

Научная статья

Original article

УДК 519.237.8

doi: 10.55186/2413046X_2022_7_11_635

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИК СТРАН МИРА
COMPARATIVE STATISTICAL ANALYSIS OF THE ENERGY
EFFICIENCY OF THE ECONOMIES OF THE WORLD**



Давыдов Андрей Русланович, кандидат технических наук, доцент, ФГАО ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

Краузе Алина Анатольевна, ФГАО ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

Davydov Andrey Ruslanovich, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSAEI HE «Perm National Research Polytechnic University», Perm

Krause Alina Anatolyevna, FSAEI HE «Perm National Research Polytechnic University», Perm

Аннотация. С использованием методов кластерного анализа, исследуется энергоэффективность стран мира. Страны мира разделены на 5 кластеров с учетом объемов потребления энергии, душевого ВВП, географических и климатических характеристик. В каждом кластере построено уравнение регрессии коэффициента энергоэффективности экономики на указанные параметры. Установлено, что дифференциация уровня энергоэффективности обусловлена различными для каждого кластера причинами. Показано, что энергоэффективность экономики России невысока из-за климатических условий и необходимости обслуживания обширной инфраструктуры.

Abstract. Using the methods of cluster analysis, the energy efficiency of the countries of the world is investigated. The countries of the world are divided into 5 clusters taking into account the volume of energy consumption, per capita GDP, geographical and climatic characteristics. In each cluster, a regression equation of the energy efficiency coefficient of the economy for the specified parameters is constructed. It is established that the differentiation of the energy efficiency level is due to different reasons for each cluster. It is shown that the energy efficiency of the Russian economy is low due to climatic conditions and the need to maintain extensive infrastructure.

Ключевые слова: энергопотребление, энергоэффективность экономики, кластеры, регрессионный анализ

Keywords: energy consumption, energy efficiency of the economy, clusters, regression analysis

В предыдущей работе [1] представлено исследование энергоэффективности экономик стран мира. Показателем энергоэффективности предложено считать отношение величины валового внутреннего продукта (ВВП), рассчитанного в денежных единицах на душу населения в год, к годовому объему потребляемой первичной энергии, также на душу населения. Для выборки из 33 стран проанализирована динамика этого показателя. Показано, что значения коэффициента энергоэффективности (КЭЭ) стран мира, несмотря на существенно различные показатели душевого потребления и ВВП, хорошо описываются уравнением парной регрессии - средней линии энергоэффективности.

Вместе с тем, объемы энергопотребления зависят не только от потребностей производства, но и от географических и климатических особенностей страны. Также и величины ВВП определяются не только объемами физического производства, но и структурой экономики, конъюнктурой мировых рынков. Для большей объективности обобщающих

выводов исследования энергоэффективности экономик стран мира требуется принять во внимание большее число факторов и увеличить объем выборки.

В данной работе анализируются данные по 115 странам мира, за три года. Для них, помимо среднедушевых показателей ВВП и потребления рассмотрены такие параметры как площадь страны, протяженность железнодорожных магистралей как показатель обширности инфраструктуры, климатические условия (средняя температура самого холодного и самого теплого месяца) и обеспеченность энергоресурсами (разность между объемами производства и потребления первичных энергоресурсов) [2]. Из-за высокой волатильности стоимости энергоресурсов этот показатель не был включен в анализ, хотя, очевидно, его существенное влияние на уровень потребления. Значения ВВП рассчитаны по паритету покупательной способности, поскольку это лучше характеризует производительную направленность экономики [3].

Рассмотрим следующие факторы:

X1 – численность населения (чел)

X2 – площадь страны (км²)

X3 – разность суммарного производства и потребления первичной энергии (10¹⁵Btu)

X4 – энергопотребление на душу населения (10⁸ Btu/чел)

X5 – душевой ВВП, рассчитанный по паритету покупательной способности (\$/чел)

X6 – коэффициент энергоэффективности экономики (\$/Btu)

X7 – протяженность железнодорожных магистралей (км)

X8 – температура самого холодного месяца (°C)

X9 – температура самого теплого месяца (°C)

С использованием данных за 2017- 2019 годы расположим страны в системе координат X4 - X5 (Рисунок.1) .

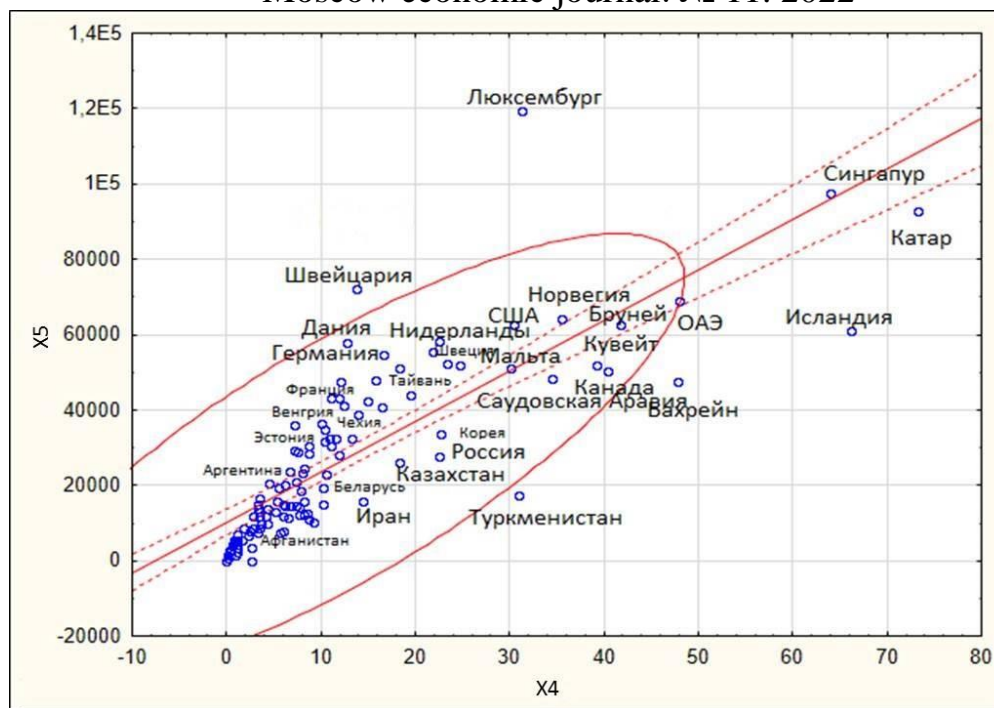


Рисунок 1. Расположение стран мира в координатах X4-X5 в период 2017-2019 гг.

Заметим, что в выборке имеются выпадающие наблюдения. Это страны с показателями душевого потребления и душевого ВВП существенно отличающиеся от средних значений. Это Люксембург, Катар, Сингапур, Исландия. Эти страны не рассматривались при дальнейшем анализе.

Построим множественное уравнение регрессии КЭЭ на выбранные факторы. Результаты регрессии приведены в Таблице 1. Статистическая значимость уравнения невысока, с коэффициентом детерминации 0,15.

Таблица 1. Результаты регрессионного анализа

	БЕТА	Ст.Ош. - БЕТА	В	Ст.Ош. - В	t(339)	p-знач.
Св.член			4522,390	430,5903	10,50277	0,000000
X2	-0,019882	0,082979	-0,000	0,0001	-0,23960	0,810787
X3	-0,099041	0,060912	-31,692	19,4916	-1,62595	0,104890
X7	-0,068655	0,082944	-0,004	0,0051	-0,82772	0,408409
X8	0,393927	0,058892	61,661	9,2184	6,68895	0,000000
X9	-0,259454	0,057759	-77,236	17,1943	-4,49197	0,000010

Запишем безразмерное уравнение регрессии со статистически значимыми признаками. Коэффициенты в уравнении ранжируются по степени влияния на результирующую переменную.

$$X6 = 0,394X8 - 0,259X9 - 0,099X3$$

Таким образом, на энергоэффективность всей совокупности стран мира оказывают влияние температура самого холодного и самого теплого месяцев, а также, в меньшей степени, обеспеченность собственными энергоресурсами. Экономике стран тем более энергоэффективны, чем выше температура самого холодного месяца, чем ниже температура самого теплого месяца и чем ниже обеспеченность собственными энергоресурсами. Результат представляется достаточно очевидным, поскольку «борьба» с температурными аномалиями требует больших затрат. С другой стороны, это отражает тот факт, что на сегодняшний день наиболее экономически развитые страны расположены в благоприятной климатической зоне.

Для более детального исследования используем методы кластерного анализа. Кластеры – группы стран, выделим, используя принцип геометрической близости на плоскости значений КЭЭ (Рисунок. 2).

При этом в кластер попадают страны с близкими характеристиками душевого ВВП и душевого потребления энергии. В этом случае можно оценить влияние на энергоэффективность других факторов. Для каждого кластера построим уравнения регрессии КЭЭ на выбранные факторы.

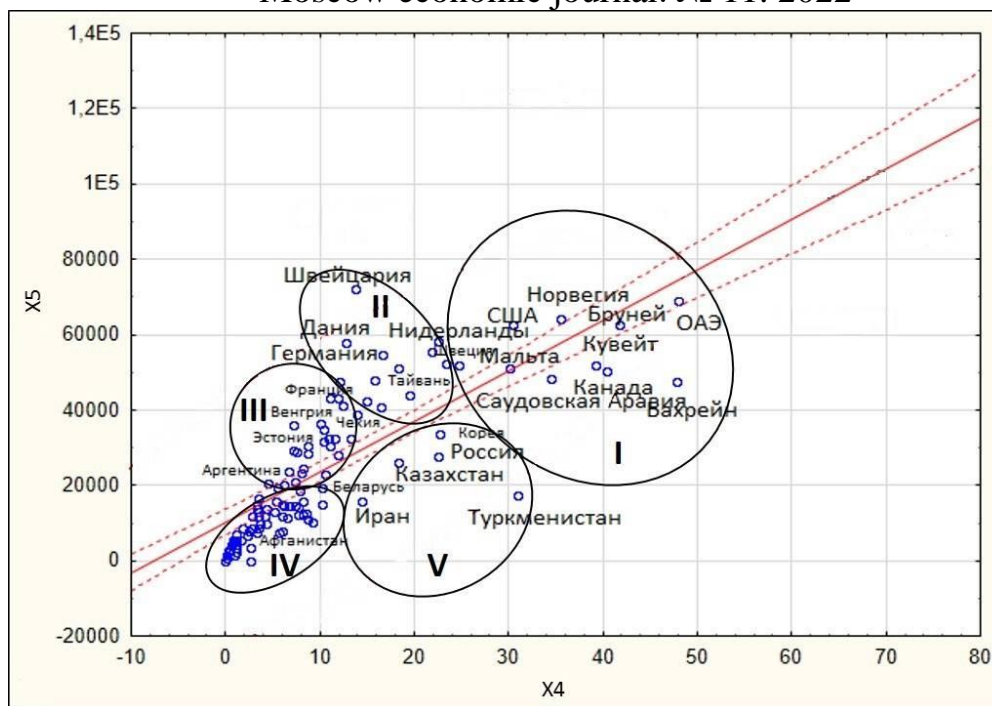


Рисунок 2. Расположение кластеров в координатах X4-X5

Состав кластеров приведен в Таблице.2.

Таблица 2. Состав кластеров

Номер кластера	Страны
1	Бахрейн, Бруней, Канада, Кувейт, Мальта, Норвегия, Саудовская Аравия, США, ОАЭ
2	Австралия, Бельгия, Дания, Франция, Германия, Нидерланды, Новая Зеландия, Швеция, Швейцария, Тайвань, Япония, Англия
3	Аргентина, Болгария, Чили, Коста – Рика, Хорватия, Чехия, Эстония, Греция, Венгрия, Израиль, Италия, Латвия, Литва, Малайзия, Мексика, Черногория, Панама, Польша, Португалия, Словакия, Словения, Испания, Турция, Уругвай
4	Афганистан, Албания, Алжир, Ангола, Армения, Азербайджан, Бангладеш, Барбадос, Беларусь, Белиз, Бутан, Боливия, Босния и Герцеговина, Ботсвана, Бразилия, Бурунди, Камбоджа, Камерун, Чад, Китай, Колумбия, Доминика, Египет, Эфиопия, Фиджи, Грузия, Гана, Гвинея, Индия, Индонезия, Ирак, Ямайка, Кения, Лаос, Ливан, Мальдивы, Молдавия, Монголия, Марокко, Мозамбик, Непал, Нигерия, Пакистан, Перу, Филиппины, Сербия, Судан, Сирия, Таджикистан, Танзания, Таиланд, Тунис, Украина, Узбекистан, Венесуэла, Вьетнам, Замбия, Зимбабве
5	Россия, Корея, Казахстан, Иран, Туркменистан

Кластер номер 1 образуют страны с самыми высокими показателями душевого энергопотребления. Показатели душевого ВВП здесь также выше среднего. Это нефтедобывающие страны Персидского залива, США, Канада и Норвегия, которые также богаты энергоресурсами. Коэффициент энергоэффективности, при этом, на среднем мировом уровне. Выявлено большое число факторов, влияющих на КЭЭ (Таблица.3).

Наиболее значимым фактором, дифференцирующим энергоэффективность этих стран, является обширность инфраструктуры X7, что в большей степени характерно для США [4]. В тоже время, площадь страны X2 является фактором, снижающим КЭЭ. Также заметно негативное влияние температуры самого теплого месяца. Вероятнее всего это обусловлено затратами арабских стран на «борьбу» с жарким климатом [5].

Таблица 3. Результаты регрессионного анализа для кластера №1

	БЕТА	Ст.Ош. - БЕТА	В	Ст.Ош. - В	t(21)	p-знач.
Св.член			2185,382	161,1228	13,56346	0,000000
X2	-0,902996	0,213590	-0,000	0,0000	-4,22770	0,000377
X3	0,497868	0,148547	24,841	7,4117	3,35159	0,003022
X7	1,461020	0,202250	0,006	0,0008	7,22384	0,000000
X8	0,219878	0,233709	5,781	6,1450	0,94082	0,357495
X9	-0,743048	0,191014	-28,024	7,2042	-3,89001	0,000845

Кластер 2 составили развитые страны Европы, а также Япония, Австралия и Тайвань. Это страны с самыми высокими значениями КЭЭ, достигнутого, в первую очередь, за счет высокого уровня душевого ВВП. В тоже время, уравнение регрессии на используемые признаки в этой группе малозначимо, с коэффициентом детерминации равным 0,27, а среди признаков, дифференцирующих энергоэффективность нет сколько-нибудь значимых (Таблица.4).

	БЕТА	Ст.Ош. - БЕТА	В	Ст.Ош. - В	t(30)	p-знач.
Св.член			2334,577	1258,087	1,85566	0,073351
X2	-0,566298	0,489667	-0,000	0,000	-1,15649	0,256605
X3	0,521251	0,410153	79,865	62,842	1,27087	0,213542
X7	0,150931	0,310978	0,010	0,021	0,48534	0,630958
X8	-0,452732	0,240977	-85,706	45,619	-1,87874	0,070029
X9	0,275880	0,248506	71,103	64,048	1,11015	0,275753

Средний по количественному составу кластер 3 составили страны, у которых уровень энергоэффективности также выше среднемирового. Это наиболее развитые страны Латинской Америки и некоторые европейские страны, не обладающие значительными собственными ресурсами. Именно этот признак является значимым для дифференциации уровня энергетической эффективности экономики этих стран (Таблица.5). Недостаток собственных ресурсов способствует более рациональному их использованию [6].

Таблица 5. Результаты регрессионного анализа для кластера №3

	БЕТА	Ст.Ош. - БЕТА	В	Ст.Ош. - В	t(66)	p-знач.
Св.член			2653,423	693,8091	3,82443	0,000293
X2	-0,092496	0,188599	-0,000	0,0002	-0,49044	0,625450
X3	-0,433246	0,152037	-267,379	93,8302	-2,84961	0,005834
X7	0,307022	0,201089	0,023	0,0150	1,52680	0,131589
X8	0,054328	0,153491	3,789	10,7055	0,35395	0,724504
X9	0,123495	0,140505	25,426	28,9279	0,87893	0,382627

Самый насыщенный кластер 4 составили страны с наименьшими значениями душевого ВВП и энергопотребления. В тоже время в этот кластер входят лидеры экономического роста Китай, Индия, Вьетнам, Индонезия. Низкие показатели потребления энергии и ВВП обусловлены у них высокой численностью населения. Здесь мы видим важную проблему, использования КЭЭ. В азиатских странах происходит существенный рост энергопотребления, сопровождаемый ростом ВВП. Это рост именно производительных секторов экономики, которым требуется энергия. При этом значения КЭЭ остаются невысокими [7]. Это отличает перечисленные

страны от некоторых «развитых» стран 1 и 2 кластеров, в которых рост ВВП во многом обеспечивается непроизводственными секторами экономики, которые не требуют значительных энергоресурсов. Но, очевидно, что тенденции, которые появились в последние годы в мировой экономике, скажутся в скором времени на энергоэффективности экономик. Представляется, что различия величин КЭЭ ведущих стран Азии и Европы будут снижаться.

В 5 кластер вошли страны со средним уровнем душевого потребления энергии и невысоким ВВП, в их составе Россия. За исключением Южной Кореи, это страны с высокой обеспеченностью собственными энергоресурсами. В силу немногочисленности стран этой группы, удобнее сравнивать их данные с общемировыми показателями. Низкие значения температуры зимних месяцев, обширность территории, необходимость обслуживания обширной социальной и производственной инфраструктуры определяют для России и Казахстана низкую энергоэффективность экономики [8]. В тоже время, доступность собственных, недорогих энергоресурсов должна в конечном итоге способствовать росту экономики.

Список источников

1. Давыдов А.Р., Краузе А.А., Крылова Ю.А. «Статистический анализ динамики энергоэффективности мировой экономики» // Московский экономический журнал. – 2021. – № 6. – С. 175-181.
2. EIA. Independent Statistics and Analysis. U.S. Energy Information Administration: [Электронный ресурс] URL: <https://www.eia.gov>
3. Статистика стран мира [Электронный ресурс] URL: <https://svspb.net>
4. Тваровская, А. И. Зарубежный опыт использования транспортных систем в качестве фактора регионального развития / А. И. Тваровская // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2012. – № 9. – С. 14-20.
5. Шарова, А. Ю. Энергоэффективность в арабских странах: проблемы и перспективы / А. Ю. Шарова // Азия и Африка сегодня. – 2017. – № 12(725). – С. 61-69

6. Энергетические субсидии в современном мире. Страны «Группы двадцати»/Под ред. Л.М. Григорьева, А.А. Кудрина. – М.: ООО «Асмин Принт», 2014. – 400 с.
7. Борисов, М. Г. Страны Азии: устойчивая энергетика для устойчивого развития / М. Г. Борисов // Восточная аналитика. – 2019. – № 1. – С. 12-22.
8. Клопова, К. В. Повышение энергоэффективности экономики России в соответствии с "Энергетической стратегией России до 2030 года" / К. В. Клопова // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. – 2015. – № 44. – С. 81-87.

Reference

1. Davydov A.R., Krause A.A. «Statistical analysis of the dynamics of energy efficiency of the world economy» // Moscow Economic Journal. – 2021. – No. 6. – pp. 175-181.
2. EIA. Independent Statistics and Analysis. U.S. Energy Information Administration: [Electronic resource] URL: <https://www.eia.gov>
3. Statistics of the countries of the world [Electronic resource] URL: <https://svspb.net>
4. Tvardovskaya, A. I. «Foreign experience of using transport systems as a factor of regional development» / A. I. Tvarovskaya // Strategy of sustainable development of Russian regions. - 2012. – No. 9. – pp. 14-20.
5. Sharova, A. Y. «Energy efficiency in Arab countries: problems and prospects» / A. Y. Sharova // Asia and Africa today. – 2017. – № 12(725). – Pp. 61-69
6. «Energy subsidies in the modern world. G20 countries»/Edited by L.M. Grigoriev, A.A. Kudrin. – М.: LLC "Asmin Print", 2014. – 400 p.
7. Borisov, M. G. «Asian countries: sustainable energy for sustainable development» / M. G. Borisov // Eastern Analytics. – 2019. – No. 1. – pp. 12-22.
8. Klopova, K. V. «Improving the energy efficiency of the Russian economy in accordance with the "Energy Strategy of Russia until 2030"» / K. V. Klopova // Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship. - 2015. – No. 44. – pp. 81-87.

Московский экономический журнал. № 11. 2022

Moscow economic journal. № 11. 2022

Для цитирования: Давыдов А.Р., Краузе А.А. Сравнительный статистический анализ энергетической эффективности экономик стран мира // Московский экономический журнал. 2022. № 11.

URL: <https://qje.su/otraslevaya-i-regionalnaya-ekonomika/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-11-2022-5/>

© Давыдов А.Р., Краузе А.А., 2022. *Московский экономический журнал*, 2022, № 11.