

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

№ 4 (2020)

Павлодар

<https://doi.org/10.48081/MXNO6299>

Б. К. Беккожина, А. В. Демьяненко

Северо – Қазақстанский университет имени М. Козыбаева,
Республика Казахстан, г. Петропавловск

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЭНЕРГОЕМКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ СКО

Эффективное прогнозирование потребления электроэнергии является важной задачей для промышленных предприятий. Однако это может быть достигнуто только в том случае, если предварительные расчеты верны и точны. В статье рассматривается применение одного из классических методов прогнозирования потребления электрической энергии, на примере АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения». К классическим методам прогнозирования относятся методы статистического прогнозирования основанные на корреляционном и регрессионном анализе, так как они учитывают влияние широкого набора входных параметров на выходные прогнозные данные электропотребления.

Ключевые слова: потребление электрической энергии, прогнозирование потребления, классический метод прогнозирования, линейная регрессия, метод экстраполяции.

Введение

Качественный прогноз потребления электрической энергии особенно важен для предприятий, поскольку за превышение заявленной ими мощности на этом отрезке времени они платят штраф или подвергаются принудительному отключению. В предыдущих работах, посвященных вопросам прогнозирования потребления электрической энергии [1–3], рассмотрены различные методы прогнозирования. Однако вопрос сравнения эффективности методов прогнозирования при различных параметрах объемов потребления электрической энергии остаётся открытым. В настоящее время на предприятиях прогноз осуществляется

сотрудником предприятия на основе собственного опыта с использованием простейших арифметических операций. Это не может обеспечить ни достоверность, ни точность прогнозирования, тем более, что современные подходы к экономическому и техническому управлению предъявляют все более жесткие требования к точности решения задач прогнозирования. Использование при прогнозировании математических моделей позволяет строить прогнозы с высокой точностью, сокращает время, затрачиваемое на процесс прогнозирования, а также помогает принимать управленческие решения [4–7].

Материалы и методы

В качестве основных инструментов для изучения процессов изменения различных показателей обычно используются статистические методы. Одним из таких методов является – экстраполяция. Суть этого метода заключается в прогнозировании событий, учитывая анализ показателей, которые имели место в прошлые годы. Он основывается на распространении прошлых и настоящих тенденций, закономерностей, связей на будущее развитие объекта прогнозирования.

Метод экстраполяции применяют, если имеются следующие допущения:

- а) период времени, для которого построена функция, должен быть достаточным для выявления тенденции развития;
- б) анализируемый процесс является устойчиво динамическим и обладает инерционностью, т.е. для значительных изменений характеристик процесса требуется время;
- в) не ожидается сильных внешних воздействий на изучаемый процесс, которые могут серьезно повлиять на тенденцию развития [8].

Результаты и обсуждение

В Северо-Казахстанской области одним из крупных промышленных предприятий является АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения». Мы владеем информацией об их электропотреблении по месяцам с 2016 по 2018 год. Структура потребления электроэнергии АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» по месяцам за 2016-2018 годы показана на рисунке 1.

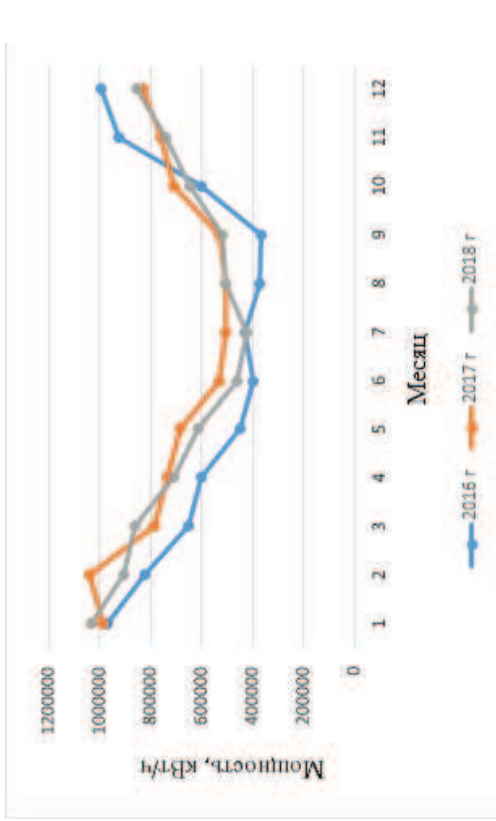


Рисунок 1 – Структура потребления электроэнергии АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» по месяцам за 2016–2018 годы

Отмечается, что потребление электроэнергии увеличилось с 2016 года. Потребление электроэнергии колеблется в течение каждого месяца. Самое низкое значение в сентябре 2016 года (368627 кВт/ч), а самое высокое – в феврале 2017 года (1037600 кВт/ч). Анализируя временной ряд потребления электроэнергии, можно увидеть, что энергоемкие предприятия сильно подвержены влиянию сезонных факторов в июне, июле и августе. Большое воздействие произошло в июле которое достигло – 30 %, в основном из-за малого заказа в летний период. Темпы роста в феврале составили 15 %, в основном за счет повышения температуры, предприятия используют электроэнергию для использования кондиционеров и других холодильных установок повышения электрической мощности [9].

Построим прогноз потребления электрической энергии на 2018 год и сравним эти данные с уже имеющимися, используя один из методов экстраполяции, основанный на линейной регрессии с помощью программы Excel. В таблице 1 приведены данные по потреблению электрической энергии за 2016–2018 годы по месяцам и прогноз на 2018 год. Кроме того, в таблице 1 приведены верхние и нижние границы отклонений от прогноза, они рассчитываются по методике, предложенной в [10], для того, чтобы гибко запланировать объем потребления электроэнергии на будущие периоды.

Таблица 1 – Потребление и прогноз потребления электрической энергии АО «ПЗТМ» за 2016–2018 годы

№	Период	Объем потребления ээ, кВт/ч	Прогноз	Верхняя граница откл.	Нижняя граница откл.
1	Январь 2016	969380			
2	Февраль 2016	821010			
3	Март 2016	648870			
4	Апрель 2016	600210			
5	Май 2016	449990			
6	Июнь 2016	400780			
7	Июль 2016	427660			
8	Август 2016	375354			
9	Сентябрь 2016	368627			
10	Октябрь 2016	602170			
11	Ноябрь 2016	923300			
12	Декабрь 2016	996910			
13	Январь 2017	986950			
14	Февраль 2017	1037600			
15	Март 2017	787020			
16	Апрель 2017	733140			
17	Май 2017	682920			
18	Июнь 2017	531750			
19	Июль 2017	507330			
20	Август 2017	506470			
21	Сентябрь 2017	532830			
22	Октябрь 2017	706362			
23	Ноябрь 2017	758631			
24	Декабрь 2017	828650			
25	Январь 2018	1031580	1 021 154	1 141 324	900 985
26	Февраль 2018	903830	973 469	1 093 639	853 300
27	Март 2018	859210	754 383	874 552	634 214

28	Апрель 2018	707400	702 894	823 064	582 725
29	Май 2018	613400	599 189	719 359	479 020
30	Июнь 2018	464300	494 877	615 046	374 707
31	Июль 2018	423920	497 799	617 969	377 630
32	Август 2018	505240	471070	591 239	350900
33	Сентябрь 2018	518190	483 169	603 338	363 000
34	Октябрь 2018	642230	703 619	823 789	583 450
35	Ноябрь 2018	742900	907 409	1 027 578	787 239
36	Декабрь 2018	854750	988055	1108225	867886

На рисунке 2 приведен график с прогнозными значениями, верхними и нижними границами отклонений от прогноза.

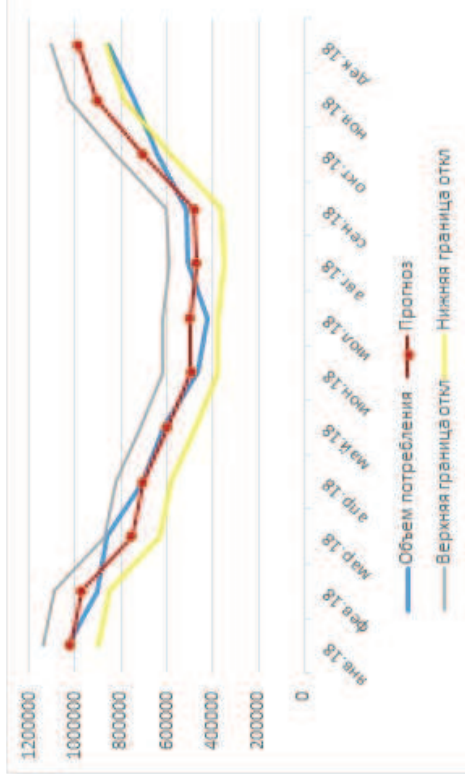


Рисунок 2 – График прогноза и отклонений от прогнозных значений

Используя прогнозные значения, указанные в таблице 1, найдем среднюю арифметическую ошибку по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{|Y_{\phi} - Y_{\pi}|}{Y_{\phi}} \cdot 100 \right]$$

где, Y_{ϕ} – фактические данные потребления электроэнергии, Y_{π} – прогнозные значения потребления электроэнергии.

Расчетные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные данные относительной ошибки прогноза

Месяцы	Объем потребления, кВт/ч	Прогнозное значение, кВт/ч	Расчет относительной ошибки ε , %
Январь	1031580	1 021 154	1,01
Февраль	903830	973 469	7,7
Март	859210	754 383	12,2
Апрель	707400	702 894	0,6
Май	613400	599 189	2,3
Июнь	464300	494 877	6,5
Июль	423920	497 799	17,4
Август	505240	471070	6,7
Сентябрь	518190	483 169	6,7
Октябрь	642230	703 619	9,5
Ноябрь	742900	907 409	22,1
Декабрь	854750	988055	15,6

Чтобы рассчитать среднюю относительную ошибку просуммируем значения ошибки для каждого месяца и поделим на 12.

Выводы

Таким образом, средняя относительная ошибка будет равна 9,03 %, что свидетельствует о возможности применения данного метода для прогнозирования потребления электроэнергии промышленности предприятий. Разработанный метод прогнозирования электропотребления промышленных предприятий обеспечит прогноз на достаточно длительный период времени (месяц, год) с точностью, необходимой для планирования электропотребления.

Список использованных источников

- 1 **Беккожина, Б. К.** О методах прогнозирования объемов потребления электрической энергии // «Козыбаевские чтения–2018: Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов», г. Петропавловск, 2018. – С. 197–199.
- 2 **Беккожина, Б. К., Турсунов, Ж. А.** Электр энергиясын тұтыну көлемін жасанды интеллектті қолдану арқылы болжау// «Козыбаевские чтения – 2019 : Духовная модернизация и тенденции развития научного-образовательного

3 **Беккожина, Б. К., Демьяненко, А. В., Кошеков, К. Т., Айтулина, А. М.** Обзор методов прогнозирования потребления электрической энергии // Вестник КазНУ им. Сатпаева, 2020, № 3 (139), С. 404–407.

4 **Almehaieci, E., Soltan, H.** A methodology for Electric Power Load Forecasting // Alexandria Engineering Journal (2011) 50, 137–144.

5 **Hammad, M., Jereb, B., Rosi, B., Dragan, D.** Methods and Models for Electric Load Forecasting: A Comprehensive Review // Logistics & Sustainable Transport Vol. 11, No. 1, February 2020, 51–76.

6 **Suksawang, P., Suphachan, S., Kaewnuch, K.** Electricity Consumption Forecasting in Thailand using Hybrid Model SARIMA and Gaussian Process with Combine Kernel Function Technique // International Journal of Energy Economics and Policy ISSN: 2146–4553, 2018, 8(4), 98–109.

7 **Tay, K. G., Choy, Y. Y., Audrey Huang.** Forecasting electricity consumption by multiple linear regression, International Journal of Engineering & Technology, 7 (4) (2018) p.3515–3520.

8 Методы экстраполяции. [Электронный ресурс]. – <https://studfile.net/preview/5183316/page:4>.

9 **Henry Quesada-Pineda, Jan Wiedenbeck, Brian Bond.** Analysis of electricity consumption: a study in the woodproducts industry, Energy Efficiency (2016) 9:1193–1206.

10 Прогноз продаж в Excel [Электронный ресурс]. – <https://www.excel-vba.ru/chto-umeet-excel/prognoz-prodazh-v-excel>.

References

1 **Bekkozina, B. K.** О методих прогнозиrowаниja об’ємов потреblаниja е’лектрическој е’нергii [On the methods of forecasting the volume of electricity consumption] // Kozybayev Readings-2018: Eurasian potential and new development opportunities in the context of global challenges, Petropavlovsk, 2018. P. 197–199.

2 **Bekkozina, B. K., Tursunov, Zh. A.** Е’лектр е’нергiасын түтiну көлемiн zhasandy intellekti goldanu argyly bolzhau // Kozybayev readings – 2019: [Spiritual modernization and development trends of the scientific and educational space in the modern world]. – Petropavlovsk, 2019.

3 **Bekkozina B. K., Demyanenko A. V., Koshekov K. T., Aytulina A. M.** Obzor metodov prognizirovaniya potreblaniya e’lektricheskoy e’nergii [Review of methods for forecasting the consumption of electrical energy] // Bulletin of KazNRTU named after Satpayev, 2020, No. 3 (139), P. 404–407.

4 **Almehaieci, E., Soltan, H.** A methodology for Electric Power Load Forecasting // Alexandria Engineering Journal (2011) 50, 137–144.

5 **Hammad, M., Jereb, B., Rosi, B., Dragan, D.** Methods and Models for Electric Load Forecasting: A Comprehensive Review // Logistics & Sustainable Transport Vol. 11, No. 1, February 2020, 51–76.

6 **Suksawang, P., Suphachan, S., Kaewnuch, K.** Electricity Consumption Forecasting in Thailand using Hybrid Model SARIMA and Gaussian Process with Combine Kernel Function Technique // International Journal of Energy Economics and Policy ISSN: 2146–4553, 2018, 8(4), 98–109.

7 **Tay, K. G., Choy, Y. Y., Audrey Huang.** Forecasting electricity consumption by multiple linear regression, International Journal of Engineering & Technology, 7 (4) (2018) p.3515–3520.

8 Metody e’kstrepoliaycii. Extrapolation methods. [Electronic resource]. – <https://studfile.net/preview/5183316/page:4/>;

9 **Henry Quesada-Pineda, Jan Wiedenbeck, Brian Bond.** Analysis of electricity consumption: a study in the woodproducts industry, Energy Efficiency (2016) 9:1193–1206.

10 Prognoz prodazh v Excel. Sales forecast in Excel [Electronic resource]. – <https://www.excel-vba.ru/chto-umeet-excel/prognoz-prodazh-v-excel>.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Б. К. Беккожина, А. В. Демьяненко

Энергияны көп жұмсайтын кәсіпорынның электр энергиясын тұтынуын болжау үшін классикалық әдістерді қолдану

М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

B. Bekkozina, A. Demyanenko

Application of classical methods for forecasting the consumption of electric energy in an energy intensive enterprise

Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk.
Material received on 11.12.20.

Электр энергиясын тұтынуды тиімді болжау - бұл өнеркәсіптік кәсіпорындар үшін маңызды міндет. Алайда бұған алдын-ала есептеулер дұрыс және нақты болған жағдайда ғана қол жеткізуге болады. Мақалада «Петропавл ауыр машина жасау зауыты» АҚ мысалында электр энергиясын тұтынуды болжаудың классикалық әдістерінің бірін қолдану туралы айтылады. Классикалық болжау әдістері корреляцияға және регрессиялық талдауға негізделген статистикалық болжау әдістерін қамтиды, өйткені олар электр энергиясын тұтынудың шығыс болжамдық мәліметтеріне кіріс параметрлерінің кең спектрінің әсерін ескереді.

Кілтті сөздер: электр энергиясын тұтыну, тұтынуды болжау, болжаудың классикалық әдісі, сызықты регрессия, экстраполяция әдісі.

Effectively predicting electricity consumption is an important task for industrial enterprises. However, this can only be achieved if the preliminary calculations are correct and accurate. The article discusses the use of one of the classical methods of forecasting the consumption of electrical energy, on the example of JSC «Petropravlovsk Heavy Machine Building Plants». The classical forecasting methods include statistical forecasting methods based on correlation and regression analysis, since they take into account the influence of a wide set of input parameters on the output forecast data of power consumption.

Keywords: electricity consumption, consumption forecasting, classical forecasting method, linear regression, extrapolation method.

<https://doi.org/10.48081/DRYS4726>

М. А. Бейсенбі, С. О. Ахметова, Н. М. Кусикова, А. Темірбек
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

УПРАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВИМИ РЕЖИМАМИ ОБЪЕКТОВ С М ВХОДАМИ И С N ВЫХОДАМИ В КЛАССЕ КАТАСТРОФ «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ» N

В статье излагается метод построения и исследования систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости линейными динамическими объектами с неопределенными параметрами в классе катастроф ласточкин хвост. Показано, что система управления m-входами и n-выходами с повышенным потенциалом робастной устойчивости обеспечивает устойчивость при любых изменениях неопределенных параметров.

Ключевые слова: система управления, градиентно-скоростной метод, вектор-функции Ляпунова, с одним входом, с одним выходом, робастная устойчивость, режим неустойчивости.

Введение

В настоящее время, актуальной проблемой является создание системы управления, обеспечивающей в некотором смысле гарантированно наилучшую защиту от неопределенности в знании свойств системы управления [1, 2, 3, 4, 5]. В известной постановке [6, 7, 8], исследование системы на робастную устойчивость состоит в указании ограничений на изменение параметров в рамках линейного принципа устойчивости [6, 8, 9].

В настоящее время общепризнано, что одним из основных свойств в линейных динамических объектов является порождение режима «неустойчивости» и потеря управляемости объекта в условиях неопределенности. Следует отметить, что неустойчивости в системах управления порождается в результате выхода неопределенных параметров системы за границы робастной устойчивости [1, 2, 6, 7].

В связи с этим, в условиях большой неопределенности предлагается разработать метод построения систем управления гарантированной защитой от режима «неустойчивости» в классе катастроф ласточкин хвост [10, 11]. Система