

ISSN 2523-4714
УДК 338.27:330.4

В. П. Ельсуков

Институт бизнеса БГУ, Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Рассматривается модель энергетического взаимодействия как составная часть общей экономической модели предприятия. Анализируется практика и эффективность использования модели при планировании и реализации инвестиционных проектов энергетической направленности, разработке энергетического баланса предприятия, его техническом перевооружении. Дается сопоставимая оценка эффективности использования различных видов энергии для отопления. Вносятся предложения по совершенствованию структуры статистического энергетического баланса национальной экономики.

Ключевые слова: модель энергетического взаимодействия, цена полезного сгорания топлива, экономическая модель предприятия, энергоэффективность

Для цитирования: Ельсуков, В. П. Использование модели энергетического взаимодействия в управлении предприятием / В. П. Ельсуков // Бизнес. Инновации. Экономика : сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. — Минск, 2024. — Вып. 9. — С. 125–132.

U. Yelsukou

School of Business of BSU, Minsk, Belarus

USING THE ENERGY INTERACTION MODEL IN ENTERPRISE MANAGEMENT

The model of energy interaction is considered as an integral part of the overall economic model of the enterprise. The practice and effectiveness of using the model in planning and implementing energy investment projects, developing the energy balance of an enterprise, and its technical re-equipment are analyzed. A comparable assessment of the efficiency of using different types of energy for heating is given. Proposals are made to improve the structure of the statistical energy balance of the national economy.

Keywords: energy interaction model, price of useful fuel combustion, economic model of the enterprise, energy efficiency

For citation: Yelsukou U. Using the energy interaction model in enterprise management / *Biznes. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovations. Economics*. Minsk, 2024, iss. 9, pp. 125–132 (in Russian).

Введение

Расширенное воспроизводство является важнейшим признаком устойчивого развития предприятия. Концептуально модель воспроизводственного процесса до настоящего времени не претерпела значимых изменений, однако ее формат стал существенно более детализированным как на уровне отдельной компании, так и в масштабах национальной экономики.

Наиболее известной моделью, описывающей воспроизводственный процесс на уровне предприятия, является линейная финансово-экономическая модель, которая в том числе кладется в основу при разработке автоматизированной системы управления компанией [1]. В модели воспроизводства критериями эффективности определяются прибыль и ее производные. Для обеспечения динамики данных показателей путем расширенного воспроизводства в современной экономике определяю-

щую роль играют топливно-энергетические ресурсы (ТЭР). Именно они в соединении с другими составляющими процесса производства обеспечивают многократный рост производительности труда и производительности капитала. Однако возрастающие потребности в ТЭР ограничиваются реальными запасами их невозобновляемых источников. Таким образом возникает противоречие между научно-техническим прогрессом и ограниченностью ТЭР для его осуществления.

В соответствии с современными моделями воспроизводства на уровне компании ТЭР относятся на себестоимость; для целей управленческого учета эти затраты детализируются в разрезе видов ТЭР; отдельные компании разрабатывают укрупненный баланс топливно-энергетических ресурсов. В современных условиях для принятия взвешенных решений в этой области в целях рационализации топливно-энергетического баланса, снижения себестоимости, обоснованного прогнозирования энергетической составляющей как части мер по реализации стратегии развития существующего аналитического материала недостаточно.

Поэтому разработка и использование в практике управления на различных уровнях моделей, отражающих более детализированное энергетическое взаимодействие предприятия с контрагентами и внутри компании, на наш взгляд, является актуальной задачей в методологическом и прикладном плане. Во всяком случае, такие модели могут выступать дополнением к существующим подходам планирования территориального размещения объектов энергетики, предприятий – потребителей ТЭР, рационализации структуры потребления ТЭР на действующих предприятиях, при определении вариантов развития (модернизации) энергетической инфраструктуры (системы передачи энергии, ее распределения, преобразования в различные виды). В процессе исследования решались задачи: разработки линейных моделей, позволяющих осуществлять многофакторный анализ и обоснованное прогнозирование энергетической составляющей на уровне предприятия; оценки возможности применения моделей для целей управления. Использовались методы построения линейных экономических моделей, отдельные составляющие методологии разработки статистического баланса топливно-энергетических ресурсов страны, международные рекомендации по энергетической статистике, существующие техники бизнес-анализа.

Результаты и их обсуждение

Исходя из общепринятой методологии потребляемые в воспроизводственном процессе ТЭР на уровне предприятия относятся к предметам труда. В отличие от средств производства (основные средства и нематериальные активы), которые переносят на себестоимость осуществленные ранее капитальные вложения посредством амортизации, что определяет ее как источник финансирования, ТЭР относятся на себестоимость согласно понесенным расходам; в денежных потоках они, как и другие составляющие затрат, за исключением амортизации, уменьшают их величину по операционной деятельности. Это позволяет заключить, что модель энергетического взаимодействия (energy interaction model – ЕИМ, рабочее название термина вводится автором) должна быть увязана с общей финансово-экономической моделью предприятия в первую очередь через себестоимость и направлена на ее рационализацию с учетом фактора взаимодействия условно-постоянных и условно-переменных расходов.

Общая модель энергетического взаимодействия может быть представлена как функция со следующими аргументами:

$$\text{EIM} = f(V, W, Z, E, P, C, H, Q, K, i, j, s, t), \quad (1)$$

где V – объем закупки предприятием энергии в физических измерителях (если предприятие производит энергию, то включается также объем генерации энергии для собственных нужд); W – объем собственной генерации энергии, реализуемой в качестве ее излишков на сторону (если предприятие производит энергию); Z – объем собственной генерации энергии всего (если предприятие производит энергию); E – коэффициент полезного действия (КПД) энергии одного вида при переводе ее в другой вид энергии (например, использование электроэнергии для отопления или для приведения в действие технологического оборудования); P – цена закупки физической единицы энергии у поставщика; C – инфраструктурные издержки по закупке ТЭР (например, транспортные услуги, если согласно условиям контракта цена поставки определяется на условиях EXW – цена с завода, или дополнительная оплата крупными потребителями электроэнергии за присоединен-

ную мощность); H – цена (тариф) продажи физической единицы излишков энергии собственной генерации покупателю на сторону; Q – учетная стоимость (себестоимость) собственной генерации единицы энергии; K – показатель перевода одного вида энергии в сопоставимый физический измеритель для обеспечения сопоставимости в физических единицах (разные виды энергии измеряются в различных физических единицах, поэтому для сопоставимости требуется их перевод в единый измеритель; в практике применяются откалиброванные с высокой степенью точности показатели перевода); i – число видов используемой энергии; j – число поставщиков энергии; s – число потребителей излишков энергии, генерируемой предприятием для собственных нужд; t – период отражения физических объемов закупки предприятием энергии и продажи на сторону излишков энергии (если предприятие производит энергию), цены (тарифа) на ТЭР.

Введение в модель фактора времени позволяет нивелировать важный недостаток линейных экономических моделей по отношению к моделям, при формировании которых использовалась динамика показателей за прошлые периоды (уравнения регрессии) – это не учет динамики процесса. Прогнозирование в линейных моделях, как правило, осуществляется посредством имитационного моделирования заданием параметров возможного изменения системы в будущем.

Модель на уровне компании может быть представлена в виде взаимодействия нескольких блоков (рис. 1). Обозначения аналогичны изложенным в формуле (1).

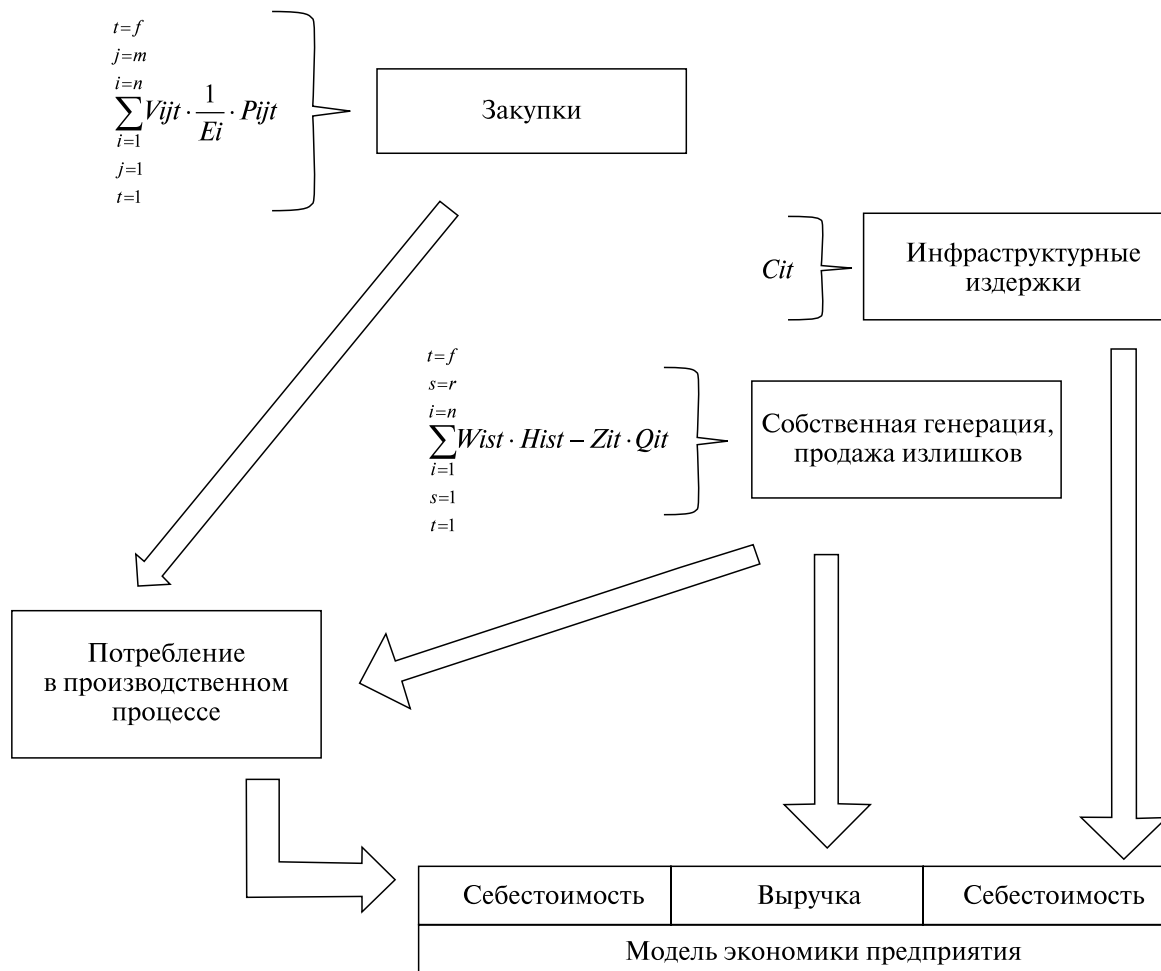


Рис. 1. Составляющие модели энергетического взаимодействия предприятия
Источник: разработано автором.

Fig. 1. Components of the enterprise energy interaction model
Source: author's developed.

Закупка ТЭР для производственного процесса осуществляется по сложившимся (регулируемым) на период закупки ценам (тарифам) с учетом КПД энергии одного вида при переводе ее в другой вид энергии. При наличии инфраструктурных издержек, связанных с закупкой ТЭР, или реализации излишков энергии собственной генерации они учитываются в разрезе ТЭР по видам издержек. Собственная генерация энергии направляется для покрытия ее недостатка в производственном процессе и отражается по учетной стоимости, а излишки реализуются и относятся на выручку от реализации по ценам реализации. Соответственно потребленная в производственном процессе энергия относится на себестоимость.

Для формирования баланса ТЭР, выстраивания на этой основе системы управления энергетическими потоками модели, выраженной в стоимостном выражении, может быть недостаточно. Поэтому ее целесообразно разрабатывать и в сопоставимых физических единицах. Для этого из модели выводятся цена (тариф), закупки ТЭР, цена продажи излишков ТЭР собственной генерации, учетная стоимость генерации энергии собственной генерации, а также инфраструктурные издержки по закупке энергии для собственных нужд. Соответственно, в модель вводится показатель перевода одного вида энергии в другой для обеспечения сопоставимости физических единиц.

Рассмотренная модель отображает энергетическое взаимодействие в наиболее общем виде. Она также может быть представлена в матричном формате. Предлагаемый подход использовался нами для разработки более детализированных моделей, которые далее применялись в анализе, прогнозировании, при оперативном управлении реализацией инвестиционных проектов энергетической направленности на предприятиях как создание собственных энергогенерирующих мощностей (комбинированное производство электрической и тепловой энергии, биоэнергетика), организация энергоемких производств; модернизация отопительной инфраструктуры, оптимизация транспортных издержек и некоторые другие. В частности, по возможности КПД уточнялся применительно к конкретному виду оборудования с учетом его технических характеристик, практики эксплуатации (если фиксировалась статистика процесса во времени). По отдельным схемам технологического преобразования, распределения энергии по КПД присутствовала противоречивая справочная информация, что вызывало необходимость использовать экспертно-аналитические подходы: например, наблюдается определенное расхождение в оценках потерь энергии при зарядке и эксплуатации аккумуляторов технологического электротранспорта. Также инфраструктурные издержки по закупке отдельных видов энергии определялись с учетом транспортной составляющей, что в отдельных случаях «тянуло» за собой транспортную логику, «попутно» решалась задача ее оптимизации. Перспективным представляется введение в модель обоснованных норм расхода ТЭР, если их технически возможно разработать, что позволяет расширить применение на предприятии внутризаводского бюджетирования (хозяйственного расчета) и сделать его более продуктивным. В конечном итоге модель для конкретных условий могла приобретать достаточно разветвленный и сложный вид. Однако в силу своей линейной функциональности она, тем не менее, легко реализовывалась на практике и «вписывалась» в общую модель предприятия. Применение модели позволяло разработать рациональный энергетический баланс, способствовало реализации проектов в установленные сроки и в пределах планового бюджета.

Предложенные подходы также были частично использованы при обосновании перспектив тиражирования проекта по выпуску биотоплива (пеллет) из тростника, выращенного на повторно заболоченных выработанных торфяниках [2]. В частности, были проведены сопоставимые оценки выгоды применения в качестве топлива для обогрева помещений различных видов энергии с учетом части отраженных в модели факторов. В качестве сопоставимой единицы для учета генерируемого тепла использовался показатель международной системы единиц мегаджоуль (МДж). Перевод традиционно используемых физических измерителей ТЭР в МДж производился посредством K_i — показателя перевода физического измерителя i -го вида энергии в МДж. Расчет стоимости получения 1 МДж полезной тепловой энергии (C_i) был произведен следующим образом:

$$Pit = Pitbynt / Q_{eurot}, \quad (2)$$

$$V_{megi} = Vi \cdot Ki, \quad (3)$$

$$Ci = Pit / V_{megi} \cdot Ei, \quad (4)$$

где Pit – цена (тариф) принятой физической единицы i -го вида ТЭР в евро в период t ; $Pitbynt$ – цена (тариф) принятой физической единицы i -го вида ТЭР в рублях в период t ; Q_{eurot} – курс рубля по отношению к евро в период t ; V_{megi} – объем принятой единицы i -го вида энергии в МДж, для расчета также можно использовать готовые значения показателя теплотворной способности [3]; Vi – физическая единица i -го вида энергии; Ki – показатель перевода физического измерителя i -го вида энергии в МДж; Ei – коэффициент полезного действия для группы отопительного оборудования (приборов), использующих i -й вид ТЭР.

В расчетах допускалось то, что не противоречит рекомендациям в этой области [3]: в качестве физических единиц топлива определялись: для природного газа – кубические метры; электроэнергии – кВтч; прочих видов топлива, по которым проводилась оценка, – килограммы; тариф на природный газ для населения определялся как средний показатель, учитывающий тарифы в отопительный и неоперительный периоды; тариф на электрическую энергию для предприятий – для варианта потребителей, осуществляющих плату за присоединенную электрическую мощность; тариф на электрическую энергию для населения, используемую для отопления, – как для варианта потребителей, имеющих отдельный (дополнительный) прибор индивидуального учета энергии на отопление; цены на другие виды ТЭР – как усредненные действующие на рынке в анализируемый период расчета; средний коэффициент полезного действия – как для группы отопительного оборудования (приборов), в котором используется соответствующий вид ТЭР. С учетом дополнительно проведенных на текущий период оценок выгодность использования различных видов ТЭР для получения тепловой энергии в наиболее общем визуализированном виде представлена на рис. 2.

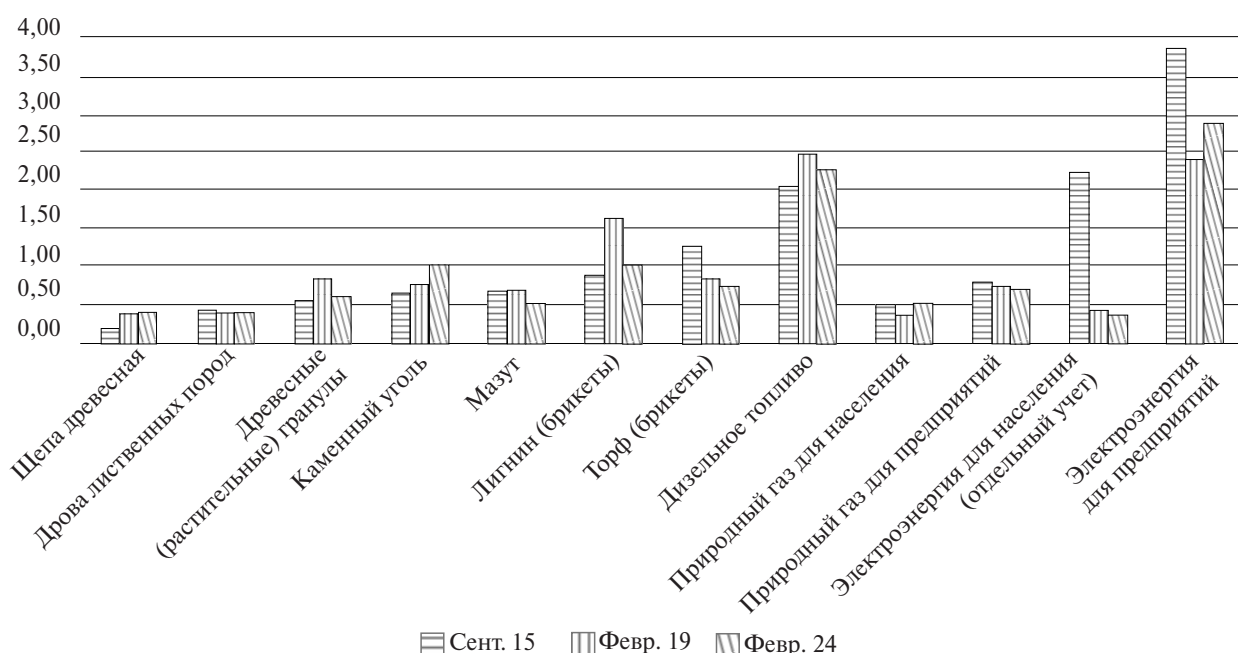


Рис. 2. Выгодность применения различных видов энергии для отопления на периоды сентябрь 2015 г., февраль 2019 г., февраль 2024 г.: цена полезного сгорания в эквиваленте 1 МДж с учетом КПД, евроценты
Источники: разработано автором.

Fig. 2. The profitability of using various types of energy for heating for the periods September 2015, February 2019, February 2024: the price of useful combustion in the equivalent of 1 MJ, taking into account efficiency, euro cents
Source: author's developed.

Анализ показателей за период позволяет сделать некоторые выводы: наблюдается существенное расхождение в выгодности применения различных видов энергии для получения тепловой энергии; выгодность применения видов энергии для отопления во временном интервале изменяется как в большую, так и в меньшую сторону; наиболее выгодными для отопления являются виды ТЭР, по которым представляются льготы, а также ТЭР из возобновляемых источников. Анализ соответствующего рынка отопительной инфраструктуры показывает, что при выборе ТЭР также следует учитывать: наличие недорогого, надежного, безопасного и простого в эксплуатации отопительного оборудования, его гарантийного и послегарантийного обслуживания; гарантированного доступа к источнику ТЭР; технические и эксплуатационные характеристики отапливаемых помещений. Полагаем, что полученные результаты могут быть использованы предприятиями при разработке энергетической стратегии для снижения себестоимости за счет экономии ТЭР. В рамках исследований были проведены и сопоставимые оценки экологической составляющей: содержание в отходах сгорания серы, золы, дополнительное количество углекислого газа. Указанные параметры имеют стоимостную оценку, что позволяет их «ввести» в финансово-экономическую модель предприятия, в частности, через платежи за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников.

Также была осуществлена попытка провести по аналогии сопоставимые оценки выгодности применения различных видов ТЭР для производства электроэнергии. Был сделан вывод о нерациональности применения таких рамочных оценок на практике по следующим основным причинам: при производстве электрической энергии из других видов ТЭР, за исключением отдельных из них (энергия солнца, воды, ветра), дополнительно образуется тепловая энергия, использование которой повышает КПД; в настоящее время существуют различные технико-технологические варианты получения электроэнергии, на эффективность применения которых влияет значительное число факторов. Соответственно, проведение таких экономических оценок уместно на основе разработки конкретной модели энергетического взаимодействия, интегрированной в финансово-экономическую модель предприятия, что и было сделано на практике, в частности, при обоснованиях целесообразности создания предприятиями промышленности, нефтедобычи, аграрной сферы собственных мощностей по комбинированному производству электрической и тепловой энергии, а в отдельных случаях в целях повышения КПД и генерации холода.

По результатам разработки и практической реализации модели энергетического взаимодействия был сделан вывод: чем больше осуществляется технологических циклов преобразования одного вида энергии в другой до его конечного потребления, тем при прочих равных условиях в наибольшей степени будет более дорогим конечное потребление энергии. Это, на наш взгляд, связано с двумя основными группами факторов: потери на каждом этапе преобразования вследствие технологических особенностей процесса (КПД преобразования, транспортировка и распределение энергии); стремление в условиях рынка получить на каждом технологическом этапе преобразования энергии добавленную стоимость, когда этапы осуществляются разными юридическими лицами. В концептуальном плане это можно представить как проблему перевода потенциальной энергии в кинетическую и наоборот с наименьшими потерями. Поскольку внедрение инновационных технологий в значительной степени предполагает многоэтапность преобразования различных видов энергии до ее конечного потребления, это может создавать определенное противоречие между инновациями и потребностью в снижении себестоимости. В этом отношении электроэнергия находится вне конкуренции с точки зрения технологичности и удобства ее использования в организациях и домашних хозяйствах. Но, учитывая, что данный вид энергии в своем абсолютном большинстве выступает последним или предпоследним перед преобразованием его в конечный вид кинетической энергии, приводящий в действие основные средства и влияющий на предметы труда, это не всегда коммерчески выгодно, даже если имеются льготные тарифы. В частности, дискуссионным вопросом остается выгодность применения подвижного транспорта и техники, работающих от электрических аккумуляторов. Нами была проведена сопоставимая оценка выгодности эксплуатации по параметру «энергия» легковых автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) и электродвигателями (ЭД), которая подтвердила существующие экспертные заключения: в рамках сложившихся в стране цен на топливо и электро-

энергию на зарядных станциях стоимость поездки на автомобиле с ЭД около двух раз ниже, чем на автомобиле с ДВС; в то же время, если учесть инвестиционную составляющую, то для того, чтобы разницу между стоимостью автомобиля с ЭД и с ДВС окупить за счет более дешевой энергии, ему требуется проехать около 1 млн км. Представляется, что еще более противоречивым может выглядеть использование ЭД с аккумуляторами на грузовых автомобилях, специальной технике. В то же время сопоставимые оценки вариантов технического перевооружения компаний с использованием модели энергетического взаимодействия показывают, что при определенных условиях применение ЭД с аккумуляторами является коммерчески более предпочтительным не только по эксплуатационным издержкам, но и по инвестиционной составляющей, которая «тянет» за собой окупаемость инвестирования: например, использование аккумуляторного транспорта для внутризаводских технологических перемещений грузов; замена, если позволяет технологический процесс, дорогостоящего оборудования на гибкие производственные модули, энергетическую основу которых составляет аккумуляторный инструмент и оснастка; использование аккумуляторов в качестве энергетического модуля для роботизированных подвижных систем третьего поколения. Для последних в настоящее время в принципе нет альтернативы аккумуляторам.

Выводы

Разработка и применение модели энергетического взаимодействия как составной части экономической модели предприятия позволяет повысить эффективность и при проведении технического перевооружения посредством реализации инвестиционных и инновационных проектов, и в процессе осуществления операционной деятельности. В первом случае это ведет к экономии инвестиционного бюджета, сокращению сроков реализации мероприятий технической направленности и, соответственно, к уменьшению периода окупаемости инвестирования. Во втором — обеспечивается реализация стратегии лидерства в издержках, что способствует повышению уровня доходности, создает запас финансовой прочности, минимизирует риски ведения коммерческой деятельности. Модель энергетического взаимодействия имеет как общие, так и специфические составляющие для каждого предприятия, отражающие отраслевые и иные особенности производственной деятельности.

Представляется, что существующая автоматизированная система комплексного управления энергетикой (АСКУЭ) как составная часть автоматизированной системы управления предприятием (АСУП), обеспечивающая в первую очередь безопасную и безаварийную эксплуатацию энергетического оборудования, должна быть дополнена моделью энергетического взаимодействия, при необходимости насыщенной датчиками и системой «умное предприятие» («умный дом»), что позволит оптимизировать финансово-экономическую составляющую процесса. Успешная практика реализации такого подхода имеется [4].

Органами государственной статистики разрабатывается топливно-энергетический баланс страны, достаточно подробный и насыщенный важной для принятия стратегических решений информацией [5]. Анализ его структуры, форм статистической отчетности по ТЭР, методических положений в этой области позволяет сделать вывод о возможности практической разработки существенно более подробной системы балансов в виде взаимоувязанных многомерных матриц в разрезе видов деятельности и ТЭР, территорий как в сопоставимых физических единицах, так и в стоимостном выражении, при наличии сформированных надлежащим образом баз данных статистической информации. Такие балансы могут стать основой для разработки модели энергетического взаимодействия на уровне национальной экономики как формата управленческой статистики, которая позволит более обоснованно оценивать варианты размещения новых энергетических мощностей, предприятий потребителей энергии, создания энергетической инфраструктуры, модернизации существующих объектов. В частности, такая модель могла бы быть полезна при разработке и реализации программ модернизации линий электропередач в малых населенных пунктах и сельской местности в целях расширения использования электроэнергии в качестве источника генерации тепла при осуществлении раздельного учета ее потребления на цели отопления.

Список использованных источников

1. Ельсуков, В. П. Влияние роботизации на эффективность и структуру предприятия: оценки на основе моделирования / В. П. Ельсуков, // Бизнес. Экономика. Инновации: сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. — Минск — 2022. — Вып. 6. — С. 25–32.
2. Ельсуков, В. Биоэнергетика в Беларуси: потенциал и перспективы развития / В. Ельсуков, О. Шулейко // Наука и инновации. — 2019. — № 8 (198). — С. 27–33.
3. Международные рекомендации по энергетической статистике. Статистические документы [Электронный ресурс]. — Нью-Йорк : ООН, 2019. — 198 с. — Режим доступа: <https://unstats.un.org/unsd/energystats/methodology/documents/IRES-ru.pdf>. — Дата доступа: 22.02.2024.
4. Ельсуков, В. П. Информационные системы удаленного мониторинга как инструмент реализации стратегических целей: проблемы разработки и внедрения / В. П. Ельсуков, А. И. Кузьмич // Перспективы развития транспортного комплекса : материалы VIII Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 19 – 20 окт. 2023 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т трансп. «Транстехника»; редкол. : О. Г. Геливер [и др.] — Минск : БелНИИТ «Транстехника», 2023. — С. 65–67.
5. Энергетический баланс Республики Беларусь. Статистический сборник. — Минск : Нац. стат. ком. Республики Беларусь, 2021. — 148 с.

References

1. Yelsukou U. The impact of robotization on the efficiency and structure of an enterprise: assessments based on modeling. *Biznes. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovation. Economics*. Minsk, 2022, iss. 6, pp. 25–32 (in Russian).
2. Yelsukou U., Shuleiko O. Bioenergy in Belarus: potential and development prospects. *Nauka i innovatsii = Science and Innovations*, 2019, no. 8 (198), pp. 27–33 (in Russian).
3. International recommendations for energy statistics. Statistical documents. Available at: <https://unstats.un.org/unsd/energystats/methodology/documents/IRES-ru.pdf> (accessed 22 February 2024) (in Russian).
4. Yelsukou U. P., Kuzmich A. I. Remote monitoring information systems as a tool for achieving strategic goals: problems of development and implementation. *Perspektivy razvitiya transportnogo kompleksa : materialy VIII Mezhdunarodnoi zaachnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 19 – 20 oktyabrya 2023* [Prospects for the development of the transport complex: materials of the VIII International in absentia scientific-practical conference Minsk, October 19 – 20, 2023], Minsk, 2023, pp. 65–67 (in Russian).
5. Energy balance of the Republic of Belarus. Statistical collection. Minsk, 2021. 148 p. (in Russian).

Информация об авторе

Ельсуков Владимир Петрович — кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры бизнес-администрирования, Институт бизнеса БГУ, e-mail: econows51@mail.ru

Information about the author

U. Yelsukou — PhD in Economic sciences, Associate Professor; associate Professor at the Department of business administration, School of Business of BSU, e-mail: econows51@mail.ru

Статья поступила в редколлегию 20.03.2024

Received by editorial board 20.03.2024