

ВЫЗОВЫ XXI ВЕКА И СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ



Т. Г. ЗОРИНА, А. Д. МАТЮШЕНКО

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Для сравнительного анализа авторами были выбраны различные невозобновляемые энергетические установки (атомная электростанция, атомная электростанция с малым модульным модулятором, тепловая электростанция на угле, мини-тепловая станция на базе двигателя внутреннего сгорания, электростанция на топливном элементе) и альтернативные энергетические установки (электростанция на биомассе с древесной щепой, электростанция на биомассе с древесной щепой и углем, геотермальная электростанция, мини-тепловая станция на базе двигателя внутреннего сгорания на свалочном газе, накопительная гидроэлектростанция, наземная и прибрежная ветроэлектростанции, солнечная электростанция башенного типа, солнечная фотоэлектрическая станция). Проведенный анализ включал рассмотрение технико-экономических показателей работы электростанций: коэффициент использования установленной мощности, коэффициент полезного действия, номинальная мощность, годовая выработка электроэнергии, инвестиционные затраты, постоянные и переменные операционные затраты, срок эксплуатации, производственная себестоимость. Для выявления эффективности работы традиционных и альтернативных электростанций был проведен анализ экономических показателей с помощью прямого ранжирования, который показал преимущество гидроэлектростанций и уязвимость геотермальных и электростанций на биомассе (древесная щепа). Авторы подчеркивают, что для более детальной обработки информации стоит проводить комплексный анализ с учетом экологических и социальных факторов.

Ключевые слова: энергетика; традиционные источники энергии; возобновляемые источники энергии; концепция устойчивого развития; экономическая эффективность; сравнительный анализ.

УДК 338.23

Татьяна Геннадьевна ЗОРИНА (tanyazorina@tut.by), доктор экономических наук, профессор кафедры логистики и ценовой политики Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

Ангелина Дмитриевна МАТЮШЕНКО (admatyushenko@gmail.com), преподаватель кафедры аналитической экономики и эконометрики Белорусского государственного университета (г. Минск, Беларусь);

Введение. Стремительный демографический рост, глобальное неравенство в уровне жизни, быстро растущий средний класс, наращивание объемов выпуска товаров, услуг и продуктов питания, а также исчерпание природных ресурсов, рост выбросов углекислого газа и ухудшение состояния окружающей среды привели к необходимости поиска различных альтернативных методов экономического развития. Проблема экологических изменений возникла в связи с быстрым экономическим ростом. В ответ на растущие проблемы была разработана концепция устойчивого развития, которая предполагает, что экономическое развитие не должно препятствовать сохранению экологических ценностей. В содержание концепции устойчивого развития входит принцип справедливости, равенства внутри и между поколениями и принцип рационального использования ресурсов окружающей среды. С экологической точки зрения оно включает в себя деятельность, связанную с изменением моделей потребления и использованием экологически чистых технологий для защиты природных ресурсов Земли [1].

Основная часть. Концепция устойчивого развития в широком понимании — это глобальная концепция, разработанная для решения задач и проблем XXI в. Она опирается на системное мышление для понимания многочисленных и взаимных отношений между окружающим миром, экономикой и обществом. Устойчивое развитие не является единой, узко определенной категорией. Это развивающаяся концепция, меняющаяся во временных и пространственных рамках, а также по масштабам и учитывающая различия в системах ценностей. Она должна характеризоваться долгосрочным взглядом на применение экологических принципов, экономичное использование природных ресурсов и разумное использование природного капитала, а также опираться на принципы справедливости.

В то же время следует четко понимать, что устойчивое развитие — это не равновесие в отношениях между экономикой, обществом или природой, а выбор степени устойчивости. Именно степень устойчивости определяет акцент, который делается на защите окружающей среды и сохранении природного капитала по отношению к потребностям экономики и общества, а сама концепция устойчивости определяет направленность на обеспечение экологического баланса. Существует общее мнение, что экономическая деятельность должна быть совместима с использованием возобновляемых природных ресурсов, обеспечивающих устойчивость, с защитой экосистемных услуг и экосистемных сервисов, сохранением биоразнообразия, предотвращением необратимого ущерба окружающей среде и природе.

Особое значение для будущего человечества имела Конвенция Рио 1992 г., которая привела к разработке концепции устойчивого развития и задала начало новой стадии развития. Она положила начало дискуссии о взаимосвязи между экономическим ростом и защитой окружающей среды. По итогам конференции были разработаны основные направления действий по обеспечению устойчивого развития. Комплексный план действий для ООН, национальных правительств и групп гражданского населения был опубликован в документе «Повестка дня на XXI век» [2].

Наступление экономического кризиса, обеднение многих слоев населения, рост уровня безработицы и сокращение природных ресурсов обусловили необходимость разработки новых целей устойчивого развития. С этим намерением, спустя 20 лет после конференции в Рио, ООН созвала новый саммит «Рио + 20».

В 2015 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла 17 Целей устойчивого развития (ЦУР) в составе документа «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». В их числе — Цель 7 — обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и

современным источникам энергии для всех, которая устанавливает следующие задачи на 2030 г.: всеобщий доступ к недорогой, надежной и современной энергии; значительное увеличение доли возобновляемых источников энергии в глобальном энергобалансе; удвоение глобального показателя энергоэффективности; укрепление международного сотрудничества для облегчения доступа к экологическим исследованиям и технологиям, развитие инфраструктуры и технологий для обеспечения современного и устойчивого энергоснабжения для всех в развивающихся странах [3].

Экономика каждой из развитых стран в значительной степени зависит от использования различных видов топлива и энергии. Истощение запасов ископаемых видов топлива и выброс большого количества всевозможных загрязняющих веществ, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду в результате их сжигания, повлечут за собой постепенное снижение использования традиционных источников энергии и, в частности, их замену на возобновляемые источники энергии [4].

Следует дать определение понятиям «невозобновляемые» и «возобновляемые» источники энергии.

Невозобновляемые (традиционные) источники энергии создавались в течение миллионов лет в результате воздействия природных процессов и имеют ограниченный запас. Наиболее важными из них являются уголь, бурый уголь, природный газ, нефть и уран. Невозобновляемое сырье для производства энергии можно разделить на три категории: твердые вещества, жидкости и газы. Они могут быть использованы для производства электричества, тепла и механической энергии.

Стремительное экономическое развитие и постоянный демографический рост влекут за собой ускоренное истощение невозобновляемых ресурсов для производства энергии, что привело к необходимости поиска альтернативных возобновляемых источников энергии. К ним относятся солнечная, ветровая, гидроэнергия, геотермальная энергия и энергия биомассы.

Возобновляемые источники энергии Б. В. Лукутин определяет как те, которые не сокращаются или возобновляются в краткосрочной перспективе для производства тепла, электричества или механической энергии. В связи с тем, что каждый источник энергии отличается от другого, невозможно дать единое определение. Закон об энергетике идентифицирует возобновляемые источники энергии как «...источники, использующие энергию ветра, солнечное излучение, геотермальную энергию, волны, морские течения и приливные течения, речные водопады, а также энергию из биомассы, биогаза со свалок и биогаза, получаемого в результате удаления или очистки сточных вод или разложения хранящихся растительных и животных отходов» [5].

Возобновляемые источники энергии занимают особое место в устойчивом развитии энергетике. В первом десятилетии этого века часто отмечалось, что трудно представить ситуацию, в которой вся приобретаемая энергия поступала бы исключительно из возобновляемых источников. В качестве главных факторов, препятствующих этому, назывались ограниченность человеческих возможностей для хранения энергии, высокая стоимость, отсутствие возможности массового производства и, прежде всего, отсутствие политической власти. Необходимо отметить, что понятие возобновляемой энергии отличается и является более широким, поскольку включает в себя все источники с относительно длительным жизненным циклом и низким воздействием на окружающую среду.

В настоящее время энергоэффективность растет, а цены на возобновляемые источники энергии падают. Следовательно, в долгосрочной перспективе повышение энергоэффективности должно способствовать развитию возобновляемых источников энергии, что подчеркивается практически во всех заявлениях о развитии возобновляемой энергетике. Итак, энергетическая политика

и стратегия развития должны отдавать предпочтение тем видам энергии, запасы которых потенциально неограниченны. Такой подход должен привести к усилиям по развитию энергетического сектора на устойчивой основе. Широкое использование возобновляемых источников энергии будет способствовать большей территориальной, социальной и экономической сплоченности.

Для анализа экономических факторов были выбраны различные технологии генерации электроэнергии:

- АЭС с малым модульным реактором (ММР);
- ТЭС на угле;
- мини-ТЭС на базе двигателя внутреннего сгорания (мини-ТЭС);
- топливный элемент (ТЭ);
- АЭС;
- биомасса древесная щепа (биомасса Д);
- биомасса древесная щепа и 10 % угля (биомасса ДУ);
- геотермальная электростанция (геоЭС);
- мини-ТЭС на базе двигателя внутреннего сгорания на свалочном газе (мини-ТЭС на СГ);
- гидроэлектростанция накопительного типа (ГЭС);
- наземная ветроэлектростанция (ВЭС наземная);
- прибрежная ветроэлектростанция (ВЭС прибрежная);
- солнечная электростанция башенного типа (башенная СЭС);
- солнечная фотоэлектрическая станция (СФЭС).

Технико-экономические показатели работы электростанций представлены на рис. 1 – 8 [6; 7].

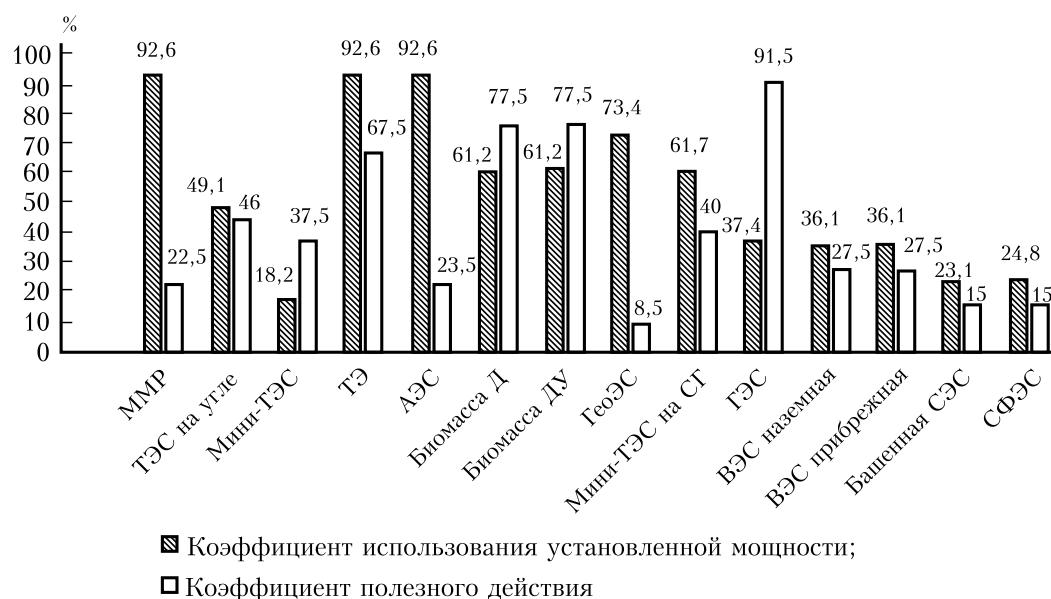


Рис. 1. Коэффициент использования установленной мощности и коэффициент полезного действия традиционных и альтернативных источников энергии, %

Примечание: наша разработка на основе данных [6; 7].

На рис. 1 видно, что наибольший коэффициент установленной мощности у АЭС, АЭС с малым модульным реактором, топливных элементов — 92,6 %, наименьший показатель — у мини-ТЭС на базе двигателя внутреннего сгорания (18,2 %). Коэффициент полезного действия с большим преимуществом

выше у гидроэлектростанций — 91,5 %, наименьший — 8,5 % у геотермальных электростанций.

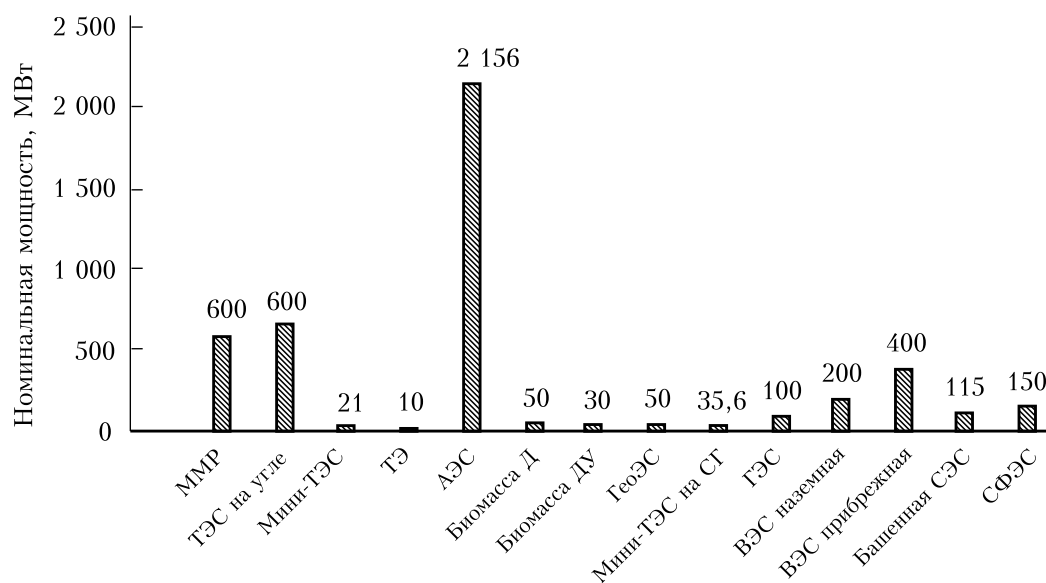


Рис. 2. Номинальная мощность традиционных и альтернативных источников энергии, МВт

Примечание: наша разработка на основе данных [6].

Согласно данным рис. 2 наивысший показатель номинальной мощности принадлежит АЭС со значением 2 156 МВт, минимальный — у электростанций с топливным элементом — 10 МВт.

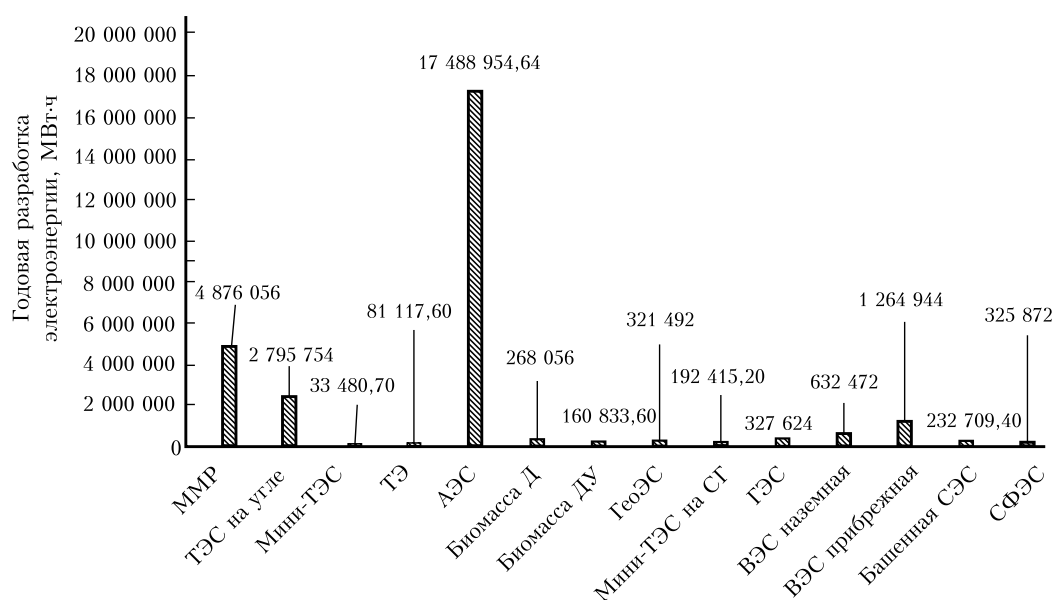


Рис. 3. Годовая выработка электроэнергии традиционных и альтернативных источников энергии, МВт·ч

Примечание: наша разработка на основе данных [6].

Исходя из рис. 3, атомная электростанция вырабатывает наибольшее количество электроэнергии в год — 17 488 954,6 МВт·ч, в связи с высокой

номинальной мощностью электростанции. Минимальное значение — 321 492 МВт·ч принадлежит геотермальной электростанции.

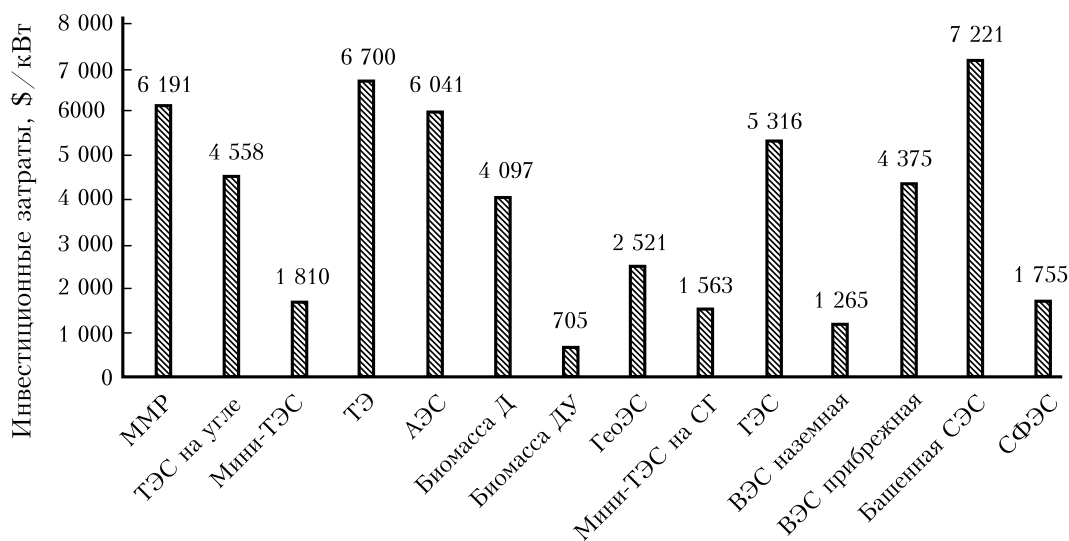


Рис. 4. Инвестиционные затраты для традиционных и альтернативных источников энергии, \$/кВт

Примечание: наша разработка на основе данных [6].

Показатели инвестиционных затрат различных электростанций, представленных на рис. 4, показывают, что наибольших расходов предполагают башенная солнечная электростанция (7 221 \$/кВт), электростанции на топливном элементе (6 700 \$/кВт), АЭС с малым модульным реактором (6 191 \$/кВт), наименьшие затраты предусмотрены у электростанций на биомассе с древесной щепой и углем (705 \$/кВт).

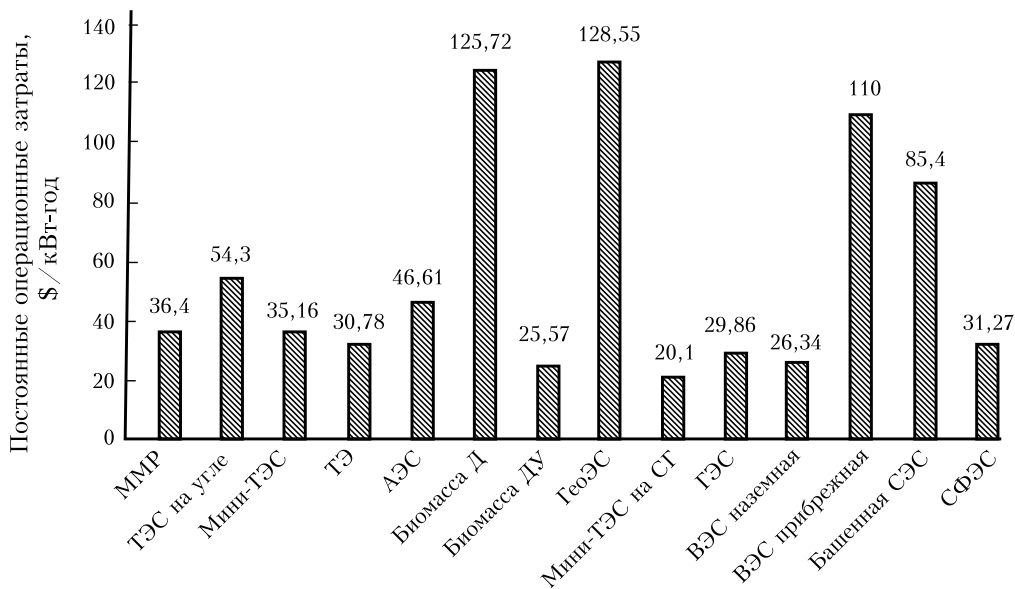


Рис. 5. Постоянные операционные затраты для традиционных и альтернативных источников энергии, \$/кВт-год

Примечание: наша разработка на основе данных [6; 8].

В соответствии с рис. 5 наибольшее количество постоянных операционных затрат требуют геотермальные электростанции (128,55 \$/кВт-год) и электро-

станции на биомассе с древесной щепой (125,72 \$/кВт-год). Мини-ТЭС на базе двигателя внутреннего сгорания на свалочном газе (20,1 \$/кВт-год), электростанции на биомассе с древесной щепой и углем (25,57 \$/кВт-год) и наземные ветроэлектростанции (26,34 \$/кВт-год) предполагают наименьшее количество постоянных операционных затрат.

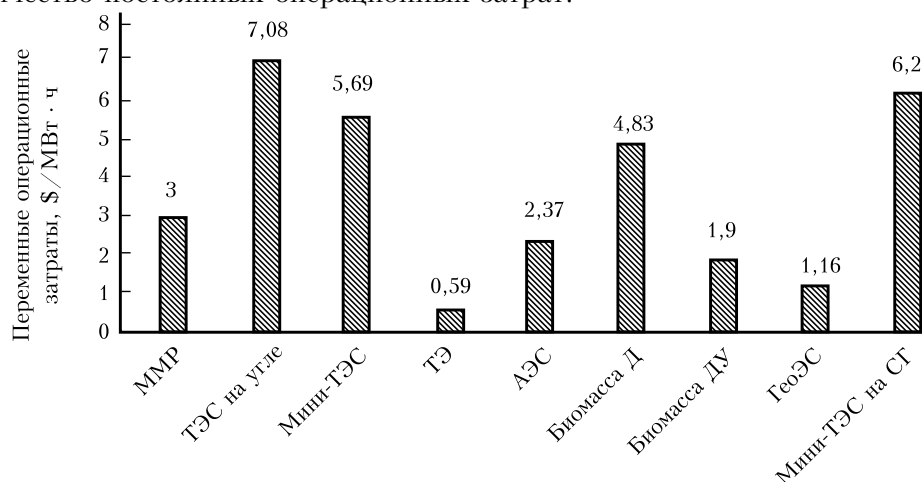


Рис. 6. Переменные операционные затраты для традиционных и альтернативных источников энергии, \$/МВт·ч

Примечание: наша разработка на основе данных [6].

Из рис. 6 следует, что у тепловых электростанций на угле переменные операционные затраты составляют 7,08 \$/МВт·ч, что является наивысшим показателем среди рассматриваемых традиционных и альтернативных электростанций, наименьший у электростанций с топливным элементом со значением 0,59 \$/МВт·ч. Гидроэлектростанции накопительного типа, наземные ветроэлектростанции, прибрежные ветроэлектростанции, солнечные электростанции башенного типа и солнечные фотоэлектрические станции не предусматривают переменных операционных затрат.

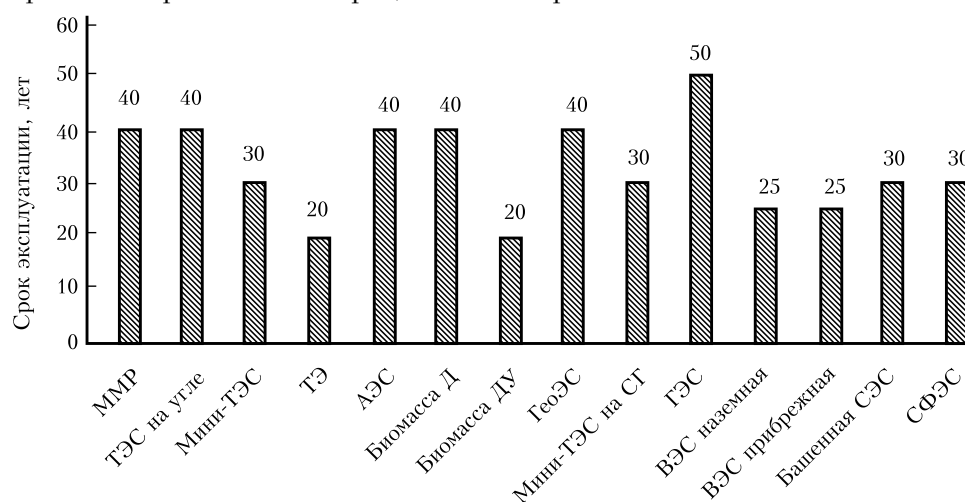


Рис. 7. Срок эксплуатации традиционных и альтернативных источников энергии, лет

Примечание: наша разработка на основе данных [6].

Согласно рис. 7 срок эксплуатации гидроэлектростанции выше, чем у других представленных традиционных и альтернативных источников энергии и составляет 50 лет, далее со значением 40 лет следуют АЭС с малым модуль-

ным реактором, тепловая электростанция на угле, атомная электростанция, электростанция на биомассе с древесной щепой, геотермальная электростанция. Наименьший срок эксплуатации предусмотрен у электростанции с топливным элементом и электростанции на биомассе с древесной щепой и углем.

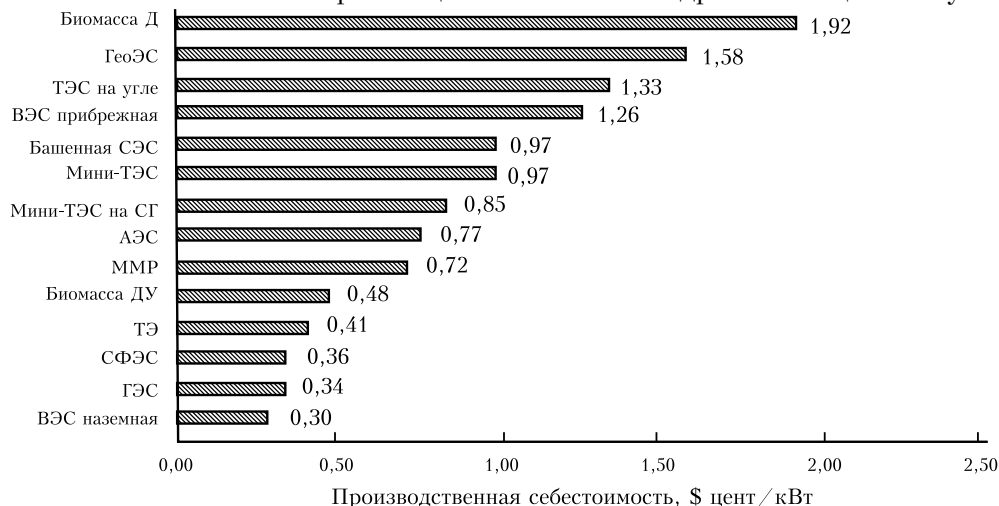


Рис. 8. Производственная себестоимость традиционных и возобновляемых электростанций, \$ цент/кВт·ч

Примечание: наша разработка на основе данных [6; 8].

Основываясь на рис. 8, можно сделать вывод о том, что наименьшая производственная себестоимость у ветроэлектростанции (0,3 \$ цент/кВт·ч) и гидроэлектростанции на топливных элементах (0,34 \$ цент/кВт·ч). Наибольшая производственная себестоимость у электростанции на биомассе с древесной щепой и составляет 1,92 \$ цент/кВт·ч и гидроэлектростанции (1,58 \$ цент/кВт·ч).

Для выявления эффективности работы традиционных и альтернативных электростанций был проведен анализ экономических показателей с помощью прямого ранжирования (т. е. 1 балл — лучший показатель, 14 баллов — худший), представленный на рис. 9.

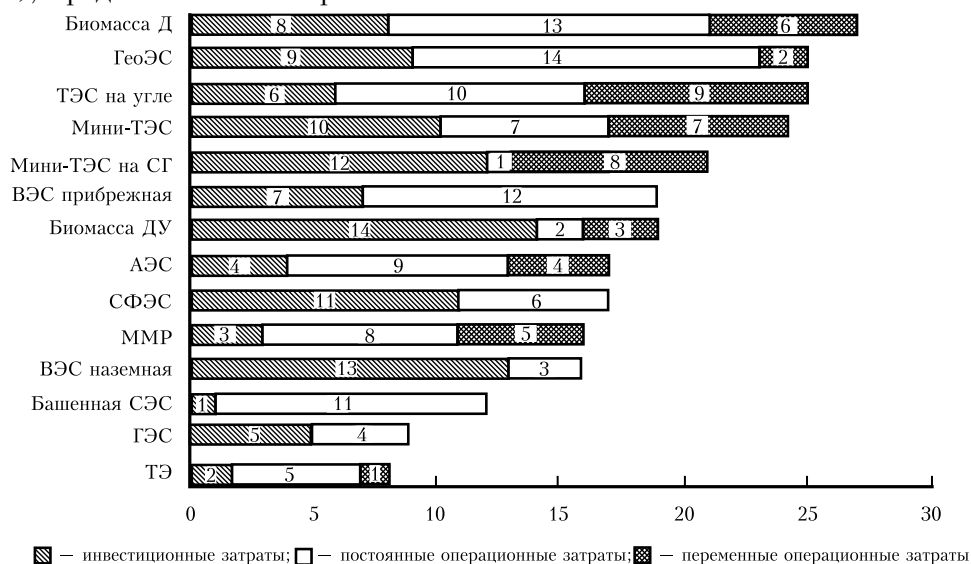


Рис. 9. Прямое ранжирование экономических показателей традиционных и возобновляемых электростанций, балл

Примечание: наша разработка на основе данных [6; 8].

На основе анализа полученных данных, продемонстрированных на рис. 9, можно сделать вывод, что применение электростанций на топливных элементах (9 баллов), гидроэлектростанций (9 баллов) и солнечных электростанций башенного типа (12 баллов) оказывается выгоднее, наиболее затратной является электростанция на биомассе (древесная щепа) (27 баллов).

Заключение. Энергетическая устойчивость является важным элементом устойчивого развития. Согласно [2] для обеспечения устойчивого энергетического развития учитываются различные аспекты эффективности традиционных и альтернативных источников энергии: технологические, экономические, социальные и экологические. В данной статье был проведен анализ экономических и технических показателей работы различных типов электростанций. Проведенное исследование экономической эффективности традиционных и альтернативных видов энергии показало преимущество гидроэлектростанций и уязвимость геотермальных и электростанций на биомассе (древесная щепа) по многим показателям, однако для более детальной обработки информации стоит проводить комплексный анализ с учетом экологических и социальных факторов.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Повестка дня на XXI век [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml. — Дата доступа: 30.04.2023.
2. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml. — Дата доступа: 30.04.2023.
3. Цели в области устойчивого развития [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/>. — Дата доступа: 02.05.2023.
4. Оценка влияния возобновляемых источников энергии на энергетическую безопасность [Электронный ресурс] / О. А. Любчик [и др.] // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). — 2020. — № 31-33. — С. 93–101. — Режим доступа: <https://doi.org/10.15518/isjaee.2020.11.010>. — Дата доступа: 03.05.2023.
5. Лукутин, Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии : учеб. пособие / Б. В. Лукутин. — Томск : Издательство Том. политехн. ун-та, 2008. — 187 с.
6. *Lukutin, B. V. Vozobnovljjaemye istochniki jelektrojenergii [Renewable source of electricity] : ucheb. posobie / B. V. Lukutin. — Tomsk : Izdatel'stvo Tom. politehn. un-ta, 2008. — 187 p.*
7. Report «Capital Cost and Performance Characteristic Estimates for Utility Scale Electric Power Generating Technologies» [Electronic recourse]. — Mode of access: https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capital_cost_AEO2020.pdf. — Date of access: 04.05.2023.
8. Capacity Factors for Utility Scale Generators Primarily Using Fossil Fuels [Electronic recourse]. — Mode of access: https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_04_08_a.html. — Date of access: 04.05.2023.
9. Comparison of operation costs of US NPP's and Krsko NPP [Electronic recourse]. — Mode of access: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/034/29034990.pdf. — Date of access: 04.05.2023.

TATSIANA ZORYNA, ANGELINA MATSIUSHENKA

***COST EFFECTIVENESS OF CONVENTIONAL
AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE
CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT:
A COMPARATIVE ANALYSIS***

Authors affiliation. *Tatsiana ZORYNA* (tanyazorina@tut.by), *Belarus State Economic University (Minsk, Belarus)*; *Angelina MATSIUSHENKA* (admatyushenko@gmail.com), *Belarus State University (Minsk, Belarus)*.

Abstract. Various non-renewable energy plants have been selected for comparative analysis (a nuclear power plant, a nuclear power plant with a small modular reactor, a coal-fired thermal power plant, a mini combustion engine based thermal power plant, a fuel cell based power plant) and alternative energy plants (a biomass power plant with wood chips, a biomass power plant with wood chips and coal, a geothermal power plant, a mini thermal power plant based on landfill gas combustion engine, a storage hydroelectric power station, onshore and offshore wind farms, a solar tower power plant, a solar photovoltaic station). The analysis involved examination of the technical and economic indicators of the power plant operation: the utilisation rate of installed capacity, efficiency factor, rated capacity, annual electricity output, investment costs, fixed and variable operational costs, period of operation, cost of production. In order to identify the efficiency of conventional and alternative power plants, an analysis of economic indicators was carried out using direct ranking, which showed the advantage of hydroelectric power plants and the vulnerability of geothermal and biomass (wood chips) power plants. The authors underline that for a more thorough data processing, it is worth conducting a comprehensive analysis taking into account environmental and social factors.

Keywords: power industry; conventional energy sources; renewable energy sources; concept of sustainable development; economic efficiency; comparative analysis.

UDC 338.23

*Статья поступила
в редакцию 29. 06. 2023 г.*

А. А. ХОРОШЕВИЧ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

В статье исследуются методические основы оценки результативности цифровой трансформации транспортной отрасли. Обозначены сложившиеся подходы к оценке уровня цифрового развития и выделены их слабые и сильные стороны. С учетом отмеченных недостатков разработана специфическая методика, обеспечивающая определение уровня цифровой трансформации транспортной отрасли с высокой степенью объективности, обусловленной оценкой исключительно фактических результатов внедрения цифровых инструментов. Обосновано применение матрицы результативности цифровой трансформации, отражающей позиции национальных транспортных компаний в сопоставлении со странами со схожей экономикой или странами, включенными в единое интеграционное объединение. Сделаны обобщающие выводы и определены возможности практического использования методики.

Александр Анатольевич ХОРОШЕВИЧ (khoroshevich@mail.ru), *кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и логистики Белорусского национального технического университета, начальник УП «Минское отделение Белорусской железной дороги» (г. Минск, Беларусь).*

Вестник Беларускага дзяржаўнага эканамічнага ўніверсітэта