

Тлеппаев А.М., Товма Н.А.

Системы учета повышения энергоэффективности и экономии энергии

В статье показаны основные системы учета повышения энергоэффективности и экономии энергии за рубежом. В статье анализируются основные системы индикаторов энергоэффективности в различных странах, таких как Канада, США, Россия. В статье приведен опыт Европейского Союза по созданию системы учета энергии: проекта ODYSSEE MURE. Предложены индикаторы энергоэффективности, применимые для Республики Казахстан: расчеты уровня энергоемкости промышленного производства по первичной энергии, электроемкость промышленного производства, индекс энергетической эффективности отраслей промышленности, энергоемкость сельского хозяйства, топливная экономичность новых легковых автомобилей, удельный пассажирооборот общественного транспорта на одного жителя, энергоемкость коммунального хозяйства (водоснабжение, водоотведение и уличное освещение) на одного жителя и средний удельный расход энергии в жилых домах.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергоемкость, энергетическая политика, энергопотребление, метод декомпозиции.

Тлеппаев А.М., Товма Н.А.

System of accounting for energy efficiency and energy saving

The article shows the main accounting system to improve energy efficiency and energy savings in abroad. The article analyzes the main indicators of energy efficiency system in different countries, such as Canada, USA, and Russia. The paper presents the experience of the European Union to establish energy accounting system: project ODYSSEE MURE. Proposed energy efficiency indicators applicable to the Republic of Kazakhstan: calculations the level of energy intensity of industrial production of primary energy, electric capacity of industrial production, the index of energy efficiency in industries, the energy intensity of agriculture, fuel economy of new passenger cars, the specific turnover of passengers of public transport per capita, energy intensity of municipal services (water supply, sewerage and street lighting) per capita and the average specific energy consumption in homes.

Key words: energy efficiency, energy intensity, energy policy, energy consumption, the decomposition method.

Тлеппаев А.М., Товма Н.А.

Энергия тиімділігін арттыру және энергияны үнемдеуді есепке алу жүйелері

Мақалада энергия тиімділігін арттыру және энергияны үнемдеуді шетелдерде есепке алудың негізгі жүйелері көрсетілген. Мақалада АҚШ, Канада, Ресей сияқты әр түрлі елдердегі энергия тиімділігінің индикаторларының негізгі жүйелері талданды. Мақалада энергияны есепке алу жүйесін құру бойынша Еуропалық Одақтың тәжірибесі келтірілген: ODYSSEE MURE жобасының. Қазақстан Республикасы үшін қолданылатын энергия тиімділігінің индикаторлары ұсынылды: өнеркәсіп өндірісінің бастапқы энергия бойынша энергия сыйымдылығы деңгейінің есебі, өнеркәсіптің энергосыйымдылығы, өнеркәсіп салаларының энергетикалық тиімділіктерінің индексі, ауыл шаруашылығының энергосыйымдылығы, жаңа жеңіл автомобильдердің жанармай үнемділігі, қоғамдық көліктегі бір тұрғынға шаққандағы жолаушылар айналымының үлес салмағы, бір тұрғынға шаққандағы коммуналдық шаруашылықтың энергосыйымдылығы (сумен жабдықтау, су бұру және көшені жарықтандыру) тұрғын үйлердегі энергияның орташа үлес шығыны.

Түйін сөздер: энергия тиімділігі, энергосыйымдылық, энергетикалық саясат, энергия тұтыну, декомпозиция әдісі.

СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ

Система учета повышения энергоэффективности и экономии за рубежом имеет свою специфику.

В Канаде система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии эксплуатируется уже более пятнадцати лет. Эту работу ведет Офис энергоэффективности организации Нэчурал ресорсиз Канада (NRCan). Метод измерения потребления энергии – конечная энергия. Кроме того, в системе проводится анализ динамики выбросов парниковых газов, порожденных использованием энергии. Анализ проводится по пяти секторам энергопотребления: жилищный сектор, сфера услуг, промышленность, транспорт и сельское хозяйство [1]. В секторах и подсекторах проводится анализ влияния на энергопотребление и изменение энергоэффективности следующих факторов:

– индикаторы экономической активности – вклад роста экономической активности при условии, что структура видов деятельности и удельные расходы остались неизменными на уровне базового года;

– структурный фактор – вклад изменения структуры разных видов экономической деятельности;

– влияние климата – колебания температур и продолжительности отопительного периода и периода кондиционирования. Оценивается в градусосутках.

Эффект изменения погоды учитывается для жилых и нежилых зданий, где регулирование температуры в помещении существенно влияет на потребление энергии; влияние качества услуг – уровень качества услуг отражает обеспеченность потребителей оборудованием и приборами. К примеру, в жилищном секторе рост доходов приводит к росту обеспеченности бытовыми приборами; влияние изменения удельных расходов энергии за счет технических факторов. Офис энергоэффективности использует метод LMD II. В Канаде используется аддитивная версия метода, то есть изучается абсолютное изменение показателей. Методологические основы анализа были пересмотрены и усовершенствованы в 2005 г. Результаты анализа ежегодно публикуются в сборнике «Тренды энергоэффективности в Канаде» [1].

В Новой Зеландии мониторинг влияния факторов изменения энергопотребления проводится с 2001 г. на основе системы учета повышения энергоэффективности и экономии энергии. Организацией, которая отвечает за поддержку этой системы, является Служба по энергоэффективности и энергосбережению. Анализ охватывает пять секторов энергопотребления: жилищный сектор, сферу услуг, промышленность, транспорт и производство первичной энергии [1].

Помимо этого, выделен специальный раздел по возобновляемым источникам энергии. Удельные расходы энергии в промышленности измеряются на единицу добавленной стоимости. Анализ проводится не только для конечной энергии, но и для выработки электроэнергии. Анализируется влияние на энергопотребление и изменение энергоэффективности следующих факторов:

- изменение индикаторов экономической активности;
- структурный фактор;
- влияние климата;
- влияние качества энергии (учет фактора разной эффективности установок, выполняющих одинаковые функции с использованием разных видов энергоносителей);
- влияние изменения удельных расходов энергии за счет технических факторов.

Результаты ежегодно публикуются в сборнике «Энергоэффективность и возобновляемая энергия в Новой Зеландии».

В США учет повышения энергоэффективности ведет Офис энергоэффективности и возобновляемых источников энергии Министерства энергетики США. На его сайте размещается публикация «Индикаторы энергоэффективности в США» [1].

Анализ охватывает пять секторов энергопотребления: жилищный сектор, сферу услуг, промышленность, транспорт и производство электроэнергии. Способ учета потребления энергии: первичная энергия и подведенная энергия. Используемый метод декомпозиции – мультипликативный LMDI (то есть рассматривающий относительные изменения показателей).

Анализируется влияние на энергопотребление и изменение энергоэффективности следующих факторов:

- изменение индикаторов экономической активности;

- структурный фактор – для зданий в нем выделяются фактор изменения;
- региональной структуры потребления (по четырем регионам), фактор изменения;
- типа жилища;
- для промышленности и других секторов по перечисленным выше подсекторам);
- фактор размера домохозяйства;
- влияние погоды;
- влияние изменения удельных расходов энергии за счет технических факторов;
- другое [2].

Изучением тенденций в области энергоэффективности в Австралии занимается Австралийское бюро экономики сельского хозяйства и ресурсов.

В анализе отражаются три сектора энергопотребления: жилищный сектор, промышленность и транспорт.

Используемый метод декомпозиции – мультипликативный LMDI (то есть рассматривающий относительные изменения показателей).

Анализируется влияние на энергопотребление и изменение энергоэффективности следующих факторов:

- изменение индикаторов экономической активности;
- структурный фактор – для зданий в нем выделяются фактор изменения,
- региональной структуры потребления (по четырем регионам),
- фактор изменения типа жилища,
- для промышленности и других секторов (по перечисленным выше подсекторам);
- влияние изменения удельных расходов энергии за счет технических факторов.

Основными источниками информации при оценке значений индикаторов являются: данные форм официальной статистической отчетности, информация из статистических справочников; информация из электронных ресурсов и другие источники [1]. В ряде других случаев информация по значениям целевых показателей в разных формах статистики может различаться. В таких случаях должны быть указаны формы, в которых приводятся несопадающие значения целевых показателей.

Тренды повышения энергоэффективности для 27 стран Европейского Союза, Норвегии и Хорватии оцениваются в рамках проекта ODYSSEE MURE, который координируется АДЭМЭ и поддерживается программой Ев-

ропейского Союза Intelligent Energy Europe. В проекте участвуют энергетические агентства из всех охваченных проектом 29 стран, которые являются поставщиками информации для базы данных ODYSSEE. Эта база данных служит основой для оценки трендов повышения энергоэффективности [3].

Оценки оформляются в виде публикаций как по экономике в целом, так и по отдельным секторам потребления энергии, включая жилищный сектор, транспорт, промышленность и услуги. Аналитические расчеты по отдельным секторам энергопотребления выполняются и уточняются регулярно. Расчеты ведутся по первичной и конечной энергии. Вклад структурных сдвигов оценивается только по конечной энергии.

Для отражения прогресса технологического повышения энергоэффективности используется индекс энергоэффективности ODEX (ODYSSEE energy efficiency index). ODEX рассчитывается как трехлетняя скользящая средняя, чтобы избежать влияния колебаний климата, бизнес-циклов, поведенческих факторов, а также неточностей статистики. Однако такой подход сглаживает колебания индекса и затрудняет оценку степени влияния факторов на его динамику [3].

Анализируется влияние на энергопотребление и изменение энергоэффективности следующих факторов:

- изменение индикаторов экономической активности;
- структурный фактор;
- влияние климата;
- уровень благоустройства жилья (доля централизованного теплоснабжения);
- средний размер домохозяйства;
- влияние изменения удельных расходов энергии за счет технических факторов;
- другое.

Несколько индикаторов в отдельных отраслях промышленности определены в виде индекса энергоэффективности. Переход на новые технологии может отражаться на изменении не только удельных расходов энергии, но и пропорций материального баланса отрасли, что также отражается в данном индексе. Например, снижение доли производства мартеновской стали влияет на потребности в чугуна и коксе, а следовательно, и на потребности в железорудных окатышах и агломерате, а затем и на потребности в железной руде. Индекс энергоэффективнос-

ти измеряется в процентах и отражает уровень совершенства производственных технологий, как в энергетическом плане, так и с точки зрения материального баланса. Чем он выше, тем выше эффективность многопродуктового комплекса. При применении технологий с характеристиками на уровне лучших мировых практик он может достигать 100%. Вычитание оцененного значения из 100% показывает оставшийся потенциал экономии энергии в данном многопродуктовом комплексе [3].

В России началом активизации деятельности федерального правительства РФ в сфере повышения энергоэффективности можно считать 1997 год. Однако до 2009 года политика повышения энергоэффективности в России на федеральном уровне носила фрагментарный характер [1].

Ситуация изменилась в конце 2009 года после принятия федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [4]. Начиная с этого момента нормотворчество на федеральном уровне в сфере повышения энергоэффективности развивалось по схеме «большого взрыва»: на сегодняшний день можно насчитать свыше 70 нормативно-правовых актов, которые регулируют отношения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и оформляют механизмы реализации требований Закона № 261 и Государственной программы РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» (далее – Государственная программа энергосбережения).

Согласно оценкам ЦЭНЭФ, за счет мер, предусматриваемых Государственной программой энергосбережения, может быть обеспечено снижение энергоемкости ВВП на 13,5% до 2020 года [5].

В Докладе о развитии человеческого потенциала Российской Федерации 2009 г., сфокусированном на проблемах энергетики, проведение целенаправленной политики повышения энергетической эффективности было выделено как один из важнейших векторов устойчивого развития. И.А. Башмаков определил целый ряд рекомендаций для государственной политики в этой сфере, в том числе: формирование целостной системы управления повышением энергоэффективности; принятие необходимой правовой основы политики в этой области; формирование

системы статистического учета; введение региональных и муниципальных программ энергоэффективности; формирование тарифной политики, стимулирующей экономию энергии; создание стимулов для НИОКР по развитию «зеленых» технологий [2].

В Казахстане проблемы энергоэффективности касаются следующих основных секторов:

– промышленность является одним из секторов, где меры политики энергетической эффективности очень ограничены. Они касаются исключительно энергетических аудитов. Нет опыта заключения долгосрочных (на 5–12 лет) целевых соглашений по повышению энергоэффективности между правительством и энергоемкими промышленными холдингами. Механизмы по установлению рыночных обязательств в энергоэффективности пока что не приняты, отсутствуют стандарты энергоэффективности, пакет мер по продвижению энергетической эффективности на малых и средних предприятиях;

– в жилищном секторе полностью отсутствуют меры политики по продвижению пассивных домов и домов с нулевым потреблением энергии и по снижению потребления электроэнергии приборами с автоматическим включением режима малой мощности, после того как прибор не используется некоторое время. В статистике нет данных о среднем приведенном объеме, или средней мощности, или среднем классе энергоэффективности проданных бытовых приборов, что крайне осложняет мониторинг результативности мер по повышению энергоэффективности бытового оборудования. Не установлены меры политики для развития высокоэффективных источников света на альтернативных источниках энергии.

– в транспортном секторе очень слабы отечественные меры политики энергетической эффективности. Отсутствуют обязательные стандарты как топливной эффективности, так и выбросов CO_2 ; меры политики по энергоэффективному вождению, использованию эффективных шин, а также по биотопливу, гибридным машинам и электромобилям;

– энергоснабжающие компании не имеют заданий по повышению энергоэффективности у потребителей, не запущены схемы, подобные «белым» сертификатам. Не используется опыт

развитых стран с применением подобных гибких инструментов.

Применительно к Казахстану следует применить следующие индикаторы: энергоемкость внутреннего продукта, энергоемкость промышленного производства, электроемкость промышленного производства, индекс энергетической эффективности, топливная экономичность новых легковых автомобилей, средний удельный расход энергии в жилых домах.

Снижение энергоемкости внутреннего продукта измеряется по формуле 1 следующим образом:

$$DEI_{gdp_t} = 100 * \left(\sum_{t_0}^T \frac{CSPEC_t}{PEC_t} + \sum_{t_0}^T CSPEC_t \right) \quad (1)$$

где:

DEI_{gdp_t} – снижение энергоемкости ВВП в году t за счет реализации мероприятий программы;

$CSPEC_t$ – накопленная к году t (начиная с базового года) экономия первичной энергии за счет реализации мероприятий программы;

PEC_t – потребление первичной энергии в году t.

Для оценки индексов энергоэффективности используются данные по удельным расходам энергии для лучших мировых практик.

В таблице 1 приведены наиболее оптимальные, по нашему мнению индикаторы, которые могут применимы к условиям Казахстана.

Зарубежный опыт дает возможность опираться на него и оперативно развивать нормативную базу для повышения энергоэффективности Казахстана. Международным энергетическим агентством разработан ряд рекомендаций по мероприятиям политики энергетической эффективности.

Однако недостаточно только разработать и утвердить нормативные требования. Принятие нормативной базы и создание соответствующих институтов может столкнуться со следующими возможными реакциями:

- усвоение (после периода адаптации),
- отторжение или искажение.

Неполная и некачественная нормативная база может порождать два последних типа реакций. В итоге получим недостаточную эффективность нормативных механизмов и задержку в движении к установленной цели снижения энергоемкости.

Таблица 1 – Индикаторы энергоэффективности, предлагаемые для применения в Казахстане

Энергоемкость промышленного производства по первичной энергии к уровню базового года процентов	$EI_t = 100 * (EIC_t / IPP_t) / (EIC_0 / 100)$ <p>где: EIC_t и EIC_0 – потребление энергии в промышленности в году t и в базовом году; IPP_t – индекс промышленного производства в году t по отношению к базовому году</p>
Электроемкость промышленного производства к уровню базового года процентов	$EI_t = 100 * (FEIC_t / IPP_t) / (FEIC_0 / 100)$ <p>где: $FEIC_t$ и $FEIC_0$ – потребление электроэнергии в промышленности в году t и в базовом году (по данным электробаланса сумма расходов на добычу полезных ископаемых, обрабатывающие производства и производство и распределение электроэнергии, газа и воды за вычетом собственных нужд электростанций); IPP_t – индекс промышленного производства в году t по отношению к базовому году</p>
Индекс энергетической эффективности для переработки нефти процентов	$INEFPR_t = 100 * \left(\sum_i eiPRWB_{it} * PR_{it} \right) / \left(\sum_i eiPRR_{it} * PR_{it} \right)$ <p>где: $eiPRWB_{it}$ – удельный расход энергии по технологии переработки нефти i-ой в году t при применении лучших мировых технологий; $eiPRR_{it}$ – удельный расход энергии по технологии переработки нефти i-ой в году t; PR_{it} – объем переработки нефти по технологии i-ой в году t</p>
Индекс энергетической эффективности для металлургии процентов	$INEFP_t = 100 * \left(\sum_i eiFERWB_{it} * FER_{it} \right) / \left(\sum_i eiFERR_{it} * FER_{it} \right)$ <p>где: $eiFERWB_{it}$ – удельный расход энергии на производство продукта металлургии i-ой в году t с применением лучших мировых технологий; $eiFERR_{it}$ – удельный расход энергии на производство продукта металлургии i-ой в году t; FER_{it} – объем производства продукта металлургии i-ой в году t</p>
Энергоемкость сельского хозяйства к уровню 2007 года процентов	$EIFg_t = 100 * (EAgC_t / IAgP_t) / (EAgC_0 / 100)$ <p>где: $EAgC_t$ и $EAgC_0$ – потребление энергии в сельском хозяйстве в году t и в базовом году; $IAgP_t$ – индекс производства сельскохозяйственной продукции в году t по отношению к базовому году</p>
Топливная экономичность новых легковых автомобилей, работающих на бензине л/100 км	$AFGef_t = \sum_i EGef_i * dGCARM_{it}$ <p>где: $EGef_i$ – паспортный расход топлива на 100 км пробега легковых автомобилей модели i-ой на бензине; $dGCARM_{it}$ – доля легковых автомобилей модели i-ой в общем объеме продаж легковых автомобилей на бензине в году t</p>
Удельный пассажирооборот общественного транспорта на одного жителя пасс-км/чел/год	$IPT_t = \sum_i PT_{it} / POP_t$ <p>где: PT_{it} – пассажирооборот общественного транспорта вида i-го в году t; POP_t – население на конец года t</p>
Энергоемкость коммунального хозяйства (водоснабжение, водоотведение и уличное освещение) на одного жителя к уровню 2014 года процентов	$IEICOM_t = 100 * (ECOM_t / POP_t) / (ECOM_0 / POP_0)$ <p>где: $ECOM_t$ и $ECOM_0$ – расход энергии в коммунальном хозяйстве (на цели водоснабжения и водоотведения и на цели уличного освещения) в году t и в базовом году; POP_t и POP_0 – численность населения в году t и в базовом году</p>
Средний удельный расход энергии в жилых домах кг ут./кв. м/год	$EINH_t = ENB_t / SHB_t$ <p>где: ENB_t – потребление энергии в жилых домах в году t, тыс. т.у.т.; SHB_t – общая площадь жилых домов в году t, млн. кв. м</p>

Литература

- 1 Башмаков И.А., Мышак А.Д. Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии. – М., 2012. – 81 с.
- 2 Башмаков И.А. Разработка комплексных долгосрочных программ энергосбережения и повышения энергоэффективности: методология и практика: диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. – М., 2013. – 361 с.
- 3 Definition of ODEX indicators in ODYSSEE data base. – Paris, 2010. – 12 p.
- 4 Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».
- 5 Отчет по работе Оценка значений целевых индикаторов Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» за 2008-2011 гг. – М., 2012. – 20 с.

References

- 1 Bachmakov I.A., Muchak A.D. Rossiiska sistema uheta povihenua energoeffektivnoctu u economuu energuu. Moskva, 2012- 81 s.
- 2 Bacmakov I.A. Razrabotka kompleksnux dolgosrocnux program energoberejenua u povichenua energoeffektivnaostu: metodologua u practica. Dissertazua na souskanue uhenoj stepenu doctora economiceskux nauk. Moskva 2013-361 s.
- 3 Definition of ODEX indicators in ODYSSEE data base. Paris, 2010. – 12 p.
- 4 Gosudarstvennue programmu Rossuusko federazuu Energoberegenue u povichenue nergeticheskou effectivnostu na perioddo 2020 goda
- 5 Otchet po rabote ozenka znachenuu zelevih indicztorov Gosudarstvennou programmu Rosuiskou federazuu «Energoberegenue I povichenue energeticheskou effectivnostu na period do 2020 goda » za 2008-2011 gg. Moskva, 2012. – 20 s.