

5. Lebedev, V. G. Opredelenie mest raspolozheniya i velichiny iznosa detalej plunzhernoj pary toplivnogo nasosa vysokogo davleniya / V. G. Lebedev, V. A. Ivanov // Racional'noe prirodopol'zovanie i social'no-ekonomicheskoe razvitiye sel'skih territorij kak osnova effektivnogo funkcionirovaniya APK regiona: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 80-letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo rabotnika sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii, pochetnogo grazhdanina CHuvashskoj Respubliki Ajdaka Arkadiya Pavlovicha. –CHEboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2017. – S. 174-178.

6. Metrologiya, standartizaciya i sertifikaciya / A. I. Aristov, L. I. Karpov, V. M. Prihod'ko, T. M. Rakovshchik. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2006. – 384 s.

7. Pavlov, A. R. Povysenie dolgovечnosti podshipnikovyh uzlov pri remonte / A. R. Pavlov, YU. V. Ivanshchikov // Studencheskaya nauka – pervyj shag v akademicheskuyu nauku: materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s uchastiem shkol'nikov 10-11 klassov. – CHEboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya akademiya, 2018. – S. 167-169.

Information about authors

1. **Gorbunova Kristina Andreevna**, engineer, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: Kristinagorbunova088@gmail.com, tel. + 7-908-306-23-43;

2. **Ivanov Vladimir Andreevich**, Candidate of Technical Sciences, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str. 29; e-mail: Vladimir21VA@mail.ru, tel. + 7-906-384-47-62.

УДК 621.3

DOI: 10.17022/7rws-wm48

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СЕЛЬСКИМИ ХОЗЯЙСТВАМИ В РЕГИОНАХ РФ

А. П. Дарманян, А. А. Черняев, А. Р. Бражников

*Волгоградский государственный аграрный университет
400002, г. Волгоград, Российская Федерация*

Аннотация. В статье предложена современная методология моделирования и сравнительного анализа тенденций потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в регионах РФ: Приволжском ФО, Центральном ФО и в Республике Татарстан за период 2012-2019 гг. по данным Росстата. Анализ статистических данных осуществлялся с учетом безразмерных величин потребления электроэнергии за 2012 г., который принят за начало временного периода. Для РФ и каждого региона были построены линейные математические модели, которые отображают статистические данные потребления электроэнергии сельскими хозяйствами. С помощью найденных моделей был осуществлен сравнительный анализ тенденций потребления электроэнергии. При этом было выявлено, что увеличение скорости потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в Республике Татарстан в исследуемый период практически соответствовала этому же показателю на территории РФ. В то же время данный показатель в ЦФО был почти в 2 раза выше, чем в среднем по РФ, и, наоборот, в ПФО этот показатель был почти в 2 раза ниже, чем в среднем по РФ и в Республике Татарстан.

Ключевые слова: статистика, временные ряды, моделирование, тенденция, потребление электроэнергии.

Введение. Анализ потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в РФ и в отдельных регионах важен ввиду того, что этот показатель отражает состояние экономики страны и региона, а также тенденции его развития в сфере АПК. Известно, что между потреблением электроэнергии и величиной ВВП существует положительная корреляционная зависимость, причем установлено, что, чем больше потребление электроэнергии, тем выше ВВП [1]. Поэтому нужно не только оценивать потребление электроэнергии в отдельном регионе, но и выявлять его тенденцию за определенный временной период в сравнении с другими регионами и в целом со средней величиной этого показателя по РФ. В работах, посвященных прогнозированию развития энергетики в РФ [6], в официальных отчетах Росстата [5] нет информации о потреблении электроэнергии в регионах РФ.

На наш взгляд, такое положение отчасти объясняется отсутствием определенной методики анализа тенденций изменения изучаемых показателей в соответствии с временными закономерностями, которые были сформированы из величин с существенно различными значениями. Эти закономерности выявляются при анализе статистических данных о потреблении электроэнергии сельскими хозяйствами в различных регионах РФ, которые существенно отличаются друг от друга особенностями территорий, численностью населения и другими макроэкономическими показателями. Однако такую задачу можно успешно решить, применяя методы математического моделирования [2], [3] и, в частности, метода анализа временных рядов [4].

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы – разработка методологии математического моделирования и сравнительного анализа тенденций потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в регионах РФ.

Задачами исследования являлись:

- разработка методологии математического моделирования статистических данных, отражающих особенности потребления электроэнергии сельскими хозяйствами;
- выявление тенденций потребления электроэнергии сельскими хозяйствами;
- создание математических моделей для описания тенденций потребления электроэнергии сельскими хозяйствами;
- сравнение тенденций потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в различных регионах РФ.

Объектами исследования, кроме РФ, являлись следующие регионы: Приволжский ФО (далее – ПрФО), Центральный ФО (далее – ЦФО) и Республика Татарстан.

Материалы и методы исследований. Для реализации целей настоящего исследования были использованы статистические данные электробаланса РФ за период 2012-2019 гг. по разделу «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» Росстата [5], которые представлены в таблице 1. Так как отдельно учет потребления электроэнергии исключительно сельскими хозяйствами в отечественной государственной статистике не ведется, то представленные в таблице 1 данные можно условно отнести к сельским хозяйствам, так как именно они в большинстве центральных регионов РФ являются основными потребителями электроэнергии.

Таблица 1 – Потребление электроэнергии по статье электробаланса РФ «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», млн.кВт.ч [2]

Год	РФ	ЦФО	ПрФО	Республика Татарстан
2012	15278,2	4119,9	3208,6	588,6
2013	15286,5	4206,0	3371,2	662,4
2014	15947,4	4521,0	3380,4	678,9
2015	16756,7	4665,2	3359,3	662,9
2016	17161,9	4908,3	3410,7	707,1
2017	18171,1	5555,3	3481,9	712,7
2018	18797,7	5654,2	3507,4	737,4
2019	19708,5	6242,6	3664,3	778,6

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что непосредственное их сравнение невозможно ввиду слишком большой разницы в абсолютных значениях величин потребления электроэнергии (млн. кВт. час) в каждом регионе и в среднем по РФ. Сравнение же процентных изменений этой величины за каждый временной период в каждом регионе, как это часто делается в официальных отчетах [3], на наш взгляд, не дает исчерпывающей информации.

Для осуществления математического моделирования с целью сравнительного анализа тенденций потребления электроэнергии в разных регионах РФ была создана следующая пошаговая методология и применена по аналогии с ранее выполненными исследованиями [1]:

1. Все значения потребления электроэнергии в текущем году представляют в безразмерном виде. Для этого за точку отсчета был выбран 2012 г. (время $t=1$), начиная с которого в каждом регионе начала формироваться определенная устойчивая тенденция.

2. Затем вычисляют безразмерные значения потребления электроэнергии Y по следующему соотношению:

$$Y = \frac{\text{Потребление электроэнергии в текущем году, мл}}{\text{Потребление электроэнергии в 2012 году, млн.}}$$

3. Вычисленные таким образом значения безразмерной величины Y для каждого региона представляют в виде точечных временных графиков.

4. Формируют математические модели тенденций потребления электроэнергии, полагая справедливыми линейные зависимости.

5. С помощью созданных математических моделей проводят сравнение величин скорости потребления электроэнергии в регионах и в среднем в РФ.

Результаты исследований и их обсуждение. В соответствии с предложенной методологией математического моделирования временных закономерностей по данным таблицы 1 были вычислены безразмерные значения потребления электроэнергии в регионах РФ, которые представлены в виде точечных графиков на рис. 1.

Как видно из этих графиков, начиная с 2012 г. во всех выбранных для исследования регионах, а также в РФ в целом имела место устойчивая положительная тенденция потребления электроэнергии сельскими хозяйствами. На основании этого факта можно заключить, что в ПрФО, в ЦФО и в Республике Татарстан потребление электроэнергии сельскими хозяйствами с годами возрастало. На этом основании можно заключить, что сфера АПК этих регионов наращивала свой экономический потенциал и тем самым увеличивала региональный валовый продукт своего региона. Однако, как видно из сравнения углов наклона графиков на рис. 1, скорости этих изменений были различными. Так отчетливо видно, что тенденция потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в ПрФО значительно ниже, чем в ЦФО и в Республике Татарстан, который входит в ПрФО, а также была ниже, чем в среднем по РФ.

Для количественного сравнительного анализа выявленных тенденций потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в регионах РФ в соответствии с предложенной методологией средствами MSExcel с использованием метода наименьших квадратов были созданы математические модели, представленные ниже.

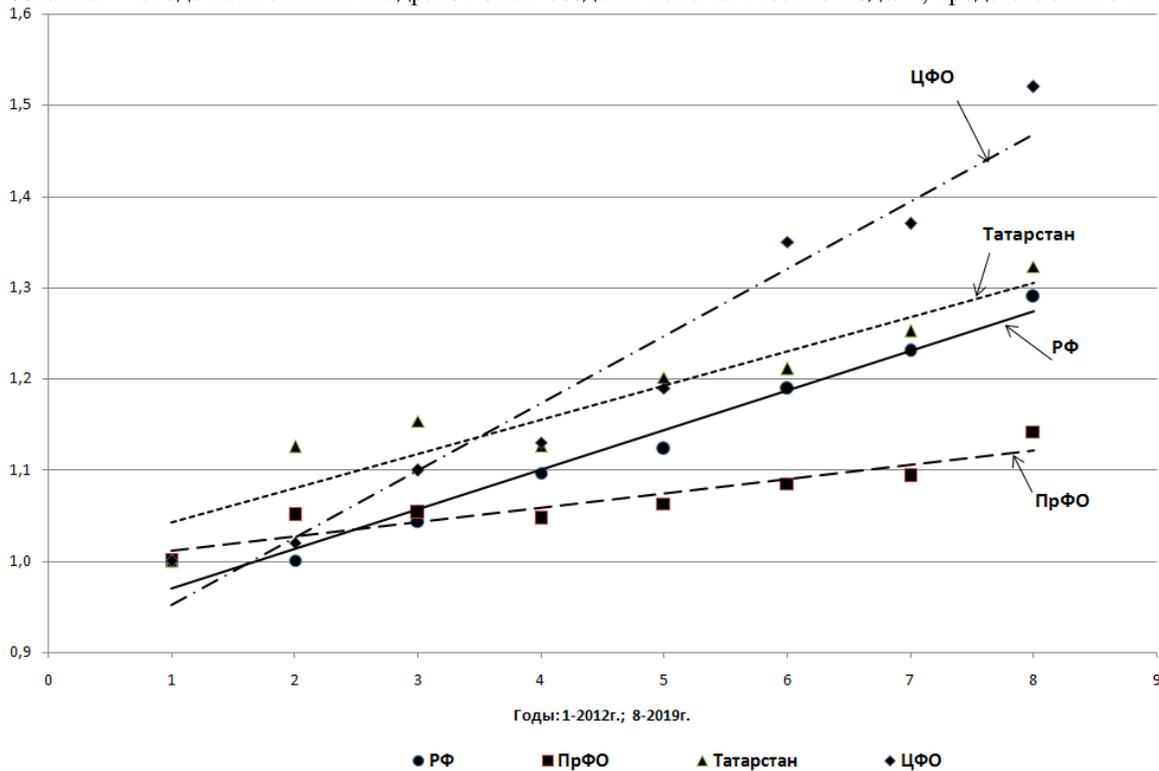


Рис. 1. Безразмерные величины потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в регионах РФ за период 2012-2019 гг.

$$\text{РФ:} \quad Y = 0,0434 * t + 0,9267 \quad (1)$$

$$\text{ЦФО:} \quad Y = 0,0738 * t + 0,8779 \quad (2)$$

$$\text{ПрФО:} \quad Y = 0,0157 * t + 0,9962 \quad (3)$$

$$\text{Республика Татарстан:} \quad Y = 0,0374 * t + 1,0057 \quad (4)$$

где t – годы (1 – 2012г.; 8 – 2019г.)

Созданные в виде линейных зависимостей (1)-(4) математические модели позволяют провести сравнительный анализ путем количественной оценки скорости потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в регионах РФ. Так, скорость увеличения потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в Республике Татарстан за исследуемый период 2012-2019 гг. (значение коэффициента 0,0374 в выражении (4)) практически соответствовала скорости увеличения потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в среднем по РФ (значение коэффициента 0,0434 в модели (1)). В тоже время скорость увеличения потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в ЦФО (значение коэффициента 0,0738 в модели (2)) была почти в 2 раза выше, чем в среднем по РФ. Однако скорость увеличения потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в ПрФО (значение коэффициента 0,0257 в модели (3)) была почти в 2 раза ниже, чем в среднем по РФ и в Республике Татарстан, которая входит в этот федеральный округ.

Выводы.

В исследовании была предложена новая методология анализа и моделирования показателей потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в регионах РФ, основанная на математическом моделировании безразмерных временных рядов. Безразмерные временные ряды были получены в виде временных закономерностей величин, равных отношению реального значения потребления электроэнергии в текущем году к значению этого же показателя в 2012 г., который был выбран в качестве начальной точки отсчета. Данная методология применялась при анализе тенденций потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в РФ, в ПрФО, в ЦФО и в Республике Татарстан по данным Росстата.

Было выявлено, что начиная с 2012 г. по 2019 г. во всех регионах (ПрФО, ЦФО и в Республике Татарстан, включая РФ), имели место устойчивые тенденции увеличения потребления электроэнергии сельскими хозяйствами. Для описания статистических данных, характеризующих количество потребляемой сельскими хозяйствами электроэнергии во всех регионах, с помощью MSExcel были созданы линейные математические модели.

При сравнении коэффициентов найденных математических моделей было выявлено, что увеличение скорости потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в Республике Татарстан в исследуемый период 2012-2019 гг. практически соответствовала скорости потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в среднем по РФ. При этом увеличение скорости потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в ЦФО была почти в 2 раза выше, чем в среднем по РФ. Однако скорость увеличения потребления электроэнергии сельскими хозяйствами в ПрФО была почти в 2 раза ниже, чем в среднем по РФ и в Республике Татарстан, которая входит в этот федеральный округ.

Предложенная методология математического моделирования и сравнительного анализа временных закономерностей может применяться при анализе статистических данных и в других сферах АПК.

Литература

1. Дарманян, А. П. Методология сравнительного анализа временных закономерностей (на примере электропотребления в регионах РФ) / А.П.Дарманян // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования Волгоградского ГАУ. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. – С.365-369.
2. Евдокимов, А. П. Переходные процессы в однофазных несимметричных умножителях напряжения / А. П. Евдокимов, К. М. Тупикова // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования. – 2017. – № 3. – С. 111 – 205.
3. Кузнецов, Н. Г. Вводные лекции по математическому моделированию и математической теории эксперимента / Н. Г.Кузнецов, С. И.Богданов/ // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2007. – № 2. – С. 182-185.
4. Лукашин, Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю. П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
6. Потребление электроэнергии по субъектам РФ. – Текст: электронный // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – 2020. – URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/el_potr.htm (дата обращения: 02.11.2020).
7. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под редакцией А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина. – Текст: электронный // ИНЭИ РАН – Московская школа управления SKOLKOVO: [сайт]. – Москва, 2019. – 210 с. – URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf (дата обращения: 01.11.2020).

Сведения об авторах

1. **Дарманян Анатолий Петрович**, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования и электрохозяйства предприятий АПК, Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26; e-mail: adarma@inbox.ru, тел. 8-909-391-10-21;
2. **Черняев Артем Андреевич**, аспирант кафедры электрооборудования и электрохозяйства предприятий АПК, Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26; e-mail: www.artemka_ru@mail.ru, тел. 8-902-652-60-82;
3. **Бразнников Артем Романович**, аспирант кафедры электрооборудования и электрохозяйства предприятий АПК, Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26; e-mail: brazhnikov.art@yandex.ru, тел. 8-902-094-92-54.

MODELING AND COMPARISON OF TENDENCIES IN ELECTRICITY CONSUMPTION BY AGRICULTURAL FARMS IN REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION.

A. P. Darmanian, A. A. Cherniaev, A. R. Brazhnikov

Volgograd State Agrarian University
400002, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article proposes a modern methodology for modeling and comparative analysis of trends in electricity consumption by agricultural farms in the regions of the Russian Federation: Volga Federal District, Central Federal District and the Republic of Tatarstan for the period 2012-2019. according to Rosstat data. The analysis of statistical data was carried out taking into account the dimensionless values of electricity consumption in 2012, which was taken as the beginning of the time period. For the Russian Federation and each region, linear mathematical models were built that display statistical data on electricity consumption by agriculture. Using the found models, a comparative analysis of electricity consumption trends was carried out. At the same time, it was revealed that the increase in the rate of electricity consumption by agriculture in the Republic of Tatarstan in the study period practically corresponded to the same indicator in the territory of the Russian Federation. At the same time, this indicator in the Central Federal District was almost 2 times higher than the average for the Russian Federation, and, conversely, in the Russian Federal District this figure was almost two times lower than the average for the Russian Federation and the Republic of Tatarstan.

Key words: statistics, time series, modeling, trend, electricity consumption.

References

1. Darmanyan, A. P. Metodologiya sravnitel'nogo analiza vremennykh zakonornostej (na primere elektropotrebleniya v regionah RF) / A.P. Darmanyan // Razvitie APK na osnove principov racional'nogo prirodopol'zovaniya i primeneniya konvergentnykh tekhnologij: sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 75-letiyu obrazovaniya Volgogradskogo GAU. – Volgograd: Volgogradskij GAU, 2019. – S.365-369.
2. Evdokimov, A. P. Perekhodnye processy v odnofaznyh nesimmetrichnykh umnozhitelyah napryazheniya / A. P. Evdokimov, K. M. Tupikova // Ekologo-meliorativnye aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya. – 2017. – № 3. – S. 111 – 205.
3. Kuznecov, N. G. Vvodnye lekcii po matematicheskomu modelirovaniyu i matematicheskoj teorii eksperimenta / N. G.Kuznecov, S. I.Bogdanov/ // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007. – № 2. – S. 182-185.
4. Lukashin, YU. P. Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennykh ryadov / YU. P. Lukashin. – M.: Finansy i statistika, 2003. – 416 s.
5. Potreblenie elektroenergii po sub"ektam RF. – Tekst: elektronnyj // Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: oficial'nyj sajt. – 2020. – URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/el_potr.htm (data obrashcheniya: 02.11.2020).
6. Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii 2019 / pod redakciej A. A. Makarova, T. A. Mitrovoj, V. A. Kulagina. – Tekst: elektronnyj // INEI RAN – Moskovskaya shkola upravleniya SKOLKOVO: [sajt]. – Moskva, 2019. – 210 s. – URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf (data obrashcheniya: 01.11.2020).

Information about authors

1. **Darmanyan Anatoly Petrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Equipment and Electrical Facilities of Agro-Industrial Complex Enterprises, Volgograd State Agrarian University, 400002, Volgograd, Universitetsky Pr., 26; e-mail: adarma@inbox.ru, tel. 8-909-391-10-21;
2. **Chernyaev Artem Andreevich**, post-graduate student of the Department of Electrical Equipment and Electrical Facilities of Agro-Industrial Complex Enterprises, Volgograd State Agrarian University, 400002, Volgograd, Universitetsky Pr., 26; e-mail: www_artemka_ru@mail.ru, tel. 8-902-652-60-82;
3. **Brazhnikov Artem Romanovich**, post-graduate student of the Department of Electrical Equipment and Electrical Facilities of Agro-Industrial Complex Enterprises, Volgograd State Agrarian University, 400002, Volgograd, Universitetsky Pr., 26; e-mail: brazhnikov.art@yandex.ru, tel. 8-902-094-92-54.