть учтено при прогнозировании спроса. Изучение и анализ изменений в потребительском поведении может помочь улучшить точность прогнозирования.

В целом, решение проблем прогнозирования спроса на электроэнергию требует комбинации различных методов и подходов, а также постоянного мониторинга и анализа данных.

### **На какой срок нужно прогнозировать спрос?**

Предсказание спроса на электроэнергию зависит от периода прогнозирования и включает краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные и сверхдальние прогнозы электропотребления. Особенно важны долгосрочные прогнозы на 15–20 лет для развития энергокомпаний [1].

Основные методы прогнозирования электропотребления включают экстраполяцию трендов, экономико-математическое моделирование, метод прямого счета и экспертные оценки.

При использовании метода экстраполяции трендов используются однородные статистические временные ряды для абсолютного потребления электроэнергии или других производственных величин. Для прогнозирования на краткосрочный период наиболее распространены линейные, экспоненциальные и логистические модели трендов.

Экономико-математические модели включают одно- и многофакторные корреляции, а также более сложные эконометрические модели. Выбор экзогенных показателей для этих моделей требует дополнительного анализа.

В общем случае по методу прямого счета расчет электропотребления  $W$  в региональном народном хозяйстве на будущий год  $t$  используется следующая формула:

$$W_{\text{эт}} = \sum_{i=1}^n e_{Bi} \cdot B_i + W_{\text{э}}^{\text{н}} + \sum_{j=1}^m e_{Lj} \cdot L,$$

где  $e_{Bi}$  - удельный расход электроэнергии (норма расхода) на производство продукции (услуги) вида  $i$ ;  $B_i$  - объем выпуска продукции (услуги)  $i$ -го вида;  $W_{\text{э}}^{\text{н}}$  - ненормируемая часть электропотребления;  $e_{Lj}$  - удельный расход электроэнергии (норма) на 1 жителя в процессе  $j$ -го вида (освещение, приготовление пищи, силовые нужды, горячее водоснабжение и т.д.);  $L$  - численность населения региона;  $n$  - число видов продукции (услуг) в сфере материального производства;  $m$  - число электропотребляющих процессов в быту и сфере услуг для населения.

Метод прямого счета предполагает прогнозирование удельных расходов электроэнергии на единицу продукции, работы, жителя и других показателей. Для этого используются различные источники информации, включая статистические данные о потреблении электроэнергии в разных отраслях, ожидаемых объемах производства, динамике потребления и других факторах.

Эконометрические модели позволяют учесть больше факторов, влияющих на электропотребление, и моделировать различные варианты развития в отраслевом и региональном аспектах. Они сужают зону неопределенности прогноза.

В целом, методы прогнозирования электропотребления требуют значительного объема информации, включая данные о потреблении электроэнергии в различных сферах, объемах производства, развитии транспортных систем, а также экспертные оценки.

Все виды проблем могут возникнуть в процессе прогнозирования спроса, начиная от недостатка данных и неопределенности, до неправильного выбора и применения статистических методов. Понимание и разрешение этих проблем является неотъемлемой частью процесса прогнозирования.

Прежде всего, необходимо учитывать различные факторы, которые могут влиять на спрос электроэнергии. Это могут быть сезонные колебания, погодные условия, экономические изменения, технологические прогресии и другие факторы. Правильная и точная оценка влияния всех этих факторов позволяет строить более надежные прогнозы спроса.

Для решения проблем в прогнозировании спроса электроэнергии применяются различные методы и подходы. Одним из них является статистическое моделирование, основанное на анализе и использовании исторических данных. Другим подходом является использование экспертных оценок и технических знаний, которые могут помочь учесть особенности и изменения в энергетической системе.

Важным аспектом прогнозирования спроса электроэнергии является постоянная анализ и обновление моделей прогнозирования. Технологический прогресс и изменения в энергетической системе требуют постоянного обновления и модификации моделей, чтобы они отражали актуальные тренды и изменения.

Также, необходимо активно использовать современные технологии и методы анализа данных, такие как машинное обучение и искусственный интеллект. Эти инструменты позволяют обрабатывать большие объемы данных, выявлять скрытые закономерности и прогнозировать спрос с высокой точностью.

Однако, несмотря на сложности, существуют различные методы и подходы для решения данной задачи прогнозирования спроса на электроэнергию. Один из них - методы временных рядов. Они основаны на анализе статистических свойств временных рядов потребления электроэнергии и позволяют выявить тенденции, цикличность и сезонность в данных. Это позволяет строить прогнозы на основе полученных знаний о прошлом поведении потребления электроэнергии.

Другой подход - использование нейронных сетей для прогнозирования спроса на электроэнергию. Нейронные сети могут быть обучены на прошлых данных и использовать полученные знания для прогнозирования будущего спроса. Этот метод позволяет учесть более сложные зависимости и нелинейности в данных.

Также существуют алгоритмы машинного обучения, которые могут быть применены для решения задачи прогнозирования спроса на электроэнергию. Эти алгоритмы позволяют автоматически находить зависимости в данных и строить более точные прогнозы.

### **Результаты прогнозирования энергопотребления в регионах России на 2015 год.**

В качестве тестовой выборки наиболее сложные для анализа энергоемкие области [2]. Результаты прогнозирования представлены в таблице 1. Сравнению подлежит прогнозное и фактическое электропотребление за 2015 г.

Таблица 1 – Результаты прогнозирования объемов потребления электроэнергии наиболее энергоемкими субъектами Российской Федерации

№	Субъект РФ	Точность прогнозирования, %
1	Московская область	79,13
2	Тюменская область	96,78
3	Иркутская область	96,04
4	Свердловская область	81,31
5	Красноярский край	97,34
6	Челябинская область	87,63
7	Кемеровская область	86,66
8	Ленинградская область	97,97
9	Республика Башкортостан	93,57
10	Самарская область	91,46
11	Республика Татарстан	99,29
12	Пермский край	77,29
13	Нижегородская область	94,59
14	Волгоградская область	95,08
15	Тульская область	96,74

### Прогнозы электропотребления в России.

По данным Института энергетических исследований РАН, при оценке инновационного сценария МЭРТ России прогнозируется сокращение объема электропотребления в стране. Ожидается, что это сокращение составит 73 млрд. кВт·ч по сравнению с базовым вариантом генсхемы и 136 млрд. кВт·ч по сравнению с максимальным вариантом генсхемы (рисунок 1).

Что касается более долгосрочных прогнозов электропотребления, то и они вызывают множество критических замечаний и суждений [3].

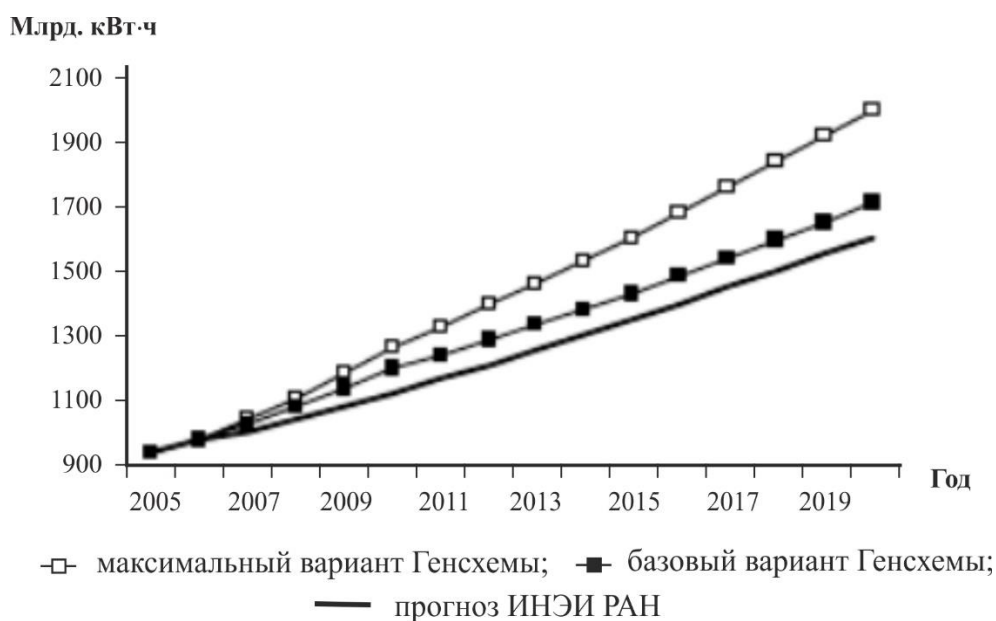


Рисунок 1 – Прогнозы электропотребления в России

## **Заключение:**

В заключение, прогнозирование спроса на электроэнергию в энергетике - сложная задача, которая требует разработки и применения специальных методов и подходов. Однако, с использованием математических моделей, методов временных рядов, нейронных сетей и алгоритмов машинного обучения, можно достичь более точных прогнозов и эффективно планировать производство и распределение электроэнергии. Разрешение всех видов проблем в прогнозировании спроса является неотъемлемой частью процесса и позволяет принимать обоснованные решения и обеспечивать эффективное функционирование энергетической системы.

## **Список используемой литературы**

1. Прогнозирование спроса на электроэнергию // Курс лекций Экономика энергетики. - С.46. URL: <https://studfile.net/preview/10093591/page:46/> (дата обращения:10.02.2024).
2. Гужов Сергей Вадимович. О ПРОГНОЗИРОВАНИИ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ // Известия Транссиба. 2020. №1 (41). - С.138. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-prognozirovanii-sprosa-na-elektroenergiyu-energositemami-regionov-rossiyskoy-federatsii-s-primeneniem-iskusstvennyh-neyronnyh> (дата обращения: 13.02.2024).
3. Малахов В. А. Подходы к прогнозированию спроса на электроэнергию в России // Проблемы прогнозирования. 2009. №2. - С.57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-prognozirovaniyu-sprosa-na-elektroenergiyu-v-rossii> (дата обращения:15.02.2024).

## **Информация об авторах**

Бочкарев К. Г. - студент группы 8Э(з) -31, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

## **Научный руководитель**

Грибанов А. А., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

## **Ссылка для цитирования**

Бочкарев, К. Г. Прогнозирование спроса электроэнергии в энергетике: описание проблемы и ее решение / К. Г. Бочкарев, А. А. Грибанов // Энерджинет. 2023. № 1. URL: <http://nopak.ru/231-048> (дата обращения: 02.02.2024).

