

УДК 338

Хромова Любовь Алексеевна

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при
Президенте Российской Федерации, филиал Северо-Западный институт
управления, г.Санкт-Петербург
lyubashakhromova9@gmail.com

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация: В статье представлены результаты анализа состояния электроэнергетической отрасли России. Особое внимание уделяется не столько значениям этих критериев, сколько их влиянию на результирующий показатель, которым в данной статье выступает уровень выработки электроэнергии в России. Цель работы - выявление факторов, от которых выработка электроэнергии зависит в наибольшей степени. В исследовании применены методы корреляционно-регрессионного анализа, на основе которого рассчитывается теснота связей между показателями.

Ключевые слова: электроэнергетика, электроэнергетическая отрасль, энергетическая безопасность, экономика, экономическая безопасность, корреляционно-регрессионный анализ.

Khromova L.A.

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
North-West Institute of Management

ASSESSMENT OF THE STATE OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract: The article presents the results of the analysis of the state of the Russian electric power industry. Special attention is paid not so much to the values of these criteria as to their impact on the resulting indicator, which in this article is the level of electricity generation in Russia. The purpose of the work is to identify the factors on which electricity generation depends to the greatest extent. The study uses the methods of correlation and regression analysis, which is used to calculate the

closeness of relationships between indicators.

Keywords: power industry, electrical power industry, energy security, economy, economic security, correlation-regression analysis.

Электроэнергетическая отрасль, включающая процессы, связанные с производством, передачей, управлением, сбытом и потреблением энергетики, являясь одной из главных составляющих экономики, обеспечивает её нормальное функционирование, а также служит важнейшим ресурсом жизнедеятельности граждан. Поэтому следует уделять особое внимание её текущему состоянию, выявлению возможных рисков и угроз [1] [3].

Особое значение имеет связь таких понятий, как экономика, экономическая и энергетическая безопасность, что находит отражение в работах многих авторов. Например, А.А. Гасникова из Института экономических проблем КНЦ РАН утверждает, что энергетическая безопасность выступает необходимым условием экономической безопасности [6].

Регулирование правоотношений в сфере электроэнергетики осуществляется посредством нормативно-правовых актов, иными словами, законами. Основопологающим является Федеральный закон от 26 марта 2003 года № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», который содержит в себе основы экономических отношений в отрасли. Также, особое внимание уделяется правовому регулированию безопасности объектов топливно-энергетического комплекса, сокращённо – БОТК, которое осуществляется согласно Федерального закона от 21.07.2011 г. № 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса». Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» призван создать условия, способствующие повышению энергетической эффективности и, в целом, использованию новых, современных технологий в отрасли [8].

Структура сектора электроэнергетики непосредственно в Российской

Федерации представлена единой электроэнергетической системой (далее ЕЭС), которая охватывает практически всю территорию страны. ЕЭС состоит из таких отдельных энергетических систем: ОЭС Северо-Запад, ОЭС Центр, ОЭС Средней Волги, ОЭС Урала, ОЭС Юга, ОЭС Сибири, ОЭС Востока, а также территориально изолированных энергосистем на территории Чукотского автономного округа, Камчатского края, северной части Республики Саха, Норильско-Таймырского и Николаевского энергорайонов, Сахалинской и Магаданской области.

На официальном сайте системного оператор ЕЭС опубликована следующая информация относительно характеристики электроэнергетической отрасли Российской Федерации:

- установленная мощность электростанций – 245 313,25 млрд. кВт-ч.
- общая выработка электроэнергии – 1 047,03 млрд. кВт-ч.
- потребление – 1 033,72 млрд. кВт-ч. [9].

На рис. 1 отчётливо прослеживается снижение как выработки, так и потребления электроэнергии, в то же время, отсутствует нехватка электроэнергии.

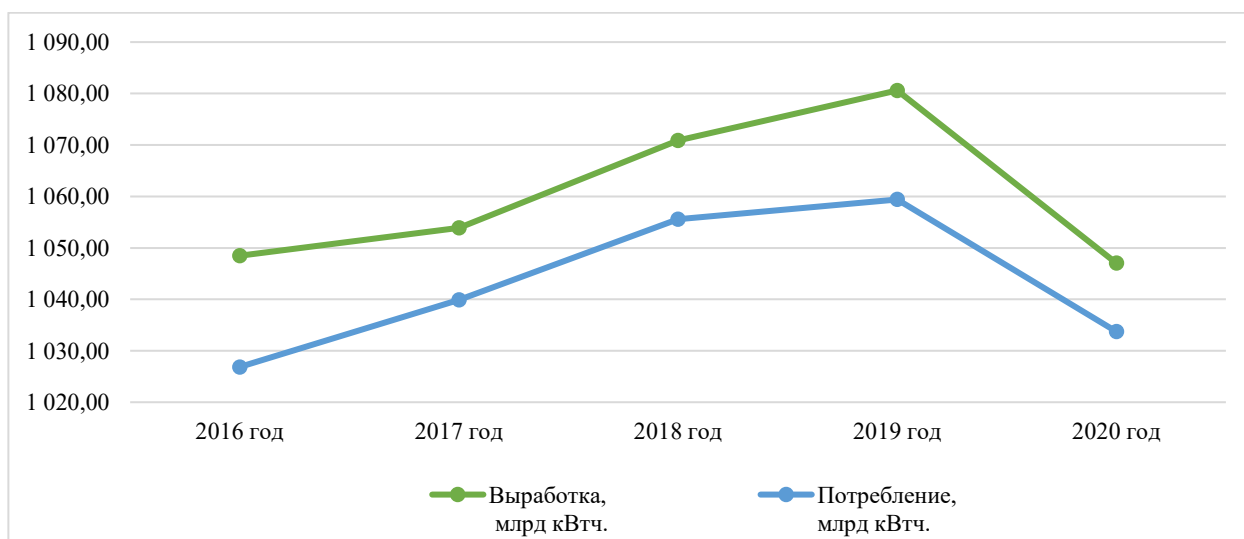


Рисунок 1 - Динамика изменения выработки и потребления электроэнергии в Российской Федерации

Таблица 1 Изменение выработки электроэнергии в России¹

Показатели				Изменение					
Период	2018	2019	2020	Абсолютное			Относительное		
				2019 к 2018	2020 к 2018	2020 к 2019	2019 к 2018	2020 к 2018	2020 к 2019
Выработка млрд кВт/ч.	1 070,90	1 080,60	1 047,03	10	-24	-34	1%	-2%	-3%

Для того, чтобы выявить показатели, оказывающие наибольшее влияние на выработку электроэнергии в Российской Федерации, проведём корреляционно-регрессионный анализ, на основе которого устанавливается наличие или отсутствие связи между факторами, а также определяются её теснота [12,13,14].

В качестве факторов влияния выделим пять показателей, которые применяются для характеристики электроэнергетической отрасли: общая установленная мощность электростанций, располагаемая мощность электростанций на годовой максимум потребления мощности, нагрузка электростанций на годовой максимум потребления мощности, объём потребления электроэнергии и существующие отклонения температуры наружного воздуха от климатической нормы. Исходные данные для анализа сведены в табл. 2.

Таблица 2 - Исходные данные для корреляционно-регрессионного анализа²

Общая установленная мощность электростанций	Располагаемая мощность электростанций на годовой максимум потребления мощности	Нагрузка электростанций на годовой максимум потребления мощности	Потребление электроэнергии	Отклонение температуры наружного воздуха от климатической нормы	Выработка электроэнергии
243 243,20	225 928	153 546	1 055,60	-4,1	1 070,90
246 342,45	225 971	153 508	1 059,00	-2,8	1 080,60
245 313,25	229 629	151 962	1 033,72	-1,4	1 047,03

В нашем случае корреляция является множественной, поскольку при наличии зависимой переменной Y (выработка электроэнергии), выделяются

¹ Составлено автором на основе данных Системного оператора Единой Энергетической системы [13,14,15].

² Составлено автором на основе данных Системного оператора Единой Энергетической системы [13,14,15].

четыре факторных признака (независимы переменные X):

- X1 – общая установленная мощность электростанций;
- X2 - располагаемая мощность электростанций на годовой максимум потребления мощности;
- X3 – нагрузка электростанций на годовой максимум потребления мощности;
- X4 – потребление электроэнергии;
- X5 – отклонение температуры наружного воздуха от климатической нормы.

Фактор №1 – общая установленная мощность электростанций.

С целью определения степени влияния показателя на выработку электроэнергии (тесноты связи), рассчитаем коэффициент корреляции.

$$r(xy) = \frac{\overline{x * y} - \bar{x} * \bar{y}}{S(x) * S(y)}$$

Подставим в формулу (1) наши значения, получим следующее:

$$\frac{261179042,2 - 244966,3 * 1066,2}{1288,8 * 14,1} = 0,0929$$

Согласно шкале Чеддока, связь между рассматриваемыми факторами весьма слабая, следовательно, изменение общей выработки электроэнергии не в меньшей степени зависит от установленной мощности электростанций.

Составим уравнение линейной регрессии по формуле:

$$y(x) = r(xy) * \frac{x - \bar{x}}{S(x)} * S(y) + \bar{y}$$

Подставив числовые значения, уравнение примет следующий вид:

$$y(x) = 0,0929 * \frac{(x - 244966,3)}{1288,8} * 14,1 + 1066,2 = 0,00102x + 817,09$$

Коэффициент $b=0,00102$ говорит о том, что при увеличении фактора x (общей установочной мощности электростанций) на единицу, результативный показатель y (выработка электроэнергии) увеличится в среднем на $0,00102$.

График и уравнение регрессии представлен на рис. 2. Коэффициент детерминации (R^2), равный $0,0086$, указывает на отсутствие связи между

показателями рассматриваемыми показателями, поскольку результативный показатель зависит от фактора x всего лишь в 0,86% случаев.

Отсюда следует, что снижение или увеличение установленной мощности электростанций не окажет значимого влияния на объём производства электроэнергии.

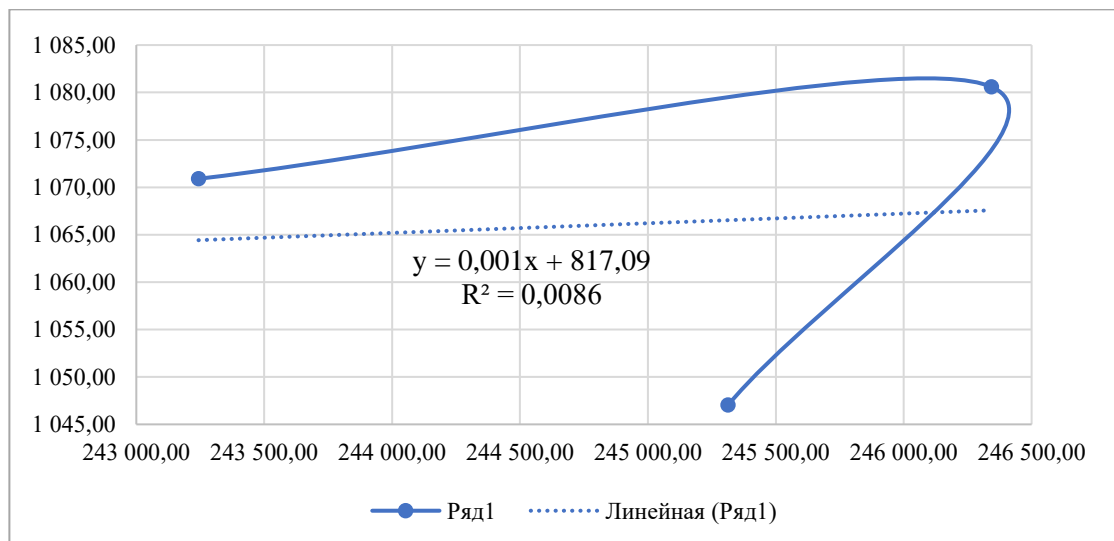


Рисунок 2 - Регрессионный анализ (фактор x_1)

Фактор №2 - располагаемая мощность электростанций на годовой максимум потребления мощности.

Воспользуемся формулой (1) и подставим соответствующие значения для вычисления коэффициента корреляции:

$$r(xy) = \frac{242186336,6 - 227176 * 1066,2}{1734,6 * 14,106} = -0,957$$

По шкале Чеддока связь между рассматриваемыми показателями обратная и высокая.

Обратимся к формуле (2) и составим уравнение регрессии, получим следующее:

$$y(x) = -0,957 * \frac{(x - 227176)}{1734,6} * 14,1 + 1066,2 = -0,00778x + 2833,9$$

В среднем выработка электроэнергии снижается на 0,00778, при увеличении располагаемой мощности электростанций на годовой максимум

мощности. Подбор уравнения регрессии весьма точен, в 91,6% выработка электроэнергии зависит от фактора располагаемой мощности электростанций (коэффициент детерминации = 0,9256). Графическая интерпретация проведённых расчётов представлена на рис. 3.

Согласно проведённым расчётам, уровень располагаемой мощности электростанций оказывает значительное влияние на результирующий показатель, а именно, его снижение приведёт к увеличению выработки электроэнергии.

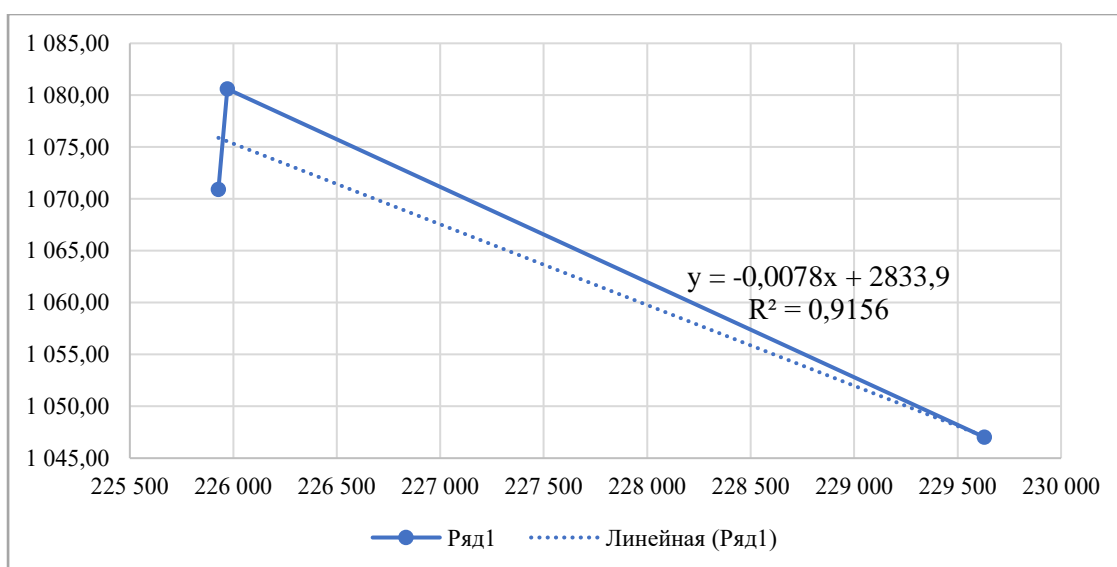


Рисунок 3 - Регрессионный анализ (фактор x2)

Фактор №3 - нагрузка электростанций на годовой максимум потребления мощности.

Снова обратимся к формуле расчёта коэффициента корреляции (1), произведя необходимые вычисления, получим: $r(xy) = 0,954$, что говорит о высокой связи между рассматриваемыми показателями.

Продолжая исследование, вычислим уравнение регрессии:

$$y(x) = -0,954 * \frac{(x - 153005,3)}{737,9} * 14,1 + 1066,2 = 0,0182x - 1723,188.$$

Согласно уравнению, при увеличении нагрузки электростанций на годовой максимум потребления мощности, выработка повысится на 0,0182. Поскольку

коэффициент детерминации (R^2) = 0,9095, в 91% изменение резуль­тативного признака зависит от фактора x . Графическое подтверждение рас­чётов изображено на рис. 4.

Вышеизложенное позволяет говорить о сильной, прямой связи между показателями: при сокращении нагрузки электростанций, объём производства электроэнергии увеличится.

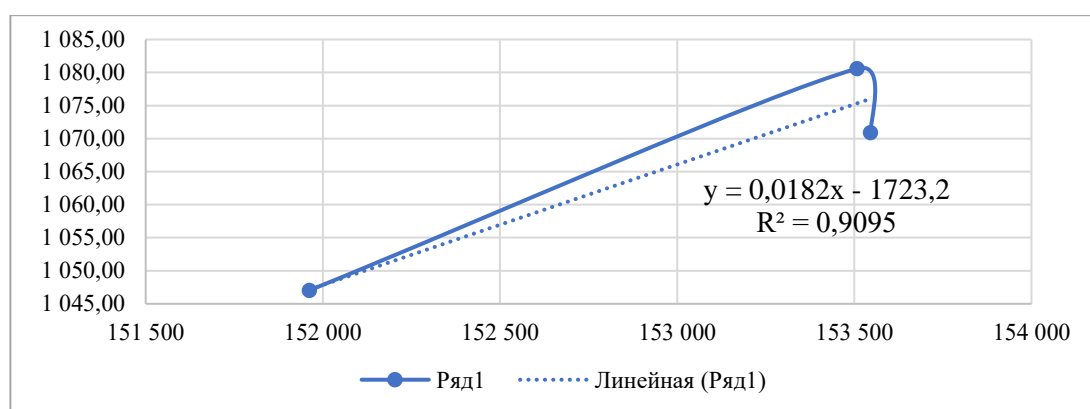


Рисунок 4 - Регрессионный анализ (фактор x_3)

Фактор №4 – потребление электроэнергии.

Коэффициент корреляции по формуле (1) равен 0,987, что указывает на прямую и весьма высокую связь между фактором x_4 (потребление электроэнергии) и резуль­тативным признаком y (выработка электроэнергии). Применив формулу (2), рассчитано уравнение линейной регрессии, которое принимает следующий вид: $y(x) = 1,243x - 2238,365$.

В среднем, с увеличением на единицу фактора x_4 , выработка электроэнергии повысится на 1,243. R^2 (коэффициент детерминации) равен 0,9745, соответственно, в 97,45% изменение выбранного фактора приводит к изменению резуль­тативного показателя y , то есть точность составленного уравнения регрессии – высокая. На рис. 5 представлена графическая интерпретация произведённых расчётов.

Итак, в соответствии с расчётами, выработка электроэнергии повысится вследствие увеличения спроса на неё, то есть при увеличении её потребления.

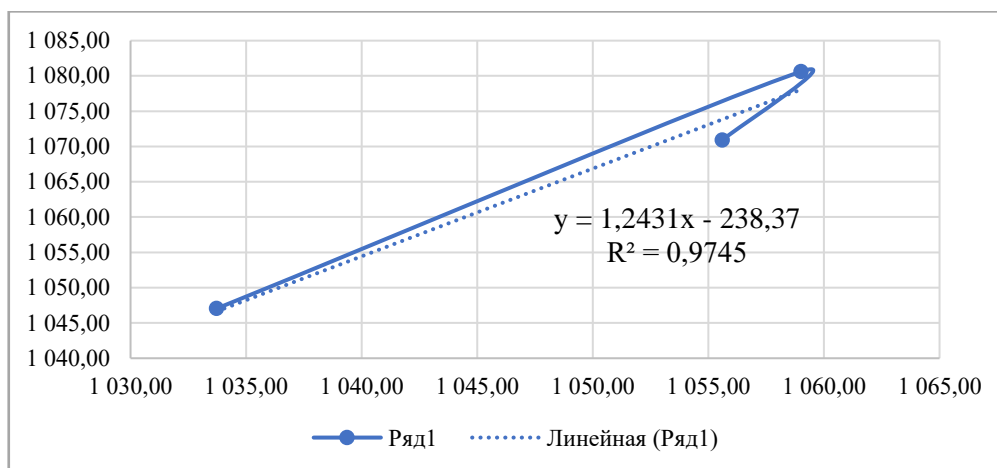


Рисунок 5 - Регрессионный анализ (фактор x4)

Фактор №5 – отклонение температуры наружного воздуха от климатической нормы.

Связь между рассматриваемыми показателями высока, но обратная, то есть чем больше отклонение температуры от нормы, тем меньше выработка электроэнергии.

Уравнение линейной регрессии принимает следующий вид:

$$y(x) = -9,034x + 1041,181.$$

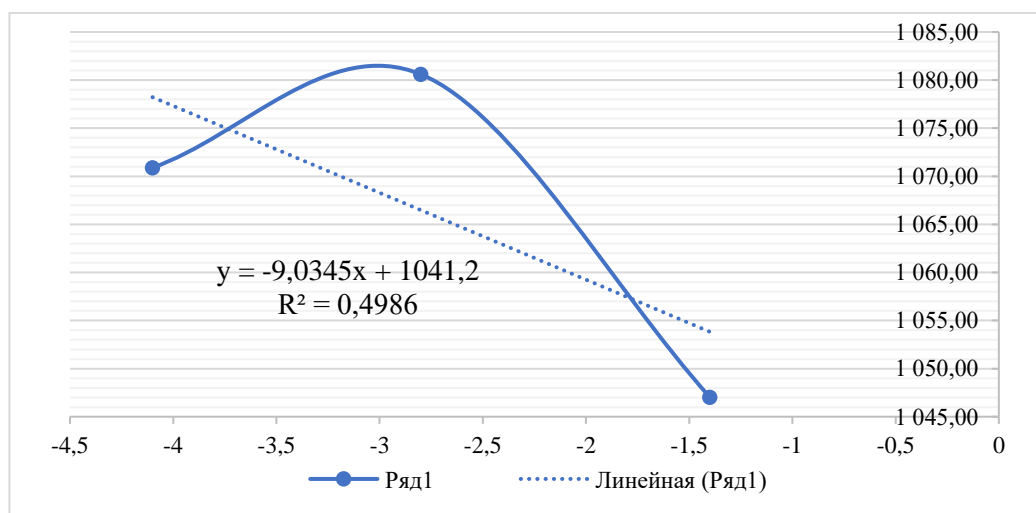


Рисунок 6 - Регрессионный анализ (фактор x5)

Экономический смысл коэффициента $b = -9,034$ в том, что с увеличением на единицу фактора x_5 , результативный показатель снизится на $-9,034$.

Коэффициент детерминации (R^2)=0,4986, следовательно, в 49,86% отклонение температуры наружного воздуха от климатической нормы влияет на выработку электроэнергии. Графически уравнение линейной регрессии изображено на рис. 6.

Из вышеизложенного следует, что отклонение температуры воздуха от нормы вызовет значительный спад в работе электростанций, как следствие, снизится объём производства электроэнергии.

Затем, с целью облегчения восприятия проведённого корреляционного анализа, сведём его результаты в табл. 3.

Таблица 3 - Корреляционно-регрессионный анализ

	X1	X2	X3	X4	X5	У
X1	1					
X2	0,200277091	1				
X3	-0,210948682	-0,999940545	1			
X4	-0,067240459	-0,990988672	0,989469151	1		
X5	0,639416473	0,881343383	-0,886443067	-0,81011514	1	
У	0,092902466	-0,956895897	0,953672019	0,987174997	-0,706132044	1

Подводя итог проведённого исследования, отметим, что метод корреляционно-регрессионного анализа крайне полезен при оценке состояния электроэнергетической отрасли, так как на его основе становится возможным определить наличие связи между факторным признаком и результирующим показателем, а также оценить на сколько она сильна или, наоборот, слаба (незначительна).

Однако, сложность в применении данного метода состоит в необходимости тщательного подбора показателей, поскольку ошибка в выборе может привести к так называемой «ложной» корреляции.

Таким образом, в ходе анализа энергетической отрасли Российской Федерации удалось выяснить, что общий объём выработки электроэнергии сократился на 3% по сравнению к 2019 году, в тоже время наблюдается снижение

её потребления. При этом, наибольший баланс выработки электроэнергии приходится на тепло-электростанции (порядка 620 565,1 млн. кВт-ч.), что составляет 59,3% от общего объёма, несмотря на снижение производства (8,7%) от годового распределения, в то время, как ГЭС, АЭС, ВЭС, СЭС улучшили показатели производства на 9%, 3,3%, 331,4% и 54,3% соответственно [14].

Изучив факторы, влияющие на выработку электроэнергии, с помощью метода корреляционно-регрессионного анализа, выяснили, что наибольшее влияние на изменение объёмов производства электроэнергии оказывает уровень располагаемой мощности электростанций на годовой максимум потребления (x_2), нагрузка электростанций (x_3), объём потребления электроэнергии (x_4) и отклонение температуры наружного воздуха от климатической нормы (x_5). Причём, если между факторами x_3 , x_4 и объёмом производства электроэнергии (выработкой) – прямая связь: увеличение фактора влечёт увеличение результативного показателя и наоборот, то между x_1 , x_2 и выработкой – обратная связь, то есть, снижение объёма производства электроэнергии происходит за счёт увеличения факторов соответственно и наоборот, снижение значений факторов приводит к увеличению выработки электроэнергии.

Список литературы

1. Болонкина Н. «Электроэнергетика России: обзор отрасли». 18.01.2021г.. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.sf.education/finance-elektroenergetika-rossii-obzor-otrasli/> (дата обращения: 15.02.2021).
2. Великороссов В.В., Карякин А.М., Рясин В.И. Роль электроэнергетики в обеспечении экономической безопасности страны // Вестник ИГЭУ. 2005. №2. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/rol-elektroenergetiki-v-obespechenii-ekonomicheskoy-bezopasnosti-strany> (дата обращения: 15.02.2021).
3. Королев В.Г. Современные особенности и состояние электроэнергетической отрасли РФ // Инновации и инвестиции. 2020. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-osobennosti-i-sostoyanie->

elektroenergeticheskoy-otrasli-rf (дата обращения: 15.02.2021).

4. Санникова И.Н. Анализ энергетической безопасности России // Экономика Профессия Бизнес. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-energeticheskoy-bezopasnosti-rossii> (дата

обращения: 15.02.2021).

5. Кондраков О.В. Определение пороговых значений индикаторов энергетической безопасности // Вестник ТГУ. 2013. №9 (125). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-porogovyh-znacheniy-indikatorov-energeticheskoy-bezopasnosti> (дата обращения: 17.02.2021).

6. Энергетическая безопасность в системе экономической и национальной безопасности, Гасникова А.А. / Кольский научный центр. [Электронный ресурс] URL: www.kolasc.net.ru (дата обращения: 21.02.2021).

7. Метельников А. «Российская энергетика в 2020-м году: вызовы и реалии». 04.12.2020 г. [Электронный ресурс] URL: <https://novostienergetiki.ru/rossijskaya-energetika-v-2020-m-godu-vyzovy-i-realii/> (дата обращения: 25.02.2021).

8. Желаев М.А. Обзор законодательства в сфере энергетики // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Гуманит. науки. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zakonodatelstva-v-sfere-energetiki> (дата обращения: 25.02.2021).

9. Единая энергетическая система России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ees-2020/> (дата обращения: 25.02.2021).

10. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2016 году. [Электронный ресурс] URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc-ups/> (дата обращения: 27.02.2021).

11. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2017 году. [Электронный ресурс] URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc-ups/> (дата обращения: 27.02.2021).

12. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2018 году. [Электронный ресурс] URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc-ups/> (дата

обращения: 27.02.2021).

13. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2019 году. URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc-ups/> (дата обращения: 27.02.2021).

14. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2020 году. [Электронный ресурс] URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc-ups/> (дата обращения: 27.02.2021).

15. Официальный сайт Министерства Энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532> (дата обращения: 01.03.2021).

16. «Обзор мировой энергетики. Окно возможностей для трансформации энергетического сектора закрывается». [Электронный ресурс] URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/obzor-mirovoy-elektroenergetiki-2019.html> (дата обращения: 01.03.2021).

17. «Обзор электроэнергетической отрасли России». [Электронный ресурс] URL: <https://ru.investinrussia.com/data/file/EY-power-market-russia-2018.pdf> (дата обращения: 01.03.2021).