

УДК 332.055
JEL classification: M 11; L 29; O 31

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/31>

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КЫРГЫЗСТАНА МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

©*Андаева З. Т.*, ORCID: 0000-0003-1497-8141, SPIN-код: 2326-4686, канд. техн. наук,
Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызстан, zandaeva77@mail.ru

ANALYSIS AND FORECASTING ELECTRICITY PRODUCTION OF KYRGYZSTAN BY THE METHOD OF LEAST SQUARES

©*Andaeva Z.*, ORCID:0000-0003-1497-8141, SPIN-code:2326-4686, Ph.D.,
Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, zandaeva77@mail.ru

Аннотация. Объектом исследования в данной статье является электроэнергетика Кыргызстана. Каждая страна стремится иметь собственную энергию по наиболее низкой цене в сравнении с другими регионами или странами, максимально используя для этого свой региональный природный энергоресурс. В республике основным энергетическим ресурсом являются гидроэнергетические ресурсы. Прогнозирование энергообеспечения Кыргызстана является актуальной задачей. В статье рассматривается анализ производства электроэнергии Кыргызстана методом наименьших квадратов и показано, что обеспечение производства электроэнергии сильнее зависит от производства электроэнергии чем цены и спроса на него.

Abstract. The object of research in this article is the electric power industry of Kyrgyzstan. Each country strives to have its own energy at the lowest price in comparison with other regions or countries, making the most of its regional natural energy resource. In the republic, the main energy resource is hydropower resources. Forecasting energy supply in Kyrgyzstan is an urgent task. The article examines the analysis of electricity production in Kyrgyzstan by the least squares method and shows that the provision of electricity production is highly dependent on electricity production rather than the price and demand for it.

Ключевые слова: энергообеспечение, гидроэнергетика, водно-энергетических ресурсы, гидроэнергетический потенциал, выработки электроэнергии, метод регрессии.

Keywords: power supply, hydropower, water and energy resources, water balance, power generation, regression method.

Электрическая энергия является основным фактором в развитии экономики любого государства и жизненно необходимым для существования человечества в мире. Любые промышленные предприятия считаются потребителем электрической энергии, поэтому необходимо снабжать ею все отрасли народного хозяйства. Среди них народного хозяйства Центральной Азии, в том числе Кыргызстана, полностью зависит от электроэнергии (<http://extwprlegs1.fao.org/>).

В странах Центральной Азии Кыргызстан в качестве основного энергетического источника использует гидроэнергетические источники, Казахстан — уголь, и запасы углеводородов, Узбекистан — уголь, экспорт природного газа, Таджикистан —

гидроэнергетические ресурсы, а Туркменистан — газ и его экспорт.

Кыргызстан является особенным по гидрологическим ресурсам, так как водные ресурсы полностью формируются на собственной территории. В Киргизской Республике насчитывается более 2000 рек длиной свыше 10 км, а общая их длина составляет почти 35 тыс. км (<https://water.gov.kg/>). Огромное значение в развитии и функционировании народнохозяйственного комплекса, наращивании водно-энергетических ресурсов, охране окружающей среды, формировании эффективного водного баланса имеют озера, водохранилища и пруды. Значительный объем воды сконцентрирован в озерах, мелких прудах, водохранилищах. Их общая площадь составляет 6836 кв. км. Преимущественно озера расположены в зоне высокогорья — 3–4 тыс. м над уровнем моря [1].

Гидроэнергетический потенциал рек составляет около 174 млрд кВт. час, а мощность — 19,8 млн кВт., основные объемы водных ресурсов сконцентрированы в 6580 ледниках, запасы которых составляют около 760 млрд м³.

В гидрологическом аспекте на территории Кыргызстана выделяют две области — формирования и рассеивания стока. К первой относится горная часть республики с высотными отметками более 2000 м, область рассеивания стока располагается непосредственно ниже области его формирования занимая территорию предгорных долин и внутригорных впадин.

В водном балансе преобладает превышение объема формируемых в республике водных ресурсов над объемом их потребления на территории Кыргызстана, поэтому они имеют межгосударственное значение. Структура водопользования в республике представлена следующим образом: около 90% от объемов водопотребления расходуются на нужды орошаемого земледелия, около 6% — на нужды промышленности, менее 3% на водоснабжение населения. Лесное, рыбное хозяйство, энергетика и сфера услуг в совокупности используют до 1% от суммарного внутреннего водопотребления (<https://clck.ru/UgA7j>).

Общий объем потребляемой в республике воды оценивается в 10–12 млрд м³/год. Потери воды при транспортировке в руслах рек, каналах, ирригационных сооружениях достигают 1,7–2,3 млрд м³. В силу природных (в основном рельефных) условий республики в обеспечении водой орошаемых земель участвуют, в основном, малые реки, под которыми подвешено около 800 тыс га или 76% всех орошаемых земель. Сток горных источников зарегулирован незначительно, только 80 тыс га (11%) земель орошаются из зарегулированных источников, остальные 720 тыс га орошаются живым стоком.

На балансе Департамента водного хозяйства и мелиорации находится государственный ирригационный фонд, который составляют межхозяйственный ирригационный фонд, который составляют межхозяйственные каналы протяженностью 5786,7 км, гидротехнические сооружения — 7659 единиц, гидросты — 3236 единиц, насосные станции — 111 единиц, коллекторно-дренажные сети протяженностью 1187,1 км, водохранилища — 33 единицы общей емкостью 1617,3 млн м³, бассейны суточного регулирования (БСР) — 50 единиц, бассейны декадного регулирования (БДР) — 10 единиц [2].

Производственная база Киргизской электроэнергетической системы включает 9 крупных электростанций установленной мощностью 3746 МВт, включая 7 гидроэлектростанций установленной мощностью 3030 МВт и двух теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) установленной мощностью 716 МВт. Кроме того, эксплуатируется 9 малых гидроэлектростанций общей мощностью 38,5 МВт.

Так как энергосистема Кыргызстана полностью обеспечивает отрасли экономики и население республики электрической энергией и обеспечивает экспорт в другие страны. Имеет связь с государствами Центральной Азии по магистральным сетям 220–500 кВ и работает в едином энергетическом режиме. Через магистральные сети Казахстана имеется выход на энергосистему Российской Федерации. Кыргызстан является стабильным экспортером электроэнергии в Казахстан, Узбекистан и Китай. Объем экспорта составляет 2,0–2,5 млрд кВтч в год, который возможно увеличить до 3,0 млрд кВтч.

В Киргизской Республике ведется большая работа по финансовому оздоровлению энергетики, созданию конкурентной среды и привлечению инвестиций. Для этих целей проведена реструктуризация электроэнергетического сектора [3].

Поэтому анализ и прогнозирование выработки электроэнергии является актуальной задачей. Исходя из этого мы анализировали и прогнозировали производство электроэнергии в Кыргызстане. Динамика по производству электроэнергии с 2011 г. по 2019 г. В Кыргызстане приведены в Таблице.

Таблица.

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С 2011 г. ПО 2019 г. В КЫРГЫЗСТАНЕ

x_i	1	2	3	4	5	$\sum x_i = 15$
y	13 016,6	13 118,4	15 429,5	15 728,0	15 115,2	$\sum y_i = 72 407,70$
x_i^2	1	4	9	16	25	$\sum x_i^2 = 55$
$x_i y_i$	13 017,6	13 120,4	15 432,5	15 732,0	15 120,2	$\sum x_i^2 y_i^2 = 72422,70$

Как известно, задачу определения линейной функции, которая описывает заданный набор данных, можно сформулировать следующим образом: найти такие значения коэффициентов а и b, чтобы ошибка была минимальной [4].

$$e(a, b) = \sum_{n=1}^N (y_n - f_n)^2 = \sum_{n=1}^N (y_n - (ax_n + b))^2 \quad (1)$$

Условие минимума ошибки записывается в виде двух уравнений:

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum_{n=1}^N (y_n - (ax_n + b))^2 = 2 \sum_{n=1}^N -x_n (y_n - ax_n - b) = 0 \text{ и}$$

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum_{n=1}^N (y_n - ax_n - b)^2 = -2 \sum_{n=1}^N (y_n - ax_n - b) = 0$$

Преобразование этих выражений приводит к системе уравнений для коэффициентов а и b, имеющий вид:

$$a \sum_{n=1}^N x_n^2 + b \sum_{n=1}^N x_n = \sum_{n=1}^N x_n y_n \quad (2)$$

$$a \sum_{n=1}^N x_n + bN = \sum_{n=1}^N y_n$$

Решая эту систему, получим выражения для коэффициентов а и b:

$$a = \frac{Ng_1 - c_2 g_2}{Nc_1 - c_2^2}$$

$$b = \frac{c_1 g_2 - c_2 g_1}{N c_1 - c_2^2}$$

Для определения средние значения вычисления $\langle x \rangle$, $\langle y \rangle$, $\langle x^2 \rangle$ и $\langle xy \rangle$ воспользуемся формулой (2) в следующем виде:

$$\begin{cases} a \langle x^2 \rangle + b \langle x \rangle = \langle xy \rangle \\ a \langle x \rangle + b = \langle y \rangle \end{cases} \quad (3)$$

Используя данные, определим уравнение для прогноза на электроэнергии в Кыргызстане.

$$\begin{cases} 55a + 15b = 72422,70 \\ 15a + 5b = 72407,70 \end{cases} \quad (4)$$
$$\Delta = \begin{vmatrix} 55 & 15 \\ 15 & 5 \end{vmatrix} = 50$$
$$\Delta a = \begin{vmatrix} 72422,70 & 15 \\ 72407,70 & 5 \end{vmatrix} = 362113,5 - 1086115,5 = -724002$$
$$a = -14480,04; b = 57921,66; y = -14480,04x + 57921,66$$

В 2020 г. по сравнению с 2016 г. темп роста составила 116,12% или выросло на 10,2%. Если не будут приняты меры предосторожности, ожидается, что производство электроэнергии сократится на 0,96% через пять лет.

Список литературы:

1. Омурбекова Г. К. Анализ и прогнозирование производства кремния методом наименьших квадратов // Наука. Образование. Техника. 2015. №1 (51). С. 10-14.
2. Кротенко Д. С., Семчев В. А., Белов О. А., Жуков С. А. Анализ перспективного развития энергообеспечения Камчатского Края // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2020. №51. С. 6-11. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-51-6-11>
3. Адылова Э. С., Ташполотов Ы. Т., Токонова Т. С. Анализ производства электроэнергии в Кыргызстане // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №3. С. 308-313. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/52/38>
4. Герасименко А. А., Нешатаев В. Б. Методика и алгоритм расчета потерь электрической энергии в задаче оптимальной компенсации реактивной мощности в распределительных сетях электроэнергетических систем // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2011. Т. 4. №5. С. 567-591.

References:

1. Omurbekova, G. K. (2015). Analiz i prognozirovanie proizvodstva kremniya metodom naimen'shikh kvadratov. *Nauka. Obrazovanie. Tekhnika*, (1 (51)). 10-14. (in Russian).
2. Krotenko, D. S., Semchev, V. A., Belov, O. A., & Zhukov, S. A. (2020). Analysis of Future Energy Supply Development in Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, (51). 6-11. (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-51-6-11>
3. Adylova, E., Tashpolotov, Y., & Tokonova, T. (2020). Analysis of the Production of Electricity in Kyrgyzstan. *Bulletin of Science and Practice*, 6(3), 308-313. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/52/38>

4. Gerasimenko, A. A., & Neshataev, V. B. (2011). Metodika i algoritm rascheta poter' elektricheskoi energii v zadache optimal'noi kompensatsii reaktivnoi moshchnosti v raspredelitel'nykh setyakh elektroenergeticheskikh sistem. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*, 4(5), 567-591. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 19.04.2021 г.

Принята к публикации
23.04.2021 г.

Ссылка для цитирования:

Андаева З. Т. Анализ и прогнозирование производства электроэнергии Кыргызстана методом наименьших квадратов // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №5. С. 322-326. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/31>

Cite as (APA):

Andaeva, Z. (2021). Analysis and Forecasting Electricity Production of Kyrgyzstan by the Method of Least Squares. *Bulletin of Science and Practice*, 7(5), 322-326. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/31>