

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2025)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/NRPL3020>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/HVLD5624>

***Ш. З. Телбаева¹, Л. А. Авдеев², В. В. Каверин³,
С. Е. Кокин⁴, Д. К. Жумагулова⁵**

^{1,2,3,5}Карагандинский технический университет имени А. Сагинова,
Республика Казахстан, г. Караганда;

⁴ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина,
Российская Федерация, г. Екатеринбург;

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6208-4113>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4720-5823>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2021-7445>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9783-7530>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8830-7696>

*e-mail: tshz@mail.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Анализ и прогнозирование электрической нагрузки являются неотъемлемой частью современного энергоменеджмента. Случайный характер изменений в потреблении электроэнергии, обусловленный множеством внутренних и внешних факторов, требует применения статистических методов для построения точных прогнозов.

В данной работе рассматриваются различные подходы к прогнозированию электрической нагрузки, используемые для принятия управленческих решений на разных временных горизонтах. Долгосрочные прогнозы служат основой для долгосрочного планирования, а оперативные прогнозы позволяют оперативно реагировать на изменения в потреблении электроэнергии и оптимизировать работу предприятия в режиме реального времени.

В работе рассматривается актуальная проблема прогнозирования электрической нагрузки на угольных шахтах. Для принятия обоснованных решений в области энергоменеджмента необходимо оперативное предсказание потребления электроэнергии. В этой работе рассмотрены различные методы оперативного прогнозирования, такие как скользящее среднее, экспоненциальное

сглаживание и метод линейной регрессии. В качестве данных использованы часовые значения электроэнергии трансформаторов поверхности шахты им.Костенко. Время прогноза составляет 2 часа вперед, где сравниваются точность различных моделей. Полученные прогнозы сравниваются с фактическими данными за 23-24 часа. Сравнение визуализируется графически и представлены в табличной форме. Результаты исследования позволяют выбрать наиболее подходящий метод прогнозирования для конкретных условий шахты им.Костенко и оптимизировать управление энергопотреблением.

Ключевые слова: прогнозирование, метод линейной регрессии, скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание, часовое потребление.

Введение

В управлении электроэнергетическими системами прогнозирование электрической нагрузки является одним из ключевых инструментов для принятия регулирующих решений.

Необходимость прогнозирования режимов электропотребления обусловлена тем, что изменения электрической нагрузки во времени определяются большими совокупностями энергоприемников, распределенных по территории предприятия. Эти изменения представляют собой случайные процессы, то есть функции, которые случайным образом зависят от времени, а также от ряда внутренних и внешних факторов, имеющих вероятностный характер изменений.

Общим свойством этих процессов является то, что каждый из них является результатом суммирования очень большого числа слагаемых, следствием чего оказывается нормальность распределения этих случайных процессов.

Именно нормальное распределение нагрузки позволяет использовать стандартные методы математической статистики для ее анализа и прогнозирования.

В рамках статистических методов анализ линейной регрессии зарекомендовал себя как перспективный инструмент, благодаря своей точности и простоте реализации по сравнению с другими методами. Авторы [1] в своих работах используют простой и множественный линейный регрессионный анализ, а также квадратичный регрессионный анализ к почасовым и ежедневным данным исследовательского центра. При прогнозировании суточной кривой нагрузки электроэнергии в Центральной энергосистеме Монголии, авторы [2] использует метод статистического анализа с учетом метеорологических факторов, за счет которого может

повышается точность прогнозирования. В работе автор [3] предлагает метод вероятностного прогнозирования на основе сети стохастической конфигурации для решения задачи краткосрочного прогнозирования силовой нагрузки.

При проведении работ, связанных с управлением режимами электропотребления (РЭП) предприятий необходимо использовать два вида прогнозов основных показателей РЭП: долгосрочные (с упреждением до года) и оперативные (с упреждением до суток) [4, с.19].

Материалы и методы

Успешное решение задачи управления во многом определяется точностью и качеством полученных прогнозных значений режима электропотребления.

Перечень моделей, подлежащих анализу, определяется в предположении, что алгоритм использования модели должен занимать минимальное количество времени для определения прогнозных значений и отражать текущее состояние РЭП.

Из множества возможных методов, с учётом простоты применения и возможности реализации средствами вычислительной техники, были отобраны следующие: методы линейной регрессии, метод скользящего среднего и метод экспоненциального сглаживания.

Метод линейной регрессии, широко применяемый для прогнозирования временных рядов, основан на принципе линейной зависимости между уровнями ряда. Эта зависимость описывается уравнением прямой линии. Ключевым аспектом метода является минимизация суммы квадратичных отклонений между эмпирическими и теоретическими значениями, полученными с помощью уравнения регрессии. Точность прогноза напрямую зависит от близости фактических значений к расчетным [5; 6].

Прогнозные значения методом линейной регрессии рассчитываются по формуле:

$$Y_{t+1} = a * X + b, \quad (1)$$

где $t+1$ – прогнозный период;

Y_{t+1} – прогнозируемый показатель;

a и b - коэффициенты;

X – текущее значение времени.

Коэффициенты a и b считаются по следующим формулам:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\text{факт.}} * X) - (\sum_{i=1}^n X * \sum_{i=1}^n Y_{\text{факт.}}) / n}{\sum_{i=1}^n X^2 - (\sum_{i=1}^n X)^2 / n}, \quad (2)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{\text{факт.}}}{n} - \frac{a * \sum_{i=1}^n X}{n}. \quad (3)$$

При расчётах по формулам (2) и (3) используются данные из суточного графика электропотребления, представляющие собой выборку из генеральной совокупности.

Для определения наилучшей функции тренда в линейной регрессии строят несколько разных функций и сравнивают их точность с помощью среднеквадратической ошибки, функция, у которой ошибка меньше, считается лучше [7]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\text{факт.}} - Y_{\text{прогн.}})^2}{n - p - 1}}, \quad (4)$$

где $Y_{\text{факт.}}$ – наблюдаемое значение параметра;

$Y_{\text{прогн.}}$ – спрогнозированное значение параметра;

n – размерность окна;

p – количество параметров в модели тренда.

Метод сглаживания скользящими средними позволяет увидеть общую картину изменения данных, где фильтруются случайные колебания. Суть метода заключается в том, что усредняются значения внутри скользящего окна, и окно каждый раз сдвигается на один шаг. В результате получается сглаженный график, где каждое значение соответствует середине исходного интервала [8].

Для расчета прогнозного значения методом скользящей средней необходимо:

1. Определить величину интервала сглаживания n ;
2. Рассчитать скользящую среднюю для всех периодов по формуле:

$$Y_{t+1} = m_{t-1} + \frac{1}{n} * (Y_t - Y_{t-1}), \quad (5)$$

где $t+1$ – прогнозный период;

t – период, предшествующий прогнозному периоду;

Y_{t+1} – прогнозируемый показатель;

m_{t-1} – скользящая средняя за два периода до прогнозного;

n – интервал сглаживания;

Y_t – фактическое значение за предшествующий период;

Y_{t-1} – фактическое значение за два периода, предшествующих прогнозируемому;

3. Рассчитать прогноз на определенный период.

4. Рассчитать среднюю относительную ошибку по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{|Y_{\text{факт.}} - Y_{\text{прогноз.}}|}{Y_{\text{факт.}}} * 100 \quad (6)$$

Метод экспоненциального сглаживания использует взвешенное среднее предыдущих наблюдений для прогнозирования будущих значений. Суть метода заключается в том что, каждому предыдущему наблюдению присваивается веса (коэффициент). Чем дальше наблюдение от текущего, тем меньше его вес. Веса убывают экспоненциально с увеличением давности наблюдения. Сглаженное значение для текущего момента времени рассчитывается как взвешенная сумма всех предыдущих наблюдений [9].

Для начала работы нужно задать первое сглаженное значение S_1 , которое часто берут как первое наблюдение временного ряда X_0 . Далее для каждого момента времени t вычисляется сглаженное значение S_t по формуле:

$$S_1 = X_0, \quad (7)$$

$$S_t = \alpha * X_{t-1} + (1 - \alpha) * S_{t-1}, \quad (8)$$

где:

X_{t-1} – фактическое наблюдение в момент $t-1$;

S_t – значение экспоненциального среднего в момент t ;

α – параметр сглаживания, $\alpha = \text{const}$, $\alpha \in (0; 1]$.

В методе экспоненциального сглаживания каждое новое значение вычисляется на основе предыдущего, с учетом текущего наблюдения. При этом используется взвешенное среднее, где вес текущего наблюдения равен α , а вес предыдущего сглаженного значения равен $(1-\alpha)$. Продолжая эту процедуру рекуррентно, можно получить зависимость S_t для каждого сглаженного значения от всех предыдущих:

$$S_t = \alpha * \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \alpha)^i * X_{t-1-i}. \quad (9)$$

С уменьшением α наблюдается существенное сокращение дисперсии сглаженного ряда, что эквивалентно подавлению колебаний исходного ряда [10].

Основным критерием оценки качества прогноза служит среднеквадратическое отклонение ошибок прогноза, рассчитываемое по формуле (6).

Результаты и обсуждение

В качестве примера рассмотрен процесс часового электропотребления трансформаторов поверхности угольной шахты им.Костенко с входным напряжением 6 кВ. Даны 24 значения, расчетные значения получены для периодов с 1–22 ч. В качестве кросс-проверки оставим значения для 23–24 ч. Поскольку при подземной добыче угля температура постоянна, а режим работы круглосуточный, внешние факторы не будут учитываться. Таким образом, в данной работе рассматриваются только суточные данные, где отсутствуют сезонные колебания.

Задача заключается в расчете прогноза на 2 часа вперед с построением прогнозного графика и сравнением эффективности различных методов оперативного прогнозирования.

В таблице 1 представлены расчетные прогнозные значения при различных методах прогнозирования. Значения, выделенные красным цветом, являются прогнозными значениями. Графики прогнозных значений при различных методах представлены на рисунках 1–3.

Таблица 1 – Расчетные прогнозные значения при различных методах прогнозирования

№	Время	Р, кВт	Метод скользящего среднего (n=3)	Метод экспоненциального сглаживания	Метод наименьших квадратов
1	2	3	4	5	6
1	01:00	70,41			79,03
2	02:00	78,9		70,41	77,66
3	03:00	112,5	87,27	75,50	76,29
4	04:00	90,54	93,98	97,70	74,91
5	05:00	71,52	91,52	93,40	73,54
6	06:00	73,62	78,56	80,27	72,17
7	07:00	77,01	74,05	76,28	70,80
8	08:00	59,46	70,03	76,72	69,43
9	09:00	60	65,49	66,36	68,06
10	10:00	52,26	57,24	62,55	66,68
11	11:00	56,43	56,23	56,37	65,31
12	12:00	52,41	53,70	56,41	63,94

№	Время	Р, кВт	Метод скользящего среднего (n=3)	Метод экспоненциального сглаживания	Метод наименьших квадратов
13	13:00	48,51	52,45	54,01	62,57
14	14:00	47,61	49,51	50,71	61,20
15	15:00	52,53	49,55	48,85	59,82
16	16:00	64,02	54,72	51,06	58,45
17	17:00	47,46	54,67	58,84	57,08
18	18:00	51,69	54,39	52,01	55,71
19	19:00	57,66	52,27	51,82	54,34
20	20:00	60,27	56,54	55,32	52,96
21	21:00	79,29	65,74	58,29	51,59
22	22:00	57,66	65,74	70,89	50,22
23	23:00	57,6	64,85	62,95	48,85
24	24:00	56,7	57,32	56,74	47,48
Средняя относительная ошибка, %			9,24	14,48	15,71



Рисунок 1 – Графики фактических и прогнозных значений методом линейной регрессии



Рисунок 2 – Графики фактических и прогнозных значений методом скользящего среднего

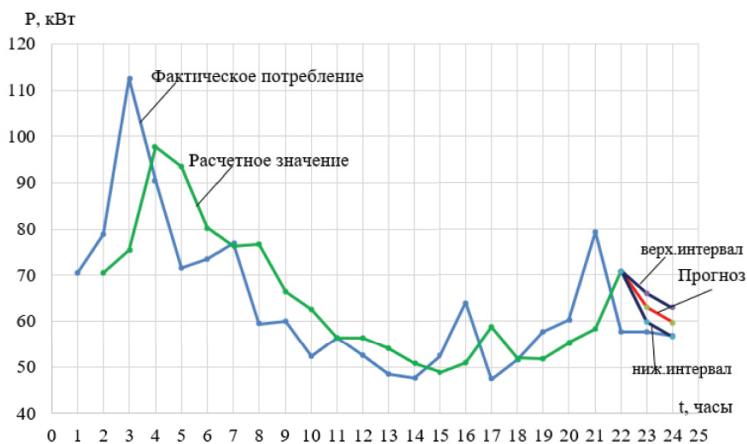


Рисунок 3 – Графики прогнозных значений методом экспоненциального сглаживания

Вычислим доверительный интервал по формуле:

$$\mu = \bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \quad (10)$$

где $\bar{X}$ – среднее значение заданных величин;
 $Z\alpha/2$ – коэффициент уровня значимости при 95 %;
 δ – стандартное отклонение;
 n – количество выборки.

Анализируя результаты таблицы 1 и рисунков 1–3 можно сделать следующие выводы, все прогнозные значения находятся в пределах доверительного интервала. Оба метода (экспоненциальное сглаживание и линейная регрессия) демонстрируют сопоставимые результаты прогнозирования, поскольку их средняя относительная ошибка укладывается в диапазон 10–20 %. Несмотря на хорошую общую точность прогнозов, метод скользящего среднего выделяется своей высокой точностью (9,24 %), что делает его предпочтительным для оперативного прогнозирования в периоды максимальной нагрузки энергосистемы (2–4 часа), когда требуется анализ предыдущих значений для прогноза на ближайшие 2–4 интервала.

Выводы

Выполнен анализ основных применяемых методов оперативного прогнозирования, которые могут быть использованы в целях оперативного управления процессом электропотребления:

- метод скользящего среднего;
- метод экспоненциального сглаживания;
- метод линейной регрессии.

Результаты анализа показывают, что наиболее приемлемым для использования в системе регулирования режимов электропотребления угольной шахты им. Костенко является метод скользящего среднего, который обеспечивает минимальную погрешность в оперативном прогнозе (9,24 %).

Представлена методика определения планов потребления электрической энергии предприятиям, которое может быть использовано при долгосрочном прогнозировании заявляемых объёмов электропотребления предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Fumo, N., Biswas, M., Rafe, A.** Regression analysis for prediction of residential energy consumption // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Volume 47, March 2015. – P. 332–343. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.035>.

2 **Rusina, G., Osgonbaatar, T., Matrenin, P.** Short-term Load Forecasting Using Statistical Methods for the Central Power System of Mongolia // 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – Yekaterinburg, Russian Federation, 2022. – P. 2030–2035. – <https://doi.org/10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017047>.

3 **Ning, Y., Zhao, R., Wang, Sh., Yuan, B., Wang, Y., Zheng, D.** Probabilistic short-term power load forecasting based on B-SCN // Energy Reports. – Vol. 8, Supplement 2022. – P. 646–655. – <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.146>.

4 **Билалова, А. И.** Прогнозирование потребления и повышение качества электроэнергии : учебное пособие / А. И. Билалова, В. И. Доманов, М. В. Петрова. – Ульяновск : УлГТУ, 2023. – 228 с.

5 **Лыкова, Е. А., Лыкова, Е. С.** Применение метода наименьших квадратов для нахождения прогнозируемых значений // Современные инновации, системы и технологии. – 2024. – №4. – С.0426–0435 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-metoda-naimenshih-kvadratov-dlya-nahozheniya-prognoziruemyh-znacheniy> (Дата обращения 12.11.2025).

6 **Lee, G.-C.** Regression-Based Methods for Daily Peak Load Forecasting in South Korea // Sustainability 2022. – 14. – 3984. – <https://doi.org/10.3390/su14073984>

7 Метод наименьших квадратов. Линейная аппроксимация [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=F-SzzZGD0mQ> (Дата обращения 10.10.2024).

8 Использование метода скользящей средней в прогнозировании [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/3659/901/lecture/32721> (Дата обращения 10.11.2024).

9 Экспоненциальное сглаживание [Электронный ресурс]. – URL: https://help.fsight.ru/ru/mergedProjects/lib/02_time_series_analysis/uimodelling_expsmooth.htm (Дата обращения 15.11.2024).

10 Временные ряды : модели экспоненциального сглаживания. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NWgdm599jY> (Дата обращения 16.12.2024).

REFERENCES

1 **Fumo, N., Biswas, M., Rafe, A.** Regression analysis for prediction of residential energy consumption // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 47. – March 2015. – P. 332–343. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.035>.

2 **Rusina, G., Osgonbaatar, T., Matrenin, P.** Short-term Load Forecasting Using Statistical Methods for the Central Power System of Mongolia // 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – Yekaterinburg, Russian Federation, 2022. – P. 2030–2035. – <https://doi.org/10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017047>.

3 **Ning, Y., Zhao, R., Wang, Sh., Yuan, B., Wang, Y., Zheng, D.** Probabilistic short-term power load forecasting based on B-SCN // Energy Reports. – Vol. 8. – Supplement 2022. – P. 646–655. – <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.146>.

4 **Bilalova, A. I.** Prognostirovanie potrebleniya i povyshenie kachestva elektroenergii : uchebnoe posobie [Forecasting consumption and improving the quality of electricity : textbook] / A. I. Bilalova, V. I. Domanov, M. V. Petrova. – Ul'yanovsk : UIGTU, 2023. – P. 228.

5 **Lykova, E.A., Lykova, E S.** Primenenie metoda naimen'shih kvadratov dlya nahozhdeniya prognoziруemyh znachenij // Sovremennye innovacii, sistemy i tekhnologii [Application of the least squares method for finding predicted values // Modern innovations, systems and technologies]. – 2024. – № 4. – P. 0426–0435. [Electronic resource]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-naimenshih-kvadratov-dlya-nahozhdeniya-prognoziруemyh-znacheniy> (Access date 12.11.2025).

6 **Lee, G.-C.** Regression-Based Methods for Daily Peak Load Forecasting in South Korea // Sustainability 2022. – 14. – 3984. – <https://doi.org/10.3390/su14073984>.

7 Metod naimen'shih kvadratov. Linejnaya approksimaciya [The least squares method. Linear approximation] [Electronic resource]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=F-SzzZGD0mQ> (Access date 10.10.2024).

8 Ispol'zovanie metoda skol'zyashchej srednej v prognozirovanii [Using the moving average method in forecasting] [Electronic resource]. – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/3659/901/lecture/32721> (Access date 10.11.2024).

9 Eksponencial'noe sglazhivanie [Exponential smoothing] [Electronic resource]. – URL: https://help.fsight.ru/ru/mergedProjects/lib/02_time_series_analysis/uimodelling_expsmooth.htm (Access date 15.11.2024).

10 Vremennye ryady : modeli eksponencial'nogo sglazhivaniya [Time series : exponential smoothing models] [Electronic resource]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NWgdm599ijY> (Access date 16.12.2024).

Поступило в редакцию 02.12.24.

Поступило с исправлениями 10.04.25.

Принято в печать 03.06.25.

*Ш. З. Телбаева¹, Л. А. Авдеев², В. В. Каверин³, С. Е. Кокин⁴, Д. К. Жумагулова⁵
^{1,2,3,5}Ө. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.;

⁴ЖБ ФМАББМ Ресейдің Тұңғыш Президенті Б. Н. Ельцин атындағы Орал федералды университеті, Ресей Федерациясы, Екатеринбург қ.
02.12.24 ж. баспаға түсті.

10.04.25 ж. түзетулерімен түсті.

03.06.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

КӨМІР КЕНШІ ЖАҒДАЙЫНДА ЭЛЕКТР ТҰТЫНУЫН БОЛЖАУ

Электр жүктемесін талдау және болжау қазіргі заманғы энергия менеджментінің құрамдас бөлігі болып табылады. Көптеген ішкі және сыртқы факторлардың әсерінен электр энергиясын тұтынудағы өзгерістердің кездейсоқ сипаты нақты болжамдарды құру үшін статистикалық әдістерді қолдануды талап етеді.

Бұл жұмыс әртүрлі уақыт горизонттарында басқару шешімдерін қабылдау үшін қолданылатын электр жүктемелерін болжаудың әртүрлі тәсілдерін қарастырады. Ұзақ мерзімді болжамдар ұзақ мерзімді жоспарлау үшін негіз болады, ал операциялық болжамдар нақты уақыт режимінде энергияны тұтынудағы өзгерістерге тез жауап беруге және зауыт жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Осы жұмыста көмір шахталарындағы электр жүктемесін болжаудың ағымдағы мәселесі қарастырылған. Энергияны басқару саласында негізделген шешімдер қабылдау үшін энергияны тұтынуды жылдам болжау қажет.

Бұл мақалада жылжымалы орташа, экспоненциалды тегістеу және сызықтық регрессия әдісі сияқты әртүрлі операциялық болжау әдістері талқыланды.

Деректер ретінде Костенко атындағы шахтасының жер үсті трансформаторларының электр энергиясының сағаттық мәндері пайдаланылды. Болжам уақыты ретінде алға 2 сағат аламыз, мұнда әртүрлі үлгілердің дәлдігі салыстырылады.

Алынған болжамдар 23–24 сағаттағы нақты деректермен салыстырылады. Салыстыру нәтижелері графикалық түрде бейнеленген және кесте түрінде берілген. Зерттеу нәтижелері Костенко шахтасының нақты жағдайлары үшін ең қолайлы болжау әдісін таңдауға және энергияны басқаруды оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: болжау, сызықтық регрессия әдісі, жылжымалы орташа, экспоненциалды тегістеу, сағаттық тұтыну.

*Sh. Z. Telbayeva¹, L. A. Avdeev², V. V. Kaverin³, S. E. Kokin⁴, D. K. Zhumagulova⁵

^{1,2,3,5}A. Saginov Karaganda Technical University,

Republic of Kazakhstan, Karaganda;

⁴FGAOU VO Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Russian Federation, Yekaterinburg.

Received 02.12.24.

Received in revised form 10.04.25.

Accepted for publication 03.06.25.

POWER CONSUMPTION FORECASTING IN COAL MINE CONDITIONS

Analysis and forecasting of electric load are an integral part of modern energy management. The random nature of changes in electricity consumption due to a variety of internal and external factors requires the use of statistical methods to make accurate forecasts.

This paper discusses different approaches to electric load forecasting used for management decision making at different time horizons. Long-term forecasts serve as a basis for long-term planning, while operational forecasts allow to respond promptly to changes in electricity consumption and optimize the operation of the enterprise in real time.

The paper considers the actual problem of forecasting electrical load at coal mines. Operational prediction of electricity consumption is necessary for making informed energy management decisions. In this paper, various operational prediction methods such as moving average, exponential smoothing and linear regression method are considered. The hourly values of electricity of surface transformers of Kostenko mine are used as data. The forecast time is 2 hours ahead where the accuracy of different models are compared. The resulting forecasts are compared with the actual data for 23–24 hours. The comparison is visualized graphically and presented in tabular form. The results of the study allow choosing the most appropriate method.

Keywords: forecasting, linear regression method, moving average, exponential smoothing, hourly consumption.

Теруге 09.06.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 25,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4417

Сдано в набор 09.06.2025 г. Подписано в печать 30.06.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 25,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4417

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

Е-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz