

<https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2024.87.3.011>
УДК 332.144

**ОЦЕНКА ФАКТОРОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЭК В РЕГИОНАХ РОССИИ
ПРИ ИХ ПЕРЕХОДЕ К УМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Землячева Е. А.^{1}*

¹ *Волгоградский государственный университет,
Волгоград, Россия
* 89162110211@mail.ru*

Аннотация. *Введение.* Исследование предназначено для уточнения набора технологических факторов перехода к умной энергетике в региональной экономике России с учетом специфики ее федеральных округов, а также для прогнозирования перспектив устойчивого развития ТЭК в регионах России при условии оптимизации влияния технологических факторов и разработки для этого практических рекомендаций. *Материалы и методы.* На основе статистики РИА Рейтинг об энергодостаточности и статистики НИУ ВШЭ об использовании цифровых технологий в регионах России в 2023 г. осуществлен мониторинг устойчивости ТЭК в региональной экономике России в разрезе федеральных округов в 2023 г. С применением методологии факторного анализа осуществлено экономико-математическое моделирование влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК для каждого федерального округа России. *Результаты исследования.* Идентифицированы проявления неполной энергодостаточности, угрожающие устойчивости ТЭК во всех федеральных округах России в 2023 г. Конкретизированы технологические факторы перехода к умной энергетике в региональной экономике России, полученный набор которых уникален для каждого федерального округа. Составлен прогноз, раскрывший перспективу устойчивого развития ТЭК в регионах России до 2030 г. при условии оптимизации влияния технологических факторов. Разработаны прикладные решения для данной оптимизации в каждом федеральном округе через наращивание активности задействования предприятиями ТЭК рекомендованных цифровых технологий. *Обсуждение и заключение.* Итоговый вывод заключается в том, что цифровые технологии имеют критическое значение для становления умных сетей электроснабжения во всех регионах России, но набор требующихся для этого технологий различается среди федеральных округов. Авторские разработки и рекомендации укрепили научно-методическую базу стратегического перехода регионов России к умной энергетике до 2030 г.

Ключевые слова: энергодостаточность региона, энергоэффективность экономики, топливно-энергетический комплекс (ТЭК), устойчивость ТЭК, регионы России, умная энергетика.

Для цитирования: Землячева Е. А. Оценка факторов и прогнозирование перспектив устойчивого развития ТЭК в регионах России при их переходе к умной энергетике. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ).* 2024; 3(31):112-125. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2024.87.3.011.

Research article

JEL O13, O32, R13

**ASSESSMENT OF FACTORS AND FORECASTING THE PROSPECTS
FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE FEC IN THE REGIONS OF RUSSIA
DURING THEIR TRANSITION TO SMART ENERGY**

Zemlyacheva E.^{1*}¹ *Volgograd State University,
Volgograd, Russia*

* 89162110211@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The study is intended to clarify the set of technological factors for the transition to smart energy in the regional economy of Russia, taking into account the specifics of its federal districts, as well as to forecast the prospects for the sustainable development of the fuel and energy complex in the regions of Russia, subject to the optimization of the influence of technological factors and the development of practical recommendations for this. *Materials and methods.* Based on the statistics of RIA Rating on energy sufficiency and the statistics of the HSE on the use of digital technologies in the regions of Russia in 2023, monitoring of the sustainability of the fuel and energy complex in the regional economy of Russia was carried out by federal districts in 2023. Using the methodology of factor analysis, economic and mathematical modeling of the impact of the digital economy on the sustainability of the fuel and energy complex for each federal district of Russia was carried out. *Research results.* The manifestations of incomplete energy sufficiency threatening the sustainability of the fuel and energy complex in all federal districts of Russia in 2023 have been identified. The technological factors of the transition to «smart» energy in the regional economy of Russia have been specified, the resulting set of which is unique for each federal district. A forecast has been compiled that reveals the prospects for sustainable development of the fuel and energy complex in the regions of Russia until 2030, subject to the optimization of the influence of technological factors. Applied solutions have been developed for this optimization in each federal district through increasing the activity of fuel and energy complex enterprises in using recommended digital technologies. *Discussion and conclusion.* The final conclusion is that digital technologies are critical for the development of smart power supply networks in all regions of Russia, but the set of technologies required for this differs among federal districts. The author's developments and recommendations have strengthened the scientific and methodological basis for the strategic transition of Russian regions to smart energy by 2030.

Keywords: regional energy sufficiency, energy efficiency of the economy, fuel and energy complex (FEC), sustainability of the FEC, regions of Russia, smart energy.

For citation: Zemlyacheva E. Assessment of factors and forecasting the prospects for sustainable development of the FEC in the regions of Russia during their transition to smart energy. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. 2024;3(31):112-125. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2024.87.3.011.

Введение

Традиционно важное значение топливно-энергетического комплекса (ТЭК) для функционирования социально-эконо-

мических систем, воплощения потенциала наращивания активности и результативности их хозяйственной деятельности еще более возрастает в современных

условиях эволюции данных систем. Это отчетливо проявляется в России в сфере электроэнергетики. Быстрорастущая отечественная экономика с наращивающими мощность и объем выпуска промышленными производствами предъявляет все больший спрос на электроэнергию, от полноты и эффективности удовлетворения которого зависит реализация возможностей обеспечения занятости, генерации добавленной стоимости и экспорта в промышленности.

Наряду с этим энергоемкость хозяйственной деятельности возрастает под влиянием развития цифровой экономики России. В нашей стране получают все большее распространение высокотехнологичные предприятия и умные производства с высокой степенью автоматизации, для деловой активности которых необходима бесперебойная подача большого объема электроэнергии. Государственное регулирование региональных социально-экономических систем России все более массово осуществляется на базе умных регионов. Социальные услуги в сфере образования и здравоохранения, становятся все более доступными в дистанционном формате. Популяризируется электронная торговля и электронная занятость. Все это подогревает рост спроса государственных учреждений, предпринимательских структур и домохозяйств на электроэнергию.

С учетом ограниченности производственных мощностей предприятий ТЭК и возможностей наращивания этих мощностей стремительно возрастающий спрос на электроэнергию обостряет риск возникновения дефицита электроэнергии. Это создает угрозу устойчивости ТЭК в регионах России, так как пространственная организация отечественной экономики предполагает преимущественное самообеспечение электроэнергией в каждом регионе при сдержанных возможностях обмена электроэнергией среди регионов.

В соответствии с литературными источниками [7, 13, 15] устойчивость

ТЭК в регионе трактуется в этой статье как бездефицитность электроэнергии в регионе, то есть уравновешенность спроса и предложения на региональном рынке электроэнергии.

С опорой на передовой международный опыт, освещенный в трудах [12, 9, 14] и свидетельствующий о перспективности автоматизации в сфере электроэнергетики, в современной России реализуется стратегический переход к умной энергетике до 2030 г., утвержденный Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12.03.2024 № 581-р [5]. Это происходит через создание умных региональных сетей электроснабжения, в международной научной литературе носящих название smart grid. Значительный потенциал умной энергетике в области повышения устойчивости ТЭК в региональной экономике обусловлен тем, что умные региональные сети электроснабжения позволяют повысить эффективность ТЭК.

Рост эффективности достигается, со стороны спроса, за счет более рационального (экономичного) потребления электроэнергии при помощи автоматизированного контроля ее расхода (к примеру, умные счетчики, технологии дистанционного запуска электроприборов для сокращения времени их активной работы, связанной со значительным расходом электроэнергии) и энергосберегающих технологий.

Со стороны предложения вклад умных региональных сетей электроснабжения в повышение эффективности ТЭК состоит в сокращении потерь электроэнергии при ее распределении среди хозяйствующих субъектов региона, а также в более точном дозировании поставок электроэнергии, регулируемом с помощью средств автоматизации.

Несмотря на достаточно прочную теоретическую и нормативно-правовую основу, в России процесс перехода к умной энергетике тормозится недостаточной проработанностью методических и прикладных вопросов государственного

администрирования этого процесса. Так, в имеющихся публикациях, в числе которых [1, 3, 6], рассмотрены лишь отдельные аспекты цифровой модернизации ТЭК в регионах России.

Поставленная проблема укоренена в неопределенности того, какие именно технологии имеют решающее значение для образования и развития умных сетей электроснабжения в регионах разных федеральных округов России. Это составляет исследовательский вопрос настоящей статьи.

Цель данного исследования состоит в конкретизации технологических факторов перехода к умной энергетике в региональной экономике России с учетом специфики ее федеральных округов, а также в прогнозировании перспектив устойчивого развития ТЭК в регионах России при условии оптимизации влияния технологических факторов и в разработке для этого практических рекомендаций.

Материалы и методы

В выборку представленного в статье исследования вошли все регионы России, по которым доступна официальная статистика по теме настоящей статьи (см. табл. 1).

Исследование опирается на методологию эконометрики, с помощью которой анализируются значения следующих показателей за 2023 г. (из новейших статистических отчетов, опубликованных в 2023 г.):

- производство электроэнергии за вычетом внутреннего потребления, млн кВт/ч (обозначено в этой статье как ПрЭл), из отчета РИА Рейтинг [4];
- производство/потребление электроэнергии, % (Эпп), из отчета РИА Рейтинг [4];
- доля предприятий, задействующих в своей деловой активности такие цифровые технологии, как ERP-системы (ЦТерр), геоинформационные системы

(ЦТгис), интернет вещей (ЦТивш), облачные сервисы (ЦТобл), искусственный интеллект (ЦТики), большие данные (ЦТбдн) и цифровые платформы (ЦТцпл), % от общего числа организаций, из отчета НИУ ВШЭ [2].

Первой задачей этого исследования является мониторинг устойчивости ТЭК в региональной экономике России. Для этого рассчитываются ПрЭл и Эпп в федеральных округах (как средние арифметические входящих в них регионов), определяется доля регионов с отрицательными значениями ПрЭл в каждом федеральном округе, дается качественная трактовка достаточности электроэнергии для удовлетворения внутренних нужд в ней в каждом федеральном округе.

Вторая задача состоит в оценке влияния технологических факторов на устойчивость ТЭК в регионах России. Для этого методом корреляционного анализа устанавливается связь Эпп с ЦТ. Также методом регрессионного анализа моделируется зависимость Эпп от совокупности показателей ЦТ.

Для каждого федерального округа составляется собственная модель влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК, в которой отбираются технологические факторы (ЦТ), положительно влияющие на энергодостаточность регионов (Эпп).

Третья задача заключается в прогнозировании перспективы устойчивого развития ТЭК в регионах России при их переходе к умной энергетике. Для этого в каждом федеральном округе с опорой на предварительно составленную его регрессионную модель определяется потенциальное соотношение производства и потребления электроэнергии (Эпп) при оптимизации влияния на ТЭК технологических факторов, то есть при достижении максимально высоких значений отобранных показателей ЦТ.

Таблица 1 – Статистика энергодостаточности и применения предприятиями цифровых технологий в регионах России в 2023 г. [2, 4]
Table 1 – Statistics on energy sufficiency and the use of digital technologies by enterprises in the regions of Russia in 2023 [2, 4]

Энергосистемы субъектов РФ	Производство электроэнергии за вычетом внутреннего потребления, млн кВт/ч	Производство/потребление, %	Доля предприятий, действующих в своей деловой активности технологий, %						
			ERP-системы	геоинформационные системы	интернет вещей	облачные сервисы	искусственный интеллект	большие данные	цифровые платформы
			ЦТерр	ЦТгис	ЦТивш	ЦТобл	ЦТики	ЦТбдн	ЦТцпл
Центральный федеральный округ	339,3	137,1	15,2	13,6	13,5	27,4	7,3	22,8	15,3
Белгородская область	-15534,2	4,8	16,1	15,7	14	30,9	7,9	26,4	16,4
Брянская область	-4273,4	1,3	13,1	12,8	9,6	23,1	6	19,6	12,5
Владимирская область	-4755,1	34,2	16,6	13,8	15,4	29,9	8,7	25	17,2
Воронежская область	16927,9	234,5	16,5	13	12,4	27,4	6,3	21,9	13,9
Ивановская область	-1606,4	55,1	14	13,4	13,2	27,4	7,1	23,6	14
Калужская область	-7238,8	3,4	16,8	12,1	15,7	31,2	8,5	23,3	15,6
Костромская область	11973,9	424,0	11,9	11,7	12,8	20,3	6,8	25,7	12,4
Курская область	17463,0	295,3	12,2	13,6	8,6	25,2	5,4	18,7	12,5
Липецкая область	-8090,0	41,7	15,7	15,7	12,7	28,2	6,7	24	14,9
Москва и Московская область	-40735,4	64,7	20,8	12,6	21,9	32,2	10,6	30,3	21,8
Орловская область	-1556,6	45,0	12,5	11,3	9,6	20	5,9	15,8	12,6
Рязанская область	-627,1	90,8	15,1	13,4	11,3	28,4	6	16,9	14,4
Смоленская область	19456,2	392,0	17	14	17,9	29,8	11,2	19,3	17,5
Тамбовская область	-2700,6	23,7	13,8	17	12,3	31,7	6,1	19,6	16,1
Тверская область	34074,2	488,9	12,7	11,5	11,5	27,1	5,8	21,3	12,4
Тульская область	-5451,1	49,5	15,8	13,7	16,2	24,6	7,1	29,8	20,2
Ярославская область	-1558,7	81,8	17,2	15,3	14,2	28,9	7,8	25,9	15,3
Северо-Западный федеральный округ	1256,3	87,2	14,0	14,3	13,4	27,0	6,3	24,2	15,1
Республика Карелия	-3070,8	63,0	13,6	14	11,5	24,4	6	20,3	14,8
Республика Коми	1141,0	112,7	12,7	13,9	8,2	20,7	4,7	13,9	12,7

Энергосистемы субъектов РФ	Производство электроэнергии за вычетом внутреннего потребления, млн кВт/ч	Производство/потребление, %	Доля предприятий, действующих в своей деловой активности технологий, %						
			ERP-системы	геоинформационные системы	интернет вещей	облачные сервисы	искусственный интеллект	большие данные	цифровые платформы
	ПрЭл	Эпп	ЦТерр	ЦТгис	ЦТивш	ЦТобл	ЦТики	ЦТбдн	ЦТцпл
Архангельская область и Ненецкий АО	-1011,2	86,4	14,3	15,4	10,9	27,9	4,6	20,9	11,9
Вологодская область	-6564,1	55,6	13,6	14,6	13,3	27,6	6,7	23,6	16,2
Калининградская область	1881,8	140,2	10,8	13,5	13,1	23,6	4,5	27,5	14
Санкт-Петербург и Ленинградская область	19108,9	138,8	15	15,4	16,9	29,3	6	33,2	17
Мурманская область	4636,2	138,7	14,1	12,1	11,9	25,3	5,9	22,1	11,9
Новгородская область	-2618,0	43,5	18,8	14,6	20,8	38,1	11,1	28,3	20,5
Псковская область	-2197,1	6,2	12,9	15,3	14,4	26	6,9	27,6	16,7
Южный федеральный округ	589,5	105,7	10,7	12,2	11,7	23,7	5,0	23,8	12,7
Республика Калмыкия	-27,5	96,8	8,8	10,4	8,7	19,3	4	19	10,4
Республика Крым и г. Севастополь	-1392,8	84,1	6,7	10,6	9,7	25,5	4,2	22	10,4
Краснодарский край и Республика Адыгея	-18754,1	37,4	13,2	12,4	15,1	24,6	6,6	30,1	16,3
Астраханская область	-143,7	96,6	11,9	15,6	11,2	22,5	5,4	20,9	12,2
Волгоградская область	-589,2	96,4	10,8	11,3	11,8	24,5	4,4	23,5	12,6
Ростовская область	24444,0	223,0	12,7	13,1	13,4	25,5	5,3	27,1	14
Северо-Кавказский федеральный округ	-232,4	55,5	11,4	13,1	17,1	27,2	5,2	29,9	14,9
Республика Дагестан	-2860,8	62,9	3,5	6,1	14,5	16,1	4,2	23,7	11
Республика Ингушетия	-878,2	0,0	7,1	11,3	15,5	22,6	4,7	32,9	16
Республика Кабардино-Балкария	-1214,9	31,4	9,4	11,2	13,1	39	4,7	23,6	14,6
Карачаево-Черкесская Республика	-797,4	44,4	7,4	13,5	15,5	22,3	5,1	30,5	15,8

Энергосистемы субъектов РФ	Производство электроэнергии за вычетом внутреннего потребления, млн кВт/ч	Производство/потребление, %	Доля предприятий, задействующих в своей деловой активности технологии, %						
			ERP-системы	геоинформационные системы	интернет вещей	облачные сервисы	искусственный интеллект	большие данные	цифровые платформы
	ПрЭл	Эпп	ЦТерр	ЦТгис	ЦТивш	ЦТобл	ЦТики	ЦТбдн	ЦТцпл
Республика Северная Осетия – Алания	-1025,6	44,3	8,7	13	14,8	22,8	5,5	30,3	15,6
Чеченская Республика	-1986,9	40,9	29,1	20,3	30,3	40,1	6,3	41	13,9
Ставропольский край	7136,8	164,7	14,3	16,6	16	27,2	6	27,5	17,5
Приволжский федеральный округ	-693,5	83,2	13,6	12,5	12,3	26,5	5,3	22,2	13,4
Республика Башкортостан	198,9	100,8	12,5	12,3	13,4	25,9	5,1	26,5	13,3
Республика Марий Эл	-1775,4	35,8	13,2	13,3	12	26,4	6,1	21,2	13,3
Республика Мордовия	-1909,9	44,1	10	10,4	9,9	20,6	4,1	17,1	10
Республика Татарстан	-5017,9	84,3	13,9	14	15,2	35,3	6,2	28	18,3
Удмуртская Республика	-5798,0	39,0	15,6	14	12,3	27,6	5,1	14,7	14,5
Чувашская Республика	-876,0	83,4	12,8	11,3	12,2	23,9	5,1	21,7	13,2
Пермский край	3214,1	113,8	16,7	13,4	16,4	34,7	6,7	28,5	17,1
Кировская область	-2756,6	62,2	10,7	10,9	9,2	21,9	5,1	15,4	9,7
Нижегородская область	-9917,9	52,3	17,1	12,4	12,1	31,3	5,2	24,7	13,8
Оренбургская область	-4032,8	74,8	14	12,4	13,8	27	6,1	25,4	13,2
Пензенская область	-3712,6	23,5	11,1	11,7	10,1	20,8	3,5	20,7	10,4
Самарская область	-3172,5	86,6	16,7	13,1	14,2	26,7	6,2	25,5	15,7
Саратовская область	28997,9	320,3	13	12,5	12,3	24,6	5,8	23,9	13,1
Ульяновская область	-3150,8	44,0	12,9	12,7	9,4	23,6	4	17,1	11,7
Уральский федеральный округ	3041,4	97,1	14,6	14,5	14,8	26,1	6,2	29,4	16,0
Курганская область	-1285,1	70,9	11,3	13,9	12,4	22,5	5,5	23,6	14
Свердловская область	13666,5	131,8	15,9	13,7	15,4	28,7	6,1	33,5	16,6
Тюменская область, Ханты-Мансийский АО-Югра, Ямало-Ненецкий АО	8605,6	109,6	15,8	15,6	15,8	25,4	5,9	30,2	15,6

Энергосистемы субъектов РФ	Производство электроэнергии за вычетом внутреннего потребления, млн кВт/ч	Производство/потребление, %	Доля предприятий, действующих в своей деловой активности технологий, %						
			ERP-системы	геоинформационные системы	интернет вещей	облачные сервисы	искусственный интеллект	большие данные	цифровые платформы
	ПрЭл	Эпп	ЦТерр	ЦТгис	ЦТивш	ЦТобл	ЦТики	ЦТбдн	ЦТцпл
Челябинская область	-8821,4	76,0	15,3	14,6	15,6	27,7	7,3	30,3	17,8
Сибирский федеральный округ	1181,2	82,4	11,5	13,3	11,8	24,2	4,6	24,0	13,6
Республика Тыва	-770,6	4,6	3,5	6,7	6,3	16,6	2,3	12,8	5,7
Республика Хакасия	15845,3	194,5	11	14,3	12,1	22,5	4,9	24,7	12,3
Алтайский край и Республика Алтай	-4858,9	55,2	10,5	13,6	11,6	26,6	4,8	24,3	12,3
Красноярский край	21576,7	145,2	11,5	13	10,6	23,1	3,8	22,2	13,1
Иркутская область	5788,0	109,8	10,8	14,6	13,7	28,6	3,9	34,4	21,7
Кемеровская область	-13151,2	58,6	16	15,7	15,5	26,5	6,3	34,2	16,3
Новосибирская область	-4303,1	74,8	14,4	13,7	12,7	27,4	5,5	24,5	13
Омская область	-4878,2	55,6	11	11,4	8,3	18,6	3,1	11,1	11,3
Томская область	-4616,8	43,1	14,5	17,1	15,2	28	6,5	27,9	16,9
Дальневосточный федеральный округ	26,3	80,0	9,4	13,2	12,8	22,2	4,0	28,9	11,9
Республика Бурятия	-999,9	82,2	8,5	11,4	11,3	23,5	3,1	24,9	10,4
Республика Саха (Якутия)	161,1	102,0	7,8	13,2	14,6	26	3,3	27,7	13,9
Забайкальский край	-1048,6	87,3	9,1	13,9	12	23,4	4,1	30,6	9,6
Приморский край	-2780,7	80,2	12,3	14	13	25,6	4,3	26,7	13,3
Хабаровский край и Еврейская АО	-858,3	90,7	12,4	12,8	12,4	22,6	4,1	27,5	13
Амурская область	9395,9	197,8	8,8	14,5	13,1	22,2	4,3	28,9	12,5
Еврейская АО	-1829,4	0,0	8,2	12,7	12,8	17,1	4,4	32,6	11,2

Результаты исследования

Решением первой задачи являются результаты расчета ПрЭл и Эпп в федеральных округах (как средние арифмети-

ческие входящих в них регионов) и доли регионов с отрицательными значениями ПрЭл в каждом федеральном округе, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Мониторинг устойчивости ТЭК в региональной экономике России в разрезе федеральных округов в 2023 г. [4]

Table 2 – Monitoring the sustainability of the fuel and energy complex in the regional economy of Russia by federal districts in 2023 [4]

Федеральный округ	ПрЭл, кВт/ч	Эпп, %	Доля регионов с отрицательным ПрЭл, %
Центральный	339,28	137,10	70,59
Северо-Западный	1256,30	87,23	55,56
Южный	589,45	105,72	83,33
Северо-Кавказский	-232,43	55,51	75,00
Приволжский	-693,54	83,21	78,57
Уральский	3041,40	97,08	50,00
Сибирский	1181,24	82,38	66,67
Дальневосточный	26,34	80,03	75,00

Обзор результатов из таблицы 2 позволяет дать следующую качественную трактовку достаточности электроэнергии для удовлетворения внутренних нужд в ней в каждом федеральном округе.

Дефицит электроэнергии в 2023 г. и, соответственно, неустойчивость ТЭК наблюдается в региональной экономике Приволжского (дефицит электроэнергии наблюдается в 78,57 % регионов, общий дефицит в объеме 693,54 кВт/ч, производство в среднем удовлетворяет потребление электроэнергии на 83,21 %) и Северо-Кавказского (дефицит электроэнергии наблюдается в 75,00 % регионов, общий дефицит в объеме 232,43 кВт/ч, производство в среднем удовлетворяет потребление электроэнергии на 55,51 %) федерального округа.

Остальные федеральные округа России в 2023 г. в целом характеризуются энергодостаточностью региональной экономики, но неполной устойчивостью ТЭК. Так, дефицит электроэнергии наблюдается в 70,59 % регионах Центрального, в 55,56 % регионах Северо-Западного (производство в среднем удовлетворяет потребление электроэнергии на 87,23 %), в 83,33 % регионах Южного, в 50,00 % регионах Уральского (произ-

водство в среднем удовлетворяет потребление электроэнергии на 97,08 %), в 66,67 % регионах Сибирского (производство в среднем удовлетворяет потребление электроэнергии на 82,38 %) и в 75,00 % регионов Дальневосточного (производство в среднем удовлетворяет потребление электроэнергии на 80,03 %) федерального округа России.

Решением второй задачи являются результаты произведенной методами корреляционного и регрессионного анализа оценки влияния технологических факторов на энергодостаточность регионов России. Модель (1) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Центральном федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{ц}} = & 1022,71 - 47,96 \text{ЦТер}_{\text{ц}} + \\ & 0,74 \text{ЦТгис}_{\text{ц}} + 91,91 \text{ЦТивш}_{\text{ц}} - 1,83 \text{ЦТобл}_{\text{ц}} - \\ & - 28,07 \text{ЦТики}_{\text{ц}} - 10,02 \text{ЦТбдн}_{\text{ц}} - 60,55 \text{ЦТцпл}_{\text{ц}}, \\ & R^2 = 0,6670. \end{aligned} \quad (1)$$

Исходя из модели (1), в Центральном федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устойчивость ТЭК в регионах на 66,70 %. При этом положительно влияют на энергодостаточность регионов такие технологические факторы, как доля предприятий, задействующих геоинформационные си-

стемы (ЦТгис) и интернет вещей (ЦТивщ). Модель (2) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Северо-Западном федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{сз}} = & 480,05 + 18,87\text{ЦТер}_{\text{сз}} - \\ & 33,51\text{ЦТгис}_{\text{сз}} + 35,53\text{ЦТивщ}_{\text{сз}} - 3,46\text{ЦТобл}_{\text{сз}} - \\ & - 72,84\text{ЦТи́ки}_{\text{сз}} - 9,32\text{ЦТбдн}_{\text{сз}} + 7,98\text{ЦТцпл}_{\text{сз}}, \\ & R^2 = 0,9824. \end{aligned} \quad (2)$$

Исходя из модели (2), в Северо-Западном федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устойчивость ТЭК в регионах на 98,24 %. При этом положительно влияют на энергодостаточность регионов такие технологические факторы, как доля предприятий, задействующих ERP-системы (ЦТер), интернет вещей (ЦТивщ) и цифровые платформы (ЦТцпл). Модель (3) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Южном федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{ю}} = & 257,76 + 79,13\text{ЦТер}_{\text{ю}} + 0,48\text{ЦТгис}_{\text{ю}} + \\ & + 0\text{ЦТивщ}_{\text{ю}} - 10,18\text{ЦТобл}_{\text{ю}} + \\ & + 0\text{ЦТи́ки}_{\text{ю}} + 72,15\text{ЦТбдн}_{\text{ю}} - 195,85\text{ЦТцпл}_{\text{ю}}, \\ & R^2 = 0,99,00. \end{aligned} \quad (3)$$

Исходя из модели (3), в Южном федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устойчивость ТЭК в регионах на 99,00 %. При этом положительно влияют на энергодостаточность регионов такие технологические факторы, как доля предприятий, задействующих ERP-системы (ЦТер), геоинформационные системы (ЦТгис) и большие данные (ЦТбдн). Модель (4) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Северо-Кавказском федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{ск}} = & 189,73 + 8,23\text{ЦТер}_{\text{ск}} + 0,56\text{ЦТгис}_{\text{ск}} + \\ & + 10,06\text{ЦТивщ}_{\text{ск}} - 6,19\text{ЦТобл}_{\text{ск}} + 0\text{ЦТи́ки}_{\text{ск}} - \\ & - 17,83\text{ЦТбдн}_{\text{ск}} + 19,75\text{ЦТцпл}_{\text{ск}}, \\ & R^2 = 0,9900. \end{aligned} \quad (4)$$

Исходя из модели (4), в Северо-Кавказском федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устойчивость ТЭК в регионах на 99,00 %. При этом положительно влияют на энергодостаточность регионов такие технологические факторы, как доля предприятий, задействующих ERP-системы (ЦТер), гео-

информационные системы (ЦТгис), интернет вещей (ЦТивщ) и цифровые платформы (ЦТцпл). Модель (5) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Приволжском федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{п}} = & -45,86 - 2,97\text{ЦТер}_{\text{п}} + 4,00\text{ЦТгис}_{\text{п}} - \\ & - 19,72\text{ЦТивщ}_{\text{п}} - 11,28\text{ЦТобл}_{\text{п}} + 48,79\text{ЦТи́ки}_{\text{п}} + \\ & + 9,55\text{ЦТбдн}_{\text{п}} + 14,22\text{ЦТцпл}_{\text{п}}, \\ & R^2 = 0,5697. \end{aligned} \quad (5)$$

Исходя из модели (5), в Приволжском федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устойчивость ТЭК в регионах на 56,97 %. При этом положительно влияют на энергодостаточность регионов такие технологические факторы, как доля предприятий, задействующих геоинформационные системы (ЦТгис), искусственный интеллект (ЦТи́ки), большие данные (ЦТбдн) и цифровые платформы (ЦТцпл). Модель (6) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Уральском федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{у}} = & 89,05 + 0\text{ЦТер}_{\text{у}} - 2,26\text{ЦТгис}_{\text{у}} + \\ & + 0\text{ЦТивщ}_{\text{у}} + 0\text{ЦТобл}_{\text{у}} + 0\text{ЦТи́ки}_{\text{у}} + 10,51\text{ЦТбдн}_{\text{у}} - \\ & - 16,78\text{ЦТцпл}_{\text{у}}, R^2 = 0,9900. \end{aligned} \quad (6)$$

Исходя из модели (6), в Уральском федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устойчивость ТЭК в регионах на 99,00 %. При этом положительно влияет на энергодостаточность регионов такой технологический фактор, как доля предприятий, задействующих большие данные (ЦТбдн). Модель (7) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Сибирском федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{с}} = & -1258,58 + 9,52\text{ЦТер}_{\text{с}} + 52,90\text{ЦТгис}_{\text{с}} + \\ & + 719,24\text{ЦТивщ}_{\text{с}} + 38,65\text{ЦТобл}_{\text{с}} - \\ & - 1013,73\text{ЦТи́ки}_{\text{с}} - 65,64\text{ЦТбдн}_{\text{с}} - 196,41\text{ЦТцпл}_{\text{с}}, \\ & R^2 = 0,9618. \end{aligned} \quad (7)$$

Исходя из модели (7), в Сибирском федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устойчивость ТЭК в регионах на 96,18 %. При этом положительно влияют на энергодостаточность регионов такие технологические факторы, как доля предприятий, задействующих ERP-системы (ЦТер), гео-

информационные системы (ЦТгис), интернет вещей (ЦТивш) и облачные сервисы (ЦТобл). Модель (8) влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК в Дальневосточном федеральном округе приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Эпп}_{\text{дв}} = & -805,83 - 102,14 \text{ЦТгис}_{\text{дв}} + 36,89 \text{ЦТгис}_{\text{дв}} - \\ & -415,12 \text{ЦТивш}_{\text{дв}} + 58,38 \text{ЦТобл}_{\text{дв}} + \\ & + 0 \text{ЦТики}_{\text{дв}} + 82,55 \text{ЦТбдн}_{\text{дв}} + 249,91 \text{ЦТцпл}_{\text{дв}}, \\ & R^2 = 0,9900. \end{aligned} \quad (8)$$

Исходя из модели (8), в Дальневосточном федеральном округе факторы цифровой экономики определяют устой

чивость ТЭК в регионах на 99,00 %. При этом положительно влияют на энергодостаточность регионов такие технологические факторы, как доля предприятий, задействующих геоинформационные системы (ЦТгис), облачные сервисы (ЦТобл), большие данные (ЦТбдн) и цифровые платформы (ЦТцпл).

Решением третьей задачи является соотношение устойчивого развития ТЭК федеральных округов России при переходе входящих в состав их регионов к умной энергетике (рис. 1).

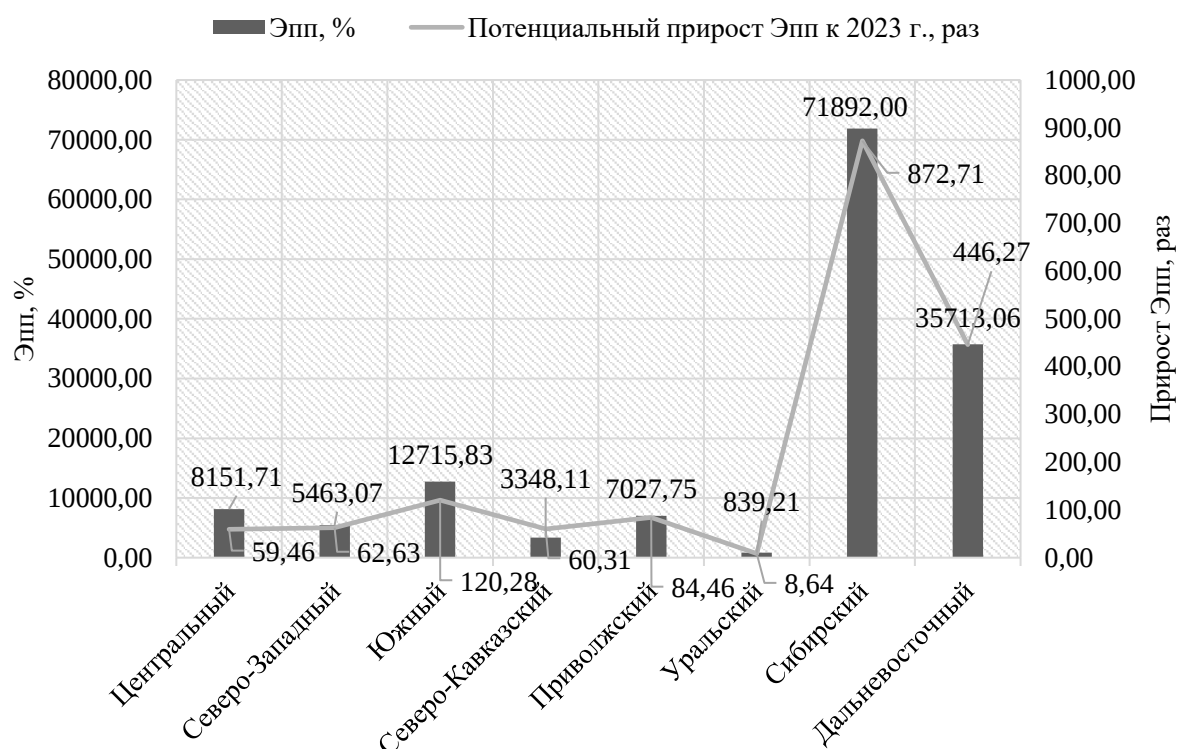


Рисунок 1 – Потенциальное соотношение производства и потребления электроэнергии при оптимизации влияния на ТЭК технологических факторов
Figure 1 – Potential ratio of production and consumption of electricity when optimizing the impact of technological factors on the fuel and energy complex

Как следует из данных, представленных на рисунке 1, в перспективе до 2030 г. все федеральные округа России обладают значительным потенциалом повышения устойчивости ТЭК. Согласно авторскому прогнозу, соотношение производства и потребления электроэнергии может возрасти вплоть до 8151,71 % (в 59,46 раз) в Центральном, вплоть до 5463,07 % (в 62,63 раза) в Северо-Запад-

ном, вплоть до 12 715,83 (в 120,28 раз) в Южном, вплоть до 3348,11 (в 60,31 раз) в Северо-Кавказском, вплоть до 7027,75 (в 84,46 раз) в Приволжском, вплоть до 839,21 (в 8,64 раз) в Уральском, вплоть до 71 892,00 (в 872,71 раз) в Сибирском и вплоть до 35 713,06 (в раз) в Дальневосточном федеральном округе.

Для практической реализации выявленной перспективы потребуется оп-

тимизации влияния на ТЭК технологических факторов в каждом федеральном округе следующим образом:

- Центральный: увеличение доли предприятий, задействующих геоинформационные системы, в 7,37 раз и интернет вещей – в 7,41 раз;

- Северо-Западный: повышение доли предприятий, задействующих ERP-системы, в 7,14, интернет вещей – в 7,44 раз и цифровые платформы – в 6,63 раз;

- Южный: наращивание доли предприятий, задействующих ERP-системы, в 9,36 раз, геоинформационные системы – в 8,17 раз и большие данные – в 4,21 раз;

- Северо-Кавказский: прирост доли предприятий, задействующих ERP-системы, в 8,81 раз, геоинформационные системы – в 7,61 раз; интернет вещей – в 5,85 раз и цифровые платформы – в 6,70 раз;

- Приволжский: увеличение доли предприятий, задействующих геоинформационные системы, в 8,03 раз, искусственный интеллект – в 18,84 раз, большие данные – в 4,51 раз и цифровые платформы – в 7,47 раз;

- Уральский: увеличение доли предприятий, задействующих большие данные, в 3,40 раз;

- Сибирский: приращение доли предприятий, задействующих ERP-системы, в 8,72 раз, геоинформационные системы – в 7,49 раз, интернет вещей – в 8,49 раз и облачные сервисы – в 4,13 раз;

- Дальневосточный: увеличение доли предприятий, задействующих геоинформационные системы в 7,60 раз, облачные сервисы – в 4,51 раз, большие данные – в 3,46 раз и цифровые платформы – в 8,41 раз.

Обсуждение и заключение

Главный вывод этого исследования состоит в том, что цифровые технологии имеют решающее значение для образования и развития умных сетей электроснабжения в регионах России, но

набор наиболее значимых технологий различается среди федеральных округов.

Обобщим важнейшие результаты, полученные в итоге этого исследования, подтверждающие авторский вывод.

Проведен мониторинг устойчивости ТЭК в региональной экономике России в разрезе федеральных округов в 2023 г., выявивший признаки неполной устойчивости ТЭК во всех федеральных округах России в 2023 г. и наиболее острый энергодефицит в Приволжском и Северо-Кавказском федеральном округе.

Составлены экономико-математические модели влияния цифровой экономики на устойчивость ТЭК для каждого федерального округа России. Благодаря этим моделям конкретизированы технологические факторы перехода к умной энергетике в региональной экономике России с учетом специфики ее федеральных округов.

Спрогнозирована перспектива устойчивого развития ТЭК в регионах России при условии оптимизации влияния технологических факторов, а также предложены авторские рекомендации по наращиванию активности задействования наиболее значимых цифровых технологий предприятиями ТЭК в каждом федеральном округе.

Авторские выводы обладают теоретической значимостью, обеспечив более системную и углубленную проработку методических и прикладных вопросов государственного администрирования создания и развития умных региональных сетей электроснабжения в региональной экономике России, а также раскрыв специфику федеральных округов.

Научно-практические разработки и рекомендации, приведенные в этом исследовании, обладают эмпирической значимостью, так как поддерживают стратегический переход регионов России к умной энергетике до 2030 г.

Список литературы

1. *Армашова-Тельник, Г. С.* Северо-Западный регион: специфика применения цифровых технологий в энергетике // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2022. – № 4. – С. 74-82.
2. Индикаторы цифровой экономики: 2022 : стат. сб. [Электронный ресурс]. – URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/780810055.pdf> (дата обращения: 25.11.2024).
3. *Мацедонский, М. А.* Развитие логистической системы ветроэнергетики в Ростовской области // Вестник РГЭУ (РИНХ). – 2023. – № 1 (81). – С. 33-36.
4. Рейтинг энергодостаточности регионов – 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <http://vid1.rian.ru/ig/ratings/energodeficit012021.pdf> (дата обращения: 25.11.2024).
5. Стратегическое направление в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 г. : утв. Распоряжением Правительства РФ от 12.03.2024 № 581-р.
6. *Татаркина, Л. А., Комиссаров, В. Д.* Вопросы управления рисками на предприятиях нефтегазовой отрасли // Вестник РГЭУ (РИНХ). – 2023. – Т. 30, № 4. – С. 95-104.
7. Examining public private partnership investment in energy towards achieving sustainable development goal 7 for ASEAN region / M. Hossin, D. Alemzero, H. Abudu, L. Mu, B. Panichakarn // Scientific Reports. – 2024. – № 14 (1). – P. 16398.
8. State regulation policy in the investment sphere as a key factor in ensuring inclusive growth and sustainable economic development / A. Inshakova, D. Matytsin, E. Inshakova // Remote Investment Transactions in the Digital Age. Intelligent Systems Reference Library. – 2024. – № 250. – P. 3-9.
9. Two-stage optimal scheduling for flexibility and resilience tradeoff of PV-battery building via smart grid communication / X. Liang, W. Ge, Z. Zhang, X. Jin, Z. Du // Sustainable Cities and Society. – 2024. – № 116. – P. 105919.
10. A detection based on particle filtering and multivariate time-series anomaly

detection via graph attention network for automatic voltage control attack in smart grid / Z. Lu, G. Zhao, X. Kong, X. Guo, J. Zhang // Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2022. – № 40. – P. 101494.

11. Transformation of settlement relations in the context of Industry 4.0: Conversion of blockchain club's crypto-codes into legitimate analogues / D. Matytsin, A. Inshakova, A. Goncharov // Sustainable Development Risks and Risk Management. Advances in Science, Technology & Innovation / E. Popkova (eds.). – 2023. – P. 43-46.

12. *Popkova, E.* Smart Technologies and Innovations in E-Business. – 2024. – P. 281.

13. ESG management of digital business using big data and artificial intelligence (AI) in support of the green economy in Russia and Central Asia / K. Samieva, I. Saenko, V. Menshchikova, A. Smetanin // ESG Management of the Development of Green Economy in Central Asia. – 2023. – P. 3-11.

14. Investigation and performance optimization of modular multilevel converter-based HVDC systems for smart grids: control, harmonic analysis and power quality enhancement / A. Shufian, N. Hannan, S. Kabir, S. Fattah // Smart Grids and Sustainable Energy. – 2024. – № 9 (2). – P. 41.

15. *Xing, Y.* Under the goal of sustainable development, do regions with higher energy intensity generate more green innovation? Evidence from Chinese cities // Sustainability. – 2024. – № 16 (15). – P. 6679.

References

1. *Armašova-Telnik, G.* North-West region: specifics of digital technologies application in energy sector // RISK: Resources, Information, Supply, Competition. – 2022. – № 4. – P. 74-82.

2. Digital economy indicators: 2022 : statistical digest [Electronic resource]. – URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/780810055.pdf> (date of access: 25.11.2024).

3. *Matsedonsky, M.* Development of wind energy logistics system in Rostov region // Vestnik of RSUE (RINH). – 2023. – № 1 (81). – P. 33-36.

4. Energy sufficiency rating of regions – 2022 [Electronic resource]. – URL: <http://vid1.rian.ru/ig/ratings/energodeficit012021.pdf> (date of access: 25.11.2024).

5. Strategic direction in the field of digital transformation of the fuel and energy complex until 2030 : approved by the Order of Government of Russian Federation from 12.03.2024 № 581-р.

6. Tatarina, L., Komissarov, V. Risk management issues at oil and gas industry enterprises // Vestnik of RSUE (RINH). – 2023. – Vol. 30, № 4. – P. 95-104.

7. Examining public private partnership investment in energy towards achieving sustainable development goal 7 for ASEAN region / M. Hossin, D. Alemzero, H. Abudu, L. Mu, B. Panichakarn // Scientific Reports. – 2024. – № 14 (1). – P. 16398.

8. State regulation policy in the investment sphere as a key factor in ensuring inclusive growth and sustainable economic development / A. Inshakova, D. Matytsin, E. Inshakova // Remote Investment Transactions in the Digital Age. Intelligent Systems Reference Library. – 2024. – № 250. – P. 3-9.

9. Two-stage optimal scheduling for flexibility and resilience tradeoff of PV-battery building via smart grid communication / X. Liang, W. Ge, Z. Zhang, X. Jin, Z. Du // Sustainable Cities and Society. – 2024. – № 116. – P. 105919.

10. A detection based on particle filtering and multivariate time-series anomaly detection via graph attention network for

automatic voltage control attack in smart grid / Z. Lu, G. Zhao, X. Kong, X. Guo, J. Zhang // Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2022. – № 40. – P. 101494.

11. Transformation of settlement relations in the context of Industry 4.0: Conversion of blockchain club's crypto-codes into legitimate analogues / D. Matytsin, A. Inshakova, A. Goncharov // Sustainable Development Risks and Risk Management. Advances in Science, Technology & Innovation / E. Popkova (eds.). – 2023. – P. 43-46.

12. Popkova, E. Smart Technologies and Innovations in E-Business. – 2024. – P. 281.

13. ESG management of digital business using big data and artificial intelligence (AI) in support of the green economy in Russia and Central Asia / K. Samieva, I. Saenko, V. Menshchikova, A. Smetanin // ESG Management of the Development of Green Economy in Central Asia. – 2023. – P. 3-11.

14. Investigation and performance optimization of modular multilevel converter-based HVDC systems for smart grids: control, harmonic analysis and power quality enhancement / A. Shufian, N. Hannan, S. Kabir, S. Fattah // Smart Grids and Sustainable Energy. – 2024. – № 9 (2). – P. 41.

15. Xing, Y. Under the goal of sustainable development, do regions with higher energy intensity generate more green innovation? Evidence from Chinese cities // Sustainability. – 2024. – № 16 (15). – P. 6679.

Об авторах:

Землячева Екатерина Анатольевна, к. ю. н., доцент кафедры гражданского и международного частного права, Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия, 89162110211@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

About the Authors:

Ekaterina Zemlyacheva, Cand. Sci. (Law), Associate Professor of the Department of Civil and International Private Law, Volgograd State University, Volgograd, Russia, 89162110211@mail.ru

Conflict of Interest: The authors declare no conflicts of interest.