

УДК 621.31**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Березин Д.С., магистрант гр. ЭПм-211, I курс

Липина Г. А., старший преподаватель

Научный руководитель: Казунина Г.А., д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

Прогнозирование электропотребления в системе является одной из важнейших частей планирования в энергетике. Для формирования правильного подхода к управлению энергосистемой необходимо регулярно осуществлять прогнозирование различных параметров. К основным видам прогнозирования относятся:

- краткосрочное – прогнозируемый период от одного часа до нескольких лет. Используется для оперативного управления энергосистемой;
- среднесрочное – прогнозируемый период от 5 до 10 лет. Используется для реализации новых технических решений, формирования заявок на модернизацию, ввод/вывод оборудования в системе;
- долгосрочное – прогнозирование на период более 10 лет. Используется для составления программ развития.

На сегодняшний день существует большое количество методов прогнозирования, которые можно разделить на несколько видов [2]:

- методы экстраполяции трендов;
- методы экспертных оценок;
- методы регрессионного анализа;
- методы экономико-математического моделирования.

В энергетике для прогнозирования энергопотребления на небольшие периоды чаще всего применяются методы экстраполяции трендов. Одними из таких методов являются модели простого и сложного экспоненциального сглаживания. Эти методы учитывают все предшествующие величины показателя временного ряда и являются одними из простейших для прогнозирования на несколько периодов вперед. По сравнению с простым сглаживанием применение сложного экспоненциального сглаживания позволяет вводить не-

сколько коэффициентов, влияющих на прогнозирование и делающих метод более гибким.

Расширенная математическая модель Хольта в сочетании с простым экспоненциальным сглаживанием называется методом Хольта-Винтерса. Данный метод включает в себя не только оценку динамики ряда, но и учитывает тренд, сезонность с учетом экспоненциально-сглаженного ряда. Таким образом, применение модели в прогнозировании дает возможность провести сглаживание небольших колебаний данных и убрать незначительные спады и скачки, которые могут влиять на последующие значения. Именно это является главным преимуществом, благодаря которому данный метод применяется для построения моделей прогнозирования на большее количество периодов [1].

Для проведения прогнозирования, применяя метод Хольта-Винтерса, используется следующий алгоритм расчетов:

1. Сглаживание ряда по методу двойного экспоненциального сглаживания:

$$F_t = \begin{cases} Y_t \\ aY_t + (1 - a)(F_{t-1} + S_{t-1}) \end{cases}, \quad (1)$$

Где t – период времени; F_t – сглаженное значение; Y_t – значение временного ряда; a – коэффициент сглаживания, который выбирается в пределах $0 < a < 1$, S_t – величина влияния тренда.

2. Оценка тренда:

$$S_t = \begin{cases} Y_2 - Y_1 \\ \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot S_{t-1} \end{cases}, \quad (2)$$

где β – коэффициент сглаживания тренда, выбирается в пределах $0 < \beta < 1$.

3. Прогнозирование по методу Хольта-Винтерса.

Так как при расчете методом Хольта-Винтерса могут входить прогнозные значения с истекшим времененным сроком, то есть те, которые относятся к уже прошедшему периоду (фактические значения), то расчет осуществляется по двум формулам:

- 1) Для значений с истекшим сроком:

$$\hat{Y}_{t-p} = F_{t-1} + S_{t-1}, \quad (3)$$

- 2) Для прогнозирования значений:

$$\hat{Y}_{t-p} = F_n + S_n(T - n), \quad (4)$$

где $T = n + 1, n + 2 \dots$

Для проведения прогноза был выбран регион (Кемеровская область – Кузбасс) и составлена таблица 1, в которой представлены значения потребления электроэнергии в Кузбассе за 10 лет.

Данные об электропотреблении за 2019 и 2020 год будут являться значениями с истекшим сроком. Благодаря им можно будет проверить точность прогнозирования данным методом [3].

Таблица 1. Потребление электроэнергии в Кузбассе [3]

Год	Потребление, млн.кВт*ч
2008	36266,1
2009	33020,5
2010	33972,0
2011	33982,8
2012	38055,4
2013	36099,5
2014	35892,0
2015	34170,4
2016	35069,0
2017	35670,4
2018	35612,7

На основании этих данных был произведен расчет для прогнозирования потребления электрической энергии до 2025 года в Кузбассе. На рисунке 1 представлены графики потребления электроэнергии на основании заданных значений и расчетных значений экспоненциального сглаживания и прогноза.

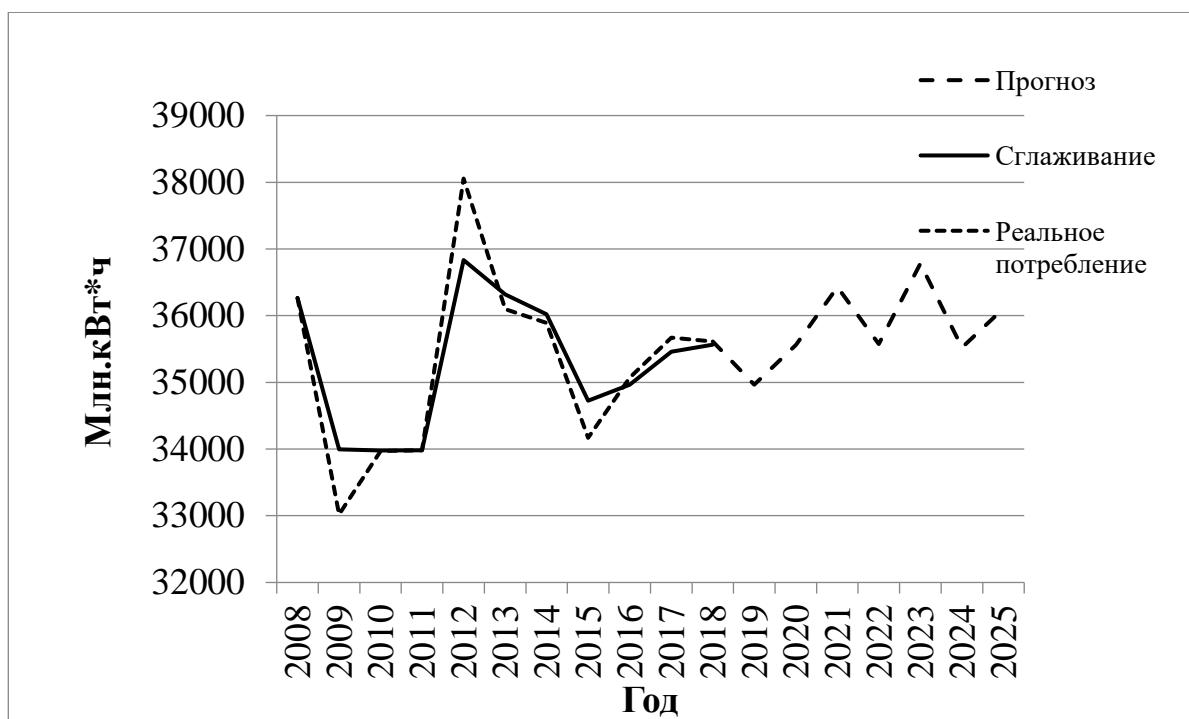


Рис.1. Графическая интерпретация прогноза

Полученные значения по расчету представлены в таблице 2. Также было проведено сравнение с реальными данными об электропотреблении за 2019 и 2020 гг., и проведена оценка погрешности метода.

Таблица 2. Расчетные значения прогнозирования электропотребления по методу Хольта-Винтерса

Год	Прогноз потребления, млн.кВт*ч	Фактическое потребление, млн.кВт*ч
2019	34965,5	35312,9
2020	36022,75	34165,5
2021	36575,66	
2022	35729,67	
2023	36958,42	
2024	35709,06	
2025	36310,73	

Несмотря на то, что расчетная точность прогноза составила 99,3%, значения прогноза и фактического потребления различаются. Погрешность расчетов составила менее 5%. Это связано с невозможностью учета других факторов, дополнительно влияющих на потребление электроэнергии, таких как внешние мировые факторы, влияющие на потребление, а также сложность

подбора коэффициентов тренда и сезонности. Кроме того, на точность прогнозирования влияет небольшое количество данных, заданных для формирования модели прогноза.

Несмотря на это данный метод является одним из основных для прогнозирования и планирования потребления электроэнергии как региона, так и отдельных узловых точек на различные периоды. Выбрав оптимальные коэффициенты, можно добиться максимальной точности прогнозирования ряда.

Список литературы:

1. Прогноз по методу экспоненциального сглаживания с трендом и сезонностью Хольта-Винтерса [Электронный ресурс]. – URL: <http://4analytics.ru/prognozirovaniye/prognoz-po-metodu-eksponencialnogo-sglajivaniya-s-trendom-i-sezonnostyu-xolta-vinters>
2. Сравнение алгоритмов прогнозирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://fnow.ru/algoritm-comparison/metod-holata-wintersa>
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru>