

УДК 519.866

А.И. Савельева, аспирант,
А.В. Калина, канд. техн. наук, доцент,
С.Е. Ерыпалов, канд. экон. наук,¹
г. Екатеринбург, Россия

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К «ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ»

Дано авторское понятие производственного комплекса как центрального объекта экономической активности современных социально-экономических, деятельность которого напрямую ассоциируется с функционированием крупных интегрированных структур. Показана высокая актуальность проблемы повышения энергоэффективности производственных комплексов в экономике современной России. Проведен анализ современных подходов к оценке энергоэффективности, развиваемых в мировой науке. В частности, рассмотрены подходы, используемые в методиках Международного энергетического агентства, Мирового энергетического консульства, Азиатско-Тихоокеанского исследовательского центра, Французского агентства по окружающей среде и ряде других известных методик; выполнен анализ достоинств и недостатков этих подходов и методических разработок. Предложен авторский подход к оценке энергоэффективности производственного комплекса, в основу которого положено использование трехуровневой оценки: уровень производственного комплекса в целом, уровень отдельных видов производства продукции, уровень производственного процесса по производству продукции. Дана предлагаемая авторами система индикаторов энергоэффективности производственного комплекса, структурированная по различным уровням оценки и учитывающая факторы «зеленой экономики». Приведены алгоритмы и подходы к определению сводных (интегральных) оценок энергоэффективности при проведении оценок на различных уровнях с учетом их взаимодействия и взаимного влияния. Проведена апробация предложенного методического подхода применительно к оценке энергоэффективности крупнейшего российского производственного комплекса – Уральской горно-металлургической компании, специализирующейся на производстве меди и продукции из нее. По результатам проведенных исследований сделаны основные выводы и показаны направления проведения дальнейших исследований.

Ключевые слова: энергоэффективность, производственный комплекс, показатель (индикатор) энергоэффективности, «зеленая экономика», методика оценки, интегральный показатель энергоэффективности, уровни оценки.

Актуальность проблемы оценки энергоэффективности производственных комплексов в экономике современной России

В современном обществе, и в частности в промышленности, энергия используется разнообразными способами. Важность эффективного использования энергии осознается со времени строительства первых паровых машин в ходе промышленной революции. Именно в то время были сформулированы первые научные положения

термодинамики – раздела физики об энергии и ее преобразованиях. Гораздо позже, в последние десятилетия, широкое внимание специалистов и общественности привлекли такие вопросы, как изменение климата, свя-

¹ Савельева Анастасия Ильинична – аспирант, ассистент кафедры экономики производственных и энергетических систем Института Высшая школа экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: everythingwell@mail.ru.

занное со сжиганием ископаемого топлива (один из основных способов производства различных форм энергии в мировом масштабе), а также стоимость энергоресурсов и вопросы энергетической безопасности. Результатом этого явилась новая волна научных и практических работ по проблемам энергоэффективности и публикация большого количества информации по этим и связанным с ними вопросам².

На сегодняшний день центральным объектом экономической активности хозяйственных систем становится производственный комплекс, который ассоциируется с крупными интегрированными структурами, являющихся главными локомотивами развития социально-экономических систем. Как следствие, авторы данной статьи придерживаются следующей трактовки понятия производственного комплекса: «*производственный комплекс* – это интегрированная структура, состоящая из предприятий основного производственного цикла, объединенных в рамках единой технологической цепочки создания продукции, от разработки, производства до сбыта и послепродажного обслуживания, а также вспомогательных и обслуживающих предприятий, ведущих совместную работу и получающих выгоды от нее в виде синергетического эффекта» [1, с. 76].

Говоря о современных производственных комплексах России с позиций энерго-

эффективности, необходимо отметить, что многие из них характеризуются высокой концентрацией потребления энергетических ресурсов и большой единичной мощностью энергопотребляющих установок. Вследствие этого важнейшее условие их интенсивного развития – повышение полезного использования энергетических ресурсов. Эта ситуация усугубляется быстрыми темпами роста и значительными ценами на топливно-энергетические ресурсы, зачастую существенно превышающие темпы роста цен на продукцию предприятий, выпускающих конечные продукты. В результате с конца 60-х гг. XX в. особое внимание уделяется вопросам повышения эффективности энергоиспользования, оцениваемого по конечному результату, то есть в технологических процессах.

Энергоэффективность производственных комплексов в современных условиях во многом определяет их конкурентоспособность и конкурентные позиции. Так, на сегодняшний день конкурентоспособность предприятий, в том числе и российских, во многом определяется их воздействием на окружающую среду, которое характеризуется объемом выбросов вредных веществ и эмиссии парниковых газов. Именно поэтому в настоящее время получила широкое распространение концепция «зеленой экономики». В свою очередь, уровни упомянутых показателей прежде всего зависят от уровня энергосбережения и энергоэффективности в экономике и на предприятиях страны. Для российской экономики энергоэффективность и энергосбережение являются ключевыми вдвойне, поскольку РФ по энергоемкости в разы отстает от развитых стран [2].

О высокой значимости задачи повышения энергоэффективности экономики России и, соответственно, производственных комплексов, работающих на ее территории, говорят и данные Энергетической стратегии России. Главный вывод стратегии состоит в том, что при сохранении и в буду-

Калина Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры экономики производственных и энергетических систем Института Высшая школа экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: alexkalina74@mail.ru.
Ерыпалов Сергей Евгеньевич – кандидат экономических наук, доцент Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: ese62@rambler.ru.

² Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.russian-city-climate.ru/>

щем современной удельной энергоемкости экономики достижение прогнозируемых темпов развития и роста страны невозможно. А для того чтобы обеспечить энергетические потребности страны при намечаемых темпах ее развития, необходимо к 2020 г. снизить (по сравнению с 2000 г.) удельную энергоемкость ВВП в 2,1 раза, а удельную электроемкость – в 2,2 раза [3].

Структура промышленности России включает в себя энергоемкие отрасли, такие как электроэнергетика, черная и цветная металлургия, нефтепереработка, химия и нефтехимия, и отрасли, имеющие относительно низкую удельную энергоемкость производства – машиностроение, легкая, пищевая промышленность и другие. Доля отраслей, имеющих высокую удельную энергоемкость, в отличие от большинства промышленно развитых стран, в России весьма высока и составляет более 55 % от общего объема промышленного производства страны [4].

В таких условиях особую важность приобретает задача мониторинга энергоэффективности как на уровне экономики страны в целом, так и на уровне отдельных производственных комплексов и предприятий. Так, например, упомянутая выше Госпрограмма утвердила 81 показатель для мониторинга ситуации с энергетической эффективностью.

Кроме того, еще ряд нормативно-правовых актов устанавливает свои показатели, которые необходимо отслеживать. Проблема в том, что порядок сбора многих из показателей через систему органов государственной статистики не регламентирован, нет шаблонов (форм) для этого; не всегда ясно, для чего эти показатели собираются и в чьей компетенции находятся. Зачастую получаемую информацию невозможно проверить, сопоставить, проанализировать, а в один сектор (отрасль) объединены подсектора, имеющие различную экономическую и правовую основу. В силу определенных причин промышленный сектор оказался выведен из

зоны ответственности и влияния властей в регионах и на местном уровне.

Это наглядно демонстрируется результатами анализа региональных программ энергосбережения. Например, разделы по энергосбережению в промышленности присутствуют в 42 программах; при этом в 14 программах эти разделы написаны формально и состоят из нескольких абзацев и общих пожеланий. Серьезные подпрограммы, включающие комплексы логически взаимосвязанных мероприятий и индикаторов их выполнения, имеют всего 10 регионов. Развитые и тонкие механизмы поддержки работ по энергосбережению в различных сферах экономики заложены не более чем в 5–7 программах [5].

О важности качественного мониторинга энергоэффективности постоянно подчеркивается ведущими международными организациями в этой области. Так, Международное энергетическое агентство (МЭА) вынесло следующую политическую рекомендацию на обсуждение в ходе саммита «большой восьмерки» в Хайлигендамме в 2007 г.: «Для разработки более качественной энергетической политики для промышленности следует безотлагательно уделить внимание полноте данных по энергопотреблению, их надежности и своевременности». Поскольку каждое правительство или международный орган вносят свой вклад в предоставляемую информацию, им необходимо тщательно проверять баланс между данными, необходимыми для разработки политических мер или их внедрения, и данными, доступными на данный момент, или которые будут доступны в будущем, а также баланс целесообразности и надежности этих данных.

Разумные и последовательные политические меры должны сопровождаться надлежащими механизмами отчетности и мониторинга. В этом контексте участникам необходимо учитывать конфиденциальность технологической информации как возможный барьер на пути сбора полных

данных. Доверие между разработчиками политических мер и промышленными компаниями является залогом дальнейшего успеха политических мер в сфере энергоэффективности. Промышленные объединения/ассоциации могут сыграть важную роль в обеспечении конфиденциальности данных. Эта ситуация, впрочем, требует сильного руководства, способности мобилизовать сообщество и разумного стимулирования добровольного сотрудничества со стороны промышленности.

Анализ современных подходов к оценке энергоэффективности

Энергоэффективность – широко используемый термин качественного характера, обозначающий средство достижения различных целей, в том числе целей национальной и международной политики, а также цели бизнеса, важнейшими из которых, как указано ранее, являются:

- снижение выбросов углекислого газа (предотвращение изменения климата);
- повышение безопасности энергоснабжения (в результате более устойчивого производства);
- снижение затрат на энергоресурсы (повышение конкурентоспособности бизнеса).

На первый взгляд, понятие «энергоэффективность» кажется несложным для понимания. Однако, как правило, оно используется без строгого определения, в результате чего термин «энергоэффективность» может означать разные вещи в различные моменты времени, в различных местах и обстоятельствах». В результате этой неопределенности использование термина было охарактеризовано как «уклончивое и непостоянное», приводящее к «несогласованности и путанице».

Энергоэффективность в контексте установок обычно рассматривается двумя способами, которые можно определить следующим образом:

1. Отношение затрат энергии к выходу продукта технологического процесса (количеству произведенной продукции, услуг, работы или другой формы энергии).

2. Рациональное (или эффективное) использование энергии – использование энергии в оптимальных количествах, необходимым образом и в то время, когда это необходимо. Нерациональное и неэффективное использование является результатом неоптимального соотношения между затратами энергии и потребностью в ней, что может быть следствием таких причин, как неадекватные проектные решения; эксплуатация оборудования (например, систем освещения) в отсутствие соответствующей потребности; отсутствие мер по адекватному хранению энергии и т. д.

И в том и в другом случае энергоэффективность оценивается на основании ряда показателей, состав которых уточняется в каждом конкретном случае. Основное назначение показателей энергоэффективности состоит в обеспечении возможности отслеживать ее изменение для данной производственной установки или технологического процесса с тем, чтобы наблюдать влияние мер и проектов по повышению энергоэффективности на энергетические характеристики процесса/установки.

Анализ множества работ отечественных и зарубежных специалистов позволяет выделить два крупных подхода к формированию индикаторов и последующему исследованию энергоэффективности производственных комплексов и процессов.

Первый подход разделяет индикаторы энергоэффективности на экономические (стоимостные), технико-экономические (физические) и индикаторы степени внедрения энергоэффективных технологий. К методикам, реализующим такой подход, например, относится одна из методик Мирового энергетического консульства (World Energy Council) [6–8].

Второй подход разделяет индикаторы энергоэффективности по видам деятель-

ности: уровень отраслевых видов деятельности, структурных видов деятельности (сочетание различных видов деятельности внутри отрасли) и энергетическая интенсивность. Примерами методик, реализующих данный подход, служат методики Asia Pacific Research Center [9], проект по индикаторам Международного энергетического агентства (International Energy Agency) [10–12], проект Французского агентства

по окружающей среде ADEME [13], технической службы по стратегии и энергоэффективности Мирового энергетического консульства (World Energy Council) [14–15], одна из методик Национальной лаборатории Лоуренса Беркли (Lawrence Berkeley National Laboratory) [16].

Основные достоинства и недостатки приведенных выше подходов приведены в табл. 1. Будет неправильным говорить, что

Таблица 1

Достоинства и недостатки подходов основных подходов к оценке индикаторов энергоэффективности

| Достоинства | Недостатки |
|---|--|
| Подход № 1 | |
| <p>1. Экономические индикаторы могут сравниваться внутри промышленности, так как знаменатели (в стоимостных единицах) схожи, несмотря на то, что производятся разные продукты.</p> <p>2. Энергоинтенсивность является надежным экономическим индикатором, так как основывается на стандартной статистике.</p> <p>3. Показатель совокупной (конечной) энергоинтенсивности является более соответствующим для оценки энергоэффективности на конечном уровне, т. к. он соотносится с энергией, потребленной на единицу ВВП (ВРП) конечными пользователями для энергетических нужд, исключая потребление и потери при преобразовании энергии и использование не для энергетических нужд.</p> <p>4. Совокупная (конечная) энергоинтенсивность затрагивает все факторы, которые влияют на изменение количества энергии, требующейся для производства одной единицы ВВП, включая технические, управленческие и экономические факторы.</p> <p>5. Существует прямая связь между техническим индикатором и технологией энергоэффективности.</p> <p>6. Технические индикаторы определяют зависимость вида энергоресурса и конечного энергопотребления.</p> <p>7. Технические индикаторы определяют влияние вида энергоресурса на потребление энергии в отрасли</p> | <p>1. Экономические индикаторы не учитывают структурные изменения в экономических системах или внутри экономики.</p> <p>2. При агрегировании информации по физическим индикаторам возникают сложности. Невозможно сравнивать физические индикаторы с физическими индикаторами, выраженными в других единицах измерения, пока приведение к общему знаменателю не будет сделано.</p> <p>3. Требования к информации, связанной с созданием физических индикаторов, являются трудновыполнимыми и их нелегко интерпретировать.</p> <p>4. Экономические индикаторы включают ряд воздействий, не связанных с энергией, например, ценовые эффекты.</p> <p>5. Различия в способах агрегирования и измерения между экономическими системами ограничивают анализ по экономическим индикаторам.</p> <p>6. Показатель первичной энергоинтенсивности сложно интерпретировать для стран, в которых часть экономической деятельности является неформальной и где высок уровень использования традиционных видов топлива, т. к. их потребление обычно сложно отследить.</p> <p>7. Из-за высокого уровня агрегирования, показатели энергоинтенсивности будут оставаться на несколько уровней удаленными от движущих сил и действительных тенденций в энергоэффективности.</p> <p>8. При использовании агрегированных экономических индикаторов могут быть скрыты важные структурные сдвиги внутри отрасли (но этот эффект может быть возмещен более детализированной информацией по добавленной стоимости и потреблению энергии)</p> |

| Достоинства | Недостатки |
|--|---|
| Подход № 2 | |
| <p>1. Индикаторы не подвержены влиянию структуры отрасли.</p> <p>2. Показывают тенденции в совокупном энергопотреблении по отношению к добавленной стоимости.</p> <p>3. Индикаторы, включающие добавленную стоимость, позволяют избежать отклонений, вызванных флуктуациями на валютном рынке.</p> <p>4. Индикаторы, включающие добавленную стоимость, позволяют определить относительный вклад каждой отрасли.</p> <p>5. Отраслевые индикаторы отражают общую взаимосвязь между использованием энергии и экономическим развитием.</p> <p>6. Отраслевые индикаторы определяют значения факторов, лежащих в основе изменения энергопотребления в течение периода времени.</p> <p>7. Изменения в энергопотреблении декомпозированы по структурному эффекту отрасли, эффекту энергетического микса и эффекту удельной энергоинтенсивности (энергоёмкости)</p> | <p>1. При анализе отраслевых индикаторов присутствует эффект вида деятельности, так как изначально некоторые отрасли имеют повышенные требования к энергоэффективности готовых изделий.</p> <p>2. Из-за различия единиц измерения в производстве отраслевые индикаторы не могут быть сопоставлены без приведения к одной единице измерения или возможность их сопоставления фактически отсутствует.</p> <p>3. При анализе отраслевых индикаторов тенденции в потреблении энергии не всегда являются результатом улучшения или ухудшения энергоэффективности.</p> <p>4. Отраслевые индикаторы могут быть зависимы от изменений цен на топливо, изменений в структуре промышленности, применения законов по охране окружающей среды.</p> <p>5. При анализе отраслевых индикаторов добавленная стоимость подвержена влиянию ряда ценовых эффектов, не связанных с изменением уровня производства.</p> <p>6. При анализе отраслевых индикаторов состав добавленной стоимости может скрыть некоторые важные структурные изменения внутри отрасли.</p> <p>7. Отраслевые индикаторы не могут обеспечить взаимосвязь между добавленной стоимостью и количеством энергии для того, чтобы верно определить влияние структурных сдвигов.</p> <p>8. Отраслевые индикаторы подвержены влиянию таких факторов, как география, климат и структура экономики.</p> <p>9. Изменения отраслевых индикаторов с течением времени не всегда связаны с повышением или понижением энергоэффективности.</p> <p>10. При анализе индикаторов на отраслевом уровне стоимость выпуска подвержена изменениям в условиях спроса и предложения через ценовой механизм.</p> <p>11. При анализе отраслевых индикаторов в некоторых случаях индикатор устанавливается для промежуточного продукта, например, шлака, в других случаях – для конечного продукта (бумага, сталь), что для некоторых отраслей является описательным фактором, для других включается в индикаторы эффективности либо индикатором структуры, и не существует единого подхода к первичным и альтернативным продуктам (вторсырье, альтернативные добавки) и импорту/экспорту промежуточных товаров</p> |

один из подходов лучше другого или один из индикаторов лучше другого. Чаще всего оба подхода используются вместе, так как на более агрегированном уровне используются экономические показатели, при углублении в отрасль появляются технические показатели, а на самом дезагрегированном уровне (уровне цеха или подразделения), как правило, остаются только технические показатели.

Результаты широкого круга исследований, касающихся разработки методических подходов и расчетов показателей энергоэффективности региональной экономики, изложены в книге «Энергоемкость продукции электроэнергетики и черной металлургии Свердловской области» из серии «Энергетическая составляющая успеха» [17]. В данной работе утверждается «необходимость тщательного анализа рассматриваемых экономических процессов. Очевидно, что такой анализ не должен ограничиваться только использованием натуральных измерителей удельной энергоемкости (т у.т./руб.) и требует применения новых измерителей в стоимостном выражении. Например, таких, как экономическая эффективность (взаимосвязь показателя объема производства ВВП на рубль стоимости потребленных и добытых (произведенных) ТЭР или обратной этому показателю величины – стоимости добытых и потребленных энергоресурсов на рубль произведенного ВВП)» [17, с. 10].

Наряду с изложенным традиционным анализом энергоемкости экономики в натуральных измерителях и мерами по ее снижению, представляет интерес нетрадиционный подход к этому анализу – выявление размеров, динамики и тенденций экономической энергоэффективности на базе стоимостных относительных показателей затрат на топливо и энергию как в отраслевом, так и в макроэкономическом разрезе [17, с. 17].

При выборе методических подходов к определению энергоемкости отраслевой

продукции следует исходить из условия, что данная методика должна быть аналогичной методическим особенностям расчета энергоемкости ВРП.

На отраслевом уровне структура баланса ТЭР имеет ряд заметных отличий от регионального. Некоторые из них:

- на отраслевом уровне приобретаются не только первичные виды топлива (природный газ, уголь и т. п.), но и преобразованные виды топлив и энергии (мазут, кокс, электроэнергия, тепловая энергия и т. п.);
- на предприятиях производятся преобразованные виды энергии, которые не только используются в технологических процессах, но и продаются на сторону;
- большинство предприятий имеют на балансе жилье, объекты соцкультбыта и т. п.

Важно учитывать, что в мировой практике при определении энергоемкости продукции также широко используется показатель объема вторичных ТЭР (конечное энергопотребление), использованных на производство продукции, то есть энергетические величины приводятся для конечного энергопотребления, определяемого как количество энергии, потребленное в производстве, также определяются энергетические величины для первичного энергопотребления, как количество энергии, потребленное в производстве, и количество энергии, потребленное для генерации энергии на производстве. В величину первичной энергии включаются потери, связанные с переводом топлива в электричество, так же как и потери при передаче и распределении электричества [16].

В то же время оценка энергоэффективности производственного комплекса не может сводиться только к оценке энергоемкости, должна быть определенная система показателей, которая могла бы наиболее полно отразить энергетическую составляющую производства.

Методический подход к оценке энергоэффективности производственного комплекса

С учетом анализа разработок отечественных и зарубежных специалистов для оценки энергоэффективности производственных комплексов авторами предлагается система показателей, разбитых по трем уровням производственного комплекса:

1. Уровень производственного комплекса в целом.
2. Уровень отдельных видов продукции, производимых в производственном комплексе.
3. Уровень технологического процесса по производству продукции.

Показатели энергоэффективности производственного комплекса можно измерить как в целом, так и провести анализ каждого производственного процесса, начиная с подготовки топлива для процесса и заканчивая конечной обработкой продукта. Такой анализ требует большого объема информации, однако именно такой анализ будет являться наиболее исчерпывающим, так как каждый процесс будет рассматриваться в отдельности и будет исключено возможное влияние процессов друг на друга.

Предлагаются следующие основные процессы для промышленного производства:

- подготовка материала;
- производство полуфабрикатов;
- дополнительная обработка;
- окончательная обработка.

Энергетические величины приводятся для конечного энергопотребления (вторичное энергопотребление), определяемого как количество энергии, потребленное в производстве, также определяются энергетические величины для первичного энергопотребления, как количество энергии, потребленное в производстве, генерации энергии на производстве, потери, связанные с переводом топлива в электричество, потери при передаче и распределении электричества.

Примером производственных процессов промышленного производства может

быть металлургическое производство, которое включает несколько возможных типов производства: производство в доменной печи, в печи с подачей кислорода, дуговой электропечи и т. п. Производственные процессы можно подразделить на подготовку материала (спекание, окомкование, коксование), производство полуфабрикатов (производство чугуна, производство стали), дополнительная обработка (отливка, горячий прокат), окончательная обработка (холодный прокат).

Для определения перспективы изменения потребности производственного комплекса в энергии необходимо выявить закономерности взаимосвязи экономического роста с увеличением энергопотребления. На сегодняшний день в развитых странах мира при решении задач перспективного развития упор делается на стратегию «зеленой экономики». В результате в основу оценки перспектив роста энергопотребления положены индикаторы зеленой экономики, которые опираются на показатели выбросов парниковых газов, эмиссии загрязняющих веществ и т. п. В то же время в различных работах состав этих индикаторов несколько отличается.

Например, в работе [2] в качестве основных индикаторов «зеленой экономики» и устойчивого развития рекомендуют принять сокращение выбросов парниковых газов и эмиссии загрязняющих веществ. В материалах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) выделены четыре группы индикаторов, описывающих социально-экономическую ситуацию определенной страны, а также характеристики роста «зеленой экономики» [18].

В результате ведущими специалистами предлагаются следующие индикаторы, измеряющие продуктивность окружающей среды и ресурсов экономики, отображают основные аспекты движения к низкоуглеродной и ресурсоэффективной экономике:

- продуктивность углерода и энергии – экономический выпуск на еди-

ницу эмиссии CO₂ или TPES (Total primary energy supplied – совокупной первичной поставки энергии). Отображает основные взаимодействия внутри климатической системы и углеродного цикла, так же как и энергетическую и экологическую эффективность энергетических ресурсов, которые используются при производстве и потреблении;

- продуктивность ресурсов – экономический выпуск на единицу природного ресурса или использованного материала. Характеризует экономическую и экологическую эффективность природных ресурсов, используемых при производстве и потреблении;
- многофакторная продуктивность (multifactor productivity), связанная с использованием услуг по окружающей среде и использованием природных ресурсов. Повышенная продуктивность в связи с эффективным использованием природных активов и услуг может создать возможности для появления новых рынков и рабочих мест.

Характеризуя индикаторы энергоэффективности с позиций «зеленой экономики» остановимся на показателях база данных проекта ODYSSEE в сфере энергоэффективности. В проект включены 28 стран Европейского союза, сбор информации ведется с 1990 г. и выделяет следующие основные индикаторы, характеризующие эмиссию CO₂ [19]:

- потребление энергии/интенсивность CO₂: отношение энергопотребления в отрасли к интенсивности CO₂;
- потребление на единицу продукции/эмиссия CO₂: отношение энергопотребления в отрасли к эмиссии CO₂ по отношению к физическим индикаторам (потребление на тонну стали, на тонну цветного металла и т. п.);
- потребление энергии/сбережение CO₂: расчет энергопотребления по

отношению к объему сбережения CO₂ после проведения энергоэффективных мероприятий.

По методологии Международного энергетического агентства оценку эмиссии CO₂ можно производить по следующим индикаторам [20]:

- эмиссия CO₂/совокупное потребление энергетических ресурсов (т CO₂/ТДж);
- эмиссия CO₂/выручка (кг CO₂/руб.);
- эмиссия CO₂/кВт (в числителе эмиссия CO₂ при сгорании натурального топлива для выработки электричества, в знаменателе количество произведенного электричества, полученного при сгорании натурального топлива, ядерного топлива, за счет гидроэнергии, геотермальной энергии, солнечной энергии, биотоплива).

Один из индикаторов эмиссии CO₂ – индикатор интенсивности углерода в энергетическом секторе, принятый Международным энергетическим агентством (The IEA Energy Sector Carbon Intensity Index – ESCII). Он отслеживает, сколько тонн CO₂ выделяется на единицу поставленной энергии. За годы, прошедшие после Конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 г. и Киотского протокола, принятого в 1997 г., этот показатель отражает продолжающееся доминирование натурального топлива, в особенности угля, и невысокий рост доли технологий, связанных с низкоуглеродной энергетикой. Индикатор ESCII показывает только одну сторону проблемы декарбонизации: необходимо снизить рост спроса на энергоресурсы и сделать энергетические ресурсы более чистыми [21].

В результате анализа ведущих разработок в области «зеленой экономики», авторами настоящей статьи были приняты следующие показатели, характеризующие переход производственного комплекса к концепции «зеленой экономики»:

- отношение эмиссии CO₂ к первичному потреблению энергетических ресурсов (г CO₂/г у.т);

- отношение эмиссии CO₂ к валовой выручке в сопоставимых ценах (г CO₂/руб.);
- отношение эмиссии CO₂ к первичному потреблению электроэнергии (г CO₂/кВт ч).

Предлагаемый состав индикаторов энергоэффективности производственного ком-

плекса, структурированный по различным уровням, приведен в табл. 2. Алгоритмы расчета отдельных индикаторов рассмотрены в [22]. Отметим, что внутри каждого из уровней показатели дополнительно структурируются в виде блочной структуры, отражающей различные стороны и аспекты анализа энергоэффективности.

Таблица 2

Показатели энергоэффективности производственного комплекса,
структурированные по различным уровням

| Показатели | Единицы измерения |
|--|------------------------------|
| 1. Уровень производственного комплекса (Э₁) | |
| <i>Блок 1.1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения</i> | |
| 1. Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению в сопоставимых ценах | г у.т/руб. |
| 2. Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению выручки | кВт·ч/ тыс. руб. |
| 3. Энергоемкость валовой выручки по конечному (вторичному) энергопотреблению в сопоставимых ценах | г у.т/руб. |
| 4. Электроемкость валовой выручки по конечному (вторичному) энергопотреблению выручки | кВт·ч/ тыс. руб. |
| 5. Уровень потерь электроэнергии в электрических сетях производственного комплекса | % |
| 6. Уровень потерь теплоэнергии в теплосетях | % |
| <i>Блок 1.2. Экономическая эффективность энергопотребления и эффективность использования основных фондов</i> | |
| 1. Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке | % |
| 2. Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту объема производства | отн. ед. (%) |
| 3. Коэффициент опережения потребления первичных энергетических ресурсов по отношению к росту объема производства | отн. ед. (%) |
| 4. Энергоемкость основных производственных фондов | г у.т/руб. |
| 5. Электроемкость основных производственных фондов | кВт·ч/ тыс. руб. |
| <i>Блок 1.3. Экологическая эффективность потребления топливно-энергетических ресурсов</i> | |
| 1. Отношение эмиссии CO ₂ к первичному потреблению энергетических ресурсов | г CO ₂ / г у.т |
| 2. Отношение эмиссии CO ₂ к валовой выручке в сопоставимых ценах | г CO ₂ /руб. |
| 3. Отношение эмиссии CO ₂ к первичному потреблению электроэнергии | г CO ₂ / кВт·ч |

Продолжение табл. 2

| Показатели | Единицы измерения |
|--|------------------------------|
| 2. Уровень продукции производственного комплекса (Э₂) | |
| <i>Блок 2.1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения</i> | |
| 1. Энергоемкость производства по <i>i</i> -му виду продукции по конечному (вторичному) энергопотреблению | г у.т/руб. |
| 2. Электроемкость производства по <i>i</i> -му виду продукции по первичному энергопотреблению | кВт·ч/ тыс. руб. |
| 3. Электроемкость производства по <i>i</i> -му виду продукции по конечному (вторичному) энергопотреблению | кВт·ч/ тыс. руб. |
| <i>Блок 2.2. Экономическая эффективность энергопотребления</i> | |
| 1. Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке от реализации по <i>i</i> -му виду продукции | % |
| <i>Блок 2.3. Экологическая эффективность потребления топливно-энергетических ресурсов</i> | |
| 1. Отношение эмиссии CO ₂ к первичному потреблению энергетических ресурсов по <i>i</i> -му виду продукции | г CO ₂ / г у.т |
| 2. Отношение эмиссии CO ₂ к валовой выручке по <i>i</i> -му виду продукции в сопоставимых ценах | г CO ₂ /руб. |
| 3. Отношение эмиссии CO ₂ к первичному потреблению электроэнергии по <i>i</i> -му виду продукции | г CO ₂ / кВт·ч |
| 3. Уровень технологического процесса по производству продукции (Э₃) | |
| <i>Блок 3.1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения</i> | |
| 1. Энергоемкость <i>j</i> -го технологического процесса по производству <i>i</i> -го вида продукции по первичному энергопотреблению | г у.т/руб. |
| 2. Электроемкость <i>j</i> -го технологического процесса по производству <i>i</i> -го вида продукции по первичному энергопотреблению | кВт·ч/ тыс. руб. |
| 3. Энергоемкость <i>j</i> -го технологического процесса по производству <i>i</i> -го вида продукции по конечному (вторичному) энергопотреблению | г у.т/руб. |
| 4. Электроемкость <i>j</i> -го технологического процесса по производству <i>i</i> -го вида продукции по конечному (вторичному) энергопотреблению | кВт·ч/ тыс. руб. |
| <i>Блок 3.2. Экологическая эффективность потребления топливно-энергетических ресурсов</i> | |
| 1. Отношение эмиссии CO ₂ к первичному потреблению энергетических ресурсов для <i>j</i> -го технологического процесса по производству <i>i</i> -го вида продукции | г CO ₂ / г у.т |
| 2. Отношение эмиссии CO ₂ к первичному потреблению электроэнергии для <i>j</i> -го технологического процесса по производству <i>i</i> -го вида продукции | г CO ₂ / кВт·ч |

Как отмечалось ранее и как показано в табл. 2, при анализе энергоэффективности производственного комплекса рассматриваются следующие уровни: уровень производственного комплекса (Э₁), уровень продукции производственного комплекса

(Э₂), уровень технологического процесса по виду продукции (Э₃).

Уровень Э₁ является наиболее агрегированным и оперирует сводными данными по производственному комплексу, без их детализации. На данном уровне сложно прово-

дить глубокий энергетический анализ, но в то же время данные на уровне \mathcal{E}_1 являются наиболее доступными. По сути, уровень \mathcal{E}_1 – уровень сводного анализа и выявления основных проблем в области энергоэффективности производственного комплекса. Кроме того, оценки, получаемые на этом уровне, показывают синтетическое влияние, реализуемых на предприятиях производственного комплекса мероприятий и проектов на энергоэффективность его деятельности. Поэтому с позиции оценки результатов, проводимой в производственном комплексе политики в области энергоэффективности, уровень \mathcal{E}_1 является наиболее важным.

Уровень \mathcal{E}_2 – уровень оценки энергоэффективности деятельности производственного комплекса по отдельным видам продукции (как правило профилирующим), на производстве которых специализируется комплекс. Данный уровень необходим прежде всего для оценки эффективности технологических циклов, используемых на предприятиях комплекса, и принятию решений по реализации технической политики на них. Кроме того, оценки, получаемые на уровне \mathcal{E}_2 , позволяют провести сопоставление предприятий комплекса с основными конкурентами, оценить свои конкурентные позиции и выработать конкурентные стратегии развития. Следует отметить, что данные, необходимые для оценки показателей энергоэффективности на этом уровне поддерживаются не всегда и зачастую для получения таких оценок требуется проведение энергетического анализа деятельности производственного комплекса и образующего его предприятий. Поэтому во многих случаях при проведении оценок энергоэффективности производственного комплекса ограничиваются только уровнем \mathcal{E}_1 .

Уровень \mathcal{E}_3 является уровнем еще более глубокого энергетического анализа деятельности производственного комплекса. По сути, на этом уровне оценивается энер-

гоэффективность основных технологических процессов, используемых на предприятиях комплекса, что позволяет наиболее точно выявить «узкие» места в этой области и сформировать наилучшие варианты решения возникающих проблем и, соответственно, предложить наиболее оптимальный вариант мероприятий и проектов по развитию производственного комплекса в направлении роста его энергоэффективности. В то же время данные для проведения оценок на уровне \mathcal{E}_3 получить очень сложно, а зачастую невозможно (например, это может быть связано с установкой сложного дорогостоящего измерительного оборудования). Кроме того, на этом уровне можно провести анализ по очень ограниченному числу показателей. Поэтому во многих случаях оценки на уровне \mathcal{E}_3 не производятся.

Также следует отметить, что на уровнях \mathcal{E}_2 и \mathcal{E}_3 оценки, получаемые по отдельным показателям (блокам показателей), не всегда являются равнозначными (имеют различный вес в формировании результирующей оценки энергоэффективности). Поэтому отдельным шагом при проведении оценки энергоэффективности на этих уровнях является оценка значимости отдельных блоков (показателей энергоэффективности). Для реализации этого шага предлагается использовать метод анализа иерархий [25], используя предложенную в табл. 3 шкалу.

В качестве примера использования метода анализа иерархий применительно к задаче оценки энергоэффективности рассмотрим уровень \mathcal{E}_3 . Пусть технологический процесс по производству продукции является энергоемким, поэтому доля блока 3.1 в результирующей оценке энергоэффективности технологического процесса должна быть больше, чем доля блока 3.2. В этом случае выбирается балльная оценка 5, которая свидетельствует о том, что интегральный показатель по одному блоку будет иметь сильное превосходство над другим. Тогда расчет весовых коэффициентов будет рассматриваться как в табл. 4.

В результате результирующая оценка на уровне Θ_3 будет рассчитываться следующим образом:

$$\Theta_3 = X_{3,1} \cdot 0,83 + X_{3,2} \cdot 0,17, \quad (1)$$

где $X_{3,1}$ – результирующая (интегральная) оценка энергоэффективности производственного комплекса на уровне Θ_3 по блоку 3.1;

$X_{3,2}$ – результирующая (интегральная) оценка энергоэффективности производственного комплекса на уровне Θ_3 по блоку 3.2

Аналогичным образом можно рассмотреть другие возможные ситуации и соотношения между показателями $X_{3,1}$ и $X_{3,2}$.

Абсолютно на таких принципах производится сопоставление показателей и получение интегральных оценок энергоэффективности на уровне Θ_2 . Что касается уровня Θ_1 , то здесь все оценки по блокам принимаются равновесными (равнозначными). Поэтому в общем виде можно записать следующее выражение для определения результирующих оценок энергоэффективности на k -м уровне оценки:

$$\Theta_k = \sum_{n=1}^N X_{kn} \cdot a_n; \quad \sum_{n=1}^N a_n = 1, \quad (2)$$

где X_{kn} – результирующая (интегральная) оценка энергоэффективности производственного комплекса на k -м уровне по n -му блоку;

N – число блоков показателей, по которым производится оценка энергоэффективности на k -м уровне;

a_n – весовой коэффициент n -го блока в формировании интегральной оценки энергоэффективности на k -м уровне.

Как видно из данных табл. 2, все показатели, используемые для оценки энергоэффективности производственного комплекса на разных уровнях оценки, имеют различные, несопоставимые между собой, единицы измерения. Поэтому для получения оценок по блокам показателей X_{kn} , а впоследствии и интегральной оценки энергоэффективности на каждом уровне Θ_k прибегают к процедуре нормирования оценок по отдельным показателям, то есть их приведению в безразмерный сопоставимый

Таблица 3

Шкала оценки результатов сравнения альтернатив

| Балльная оценка | Характеристика схожести альтернатив |
|-----------------|-------------------------------------|
| 1 | Равноценность |
| 3 | Умеренное превосходство |
| 5 | Сильное превосходство |
| 7 | Очень сильное превосходство |
| 9 | Высшее (крайнее) превосходство |
| 2, 4, 6, 8 | Промежуточные значения |

Таблица 4

Пример расчета весовых коэффициентов по методу анализа иерархий для уровня Θ_3

| Блок | $X_{3,1}$ | $X_{3,2}$ | Сумма по строке | Нормированное значение | Вес, % |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------------------|------------|
| $X_{3,1}$ | 1 | 5/1 | 6 | 0,83333333 | 83,3333333 |
| $X_{3,2}$ | 1/5 | 1 | 1,2 | 0,16666667 | 16,6666667 |
| Сумма | | | 7,2 | | |

вид. Предлагаемый авторами подход к нормированию выглядит следующим образом:

$$\alpha_{kns}^{\text{норм}} = \frac{\alpha_{kns}}{\alpha_{kns, \text{баз}}}, \quad (3)$$

где $\alpha_{kns}^{\text{норм}}$ – нормированное значение показателя s , входящего в блок n на k -м уровне оценки энергоэффективности;

α_{kns} – текущее (фактическое) значение показателя s , входящего в блок n на k -м уровне оценки энергоэффективности;

$\alpha_{kns, \text{баз}}$ – базовое значение показателя s , входящего в блок n на k -м уровне оценки энергоэффективности. Обычно в качестве базовых значений берут значения, аналогичные показателям основных конкурентов или целевые ориентиры, определенные стратегией развития производственного комплекса в перспективный период. Следует отметить, что проблема определения и обоснования базовых значений показателей энергоэффективности производственных комплексов представляет собой отдельную большую задачу, которая решается индивидуально для каждого конкретного комплекса и универсальных (унифицированных) подходов к своему решению не имеет.

Зная нормированные значения отдельных показателей энергоэффективности, нетрудно определить результирующие оценки по блокам показателей. Для этого предлагается использовать среднее геометрическое значение по показателям, входящим в блок.

$$X_{kn} = \sqrt[Z]{\prod_{s=1}^Z \alpha_{kns}^{\text{норм}}}, \quad (4)$$

где Z – число показателей, входящих в блок n на k -м уровне оценки энергоэффективности.

По аналогичному алгоритму определяется интегральный показатель энергоэффективности на уровне \mathcal{E}_1 , в отличие от уровней \mathcal{E}_2 и \mathcal{E}_3 , где интегральные показатели определяются в соответствии с выражением (2).

При трехуровневой оценке энергоэффективности производственного комплекса, предлагаемой в настоящей статье, помимо оценок на каждом из уровней \mathcal{E}_k , необ-

ходимо получить общую результирующую оценку $\mathcal{E}_{\text{общ}}$, объединяющей в себе оценки на всех уровнях и являющейся наиболее объективным интегральным критерием энергоэффективности комплекса. Однако следует учесть, что оценки на уровнях \mathcal{E}_2 и \mathcal{E}_3 , как отмечалось ранее, доступны не всегда. В этом случае оценка $\mathcal{E}_{\text{общ}}$ будет совпадать с \mathcal{E}_1 . В основу расчета $\mathcal{E}_{\text{общ}}$ положено выражение (5).

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \sqrt[M]{\prod_{m=1}^M \mathcal{E}_1^m \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad (5)$$

где \mathcal{E}_1^m – интегральная оценка энергоэффективности на 1-м уровне, полученная для предприятия производственного комплекса m ;

M – число основных предприятий производственного комплекса, по которым проводилась оценка энергоэффективности. Следует отметить, что при большом числе предприятий, входящих в производственный комплекс оценка энергоэффективности может проводиться для отдельных предприятий-типореферентов в предположении, что оценки, полученные по этой выборке предприятий, в целом отражают состояние дел по комплексу в целом;

K_2 – коэффициент, учитывающий оценки энергоэффективности, полученные для уровня \mathcal{E}_2 ;

K_3 – коэффициент, учитывающий оценки энергоэффективности, полученные для уровня \mathcal{E}_3 .

В свою очередь, величины K_2 и K_3 определяются:

$$K_2 = \sum_{i=1}^R \mathcal{E}_{2i} \cdot b_i; \quad \sum_{i=1}^R b_i = 1, \quad (6)$$

где \mathcal{E}_{2i} – результирующая оценка энергоэффективности, полученная для i -го вида продукции, производимой в производственном комплексе;

R – число основных видов продукции, производимой в производственном комплексе;

b_i – удельный вес i -го вида продукции в валовой выручке.

$$K_2 = \sum_{i=1}^R \mathcal{E}_{2i} \cdot b_i; \quad \sum_{i=1}^R b_i = 1, \quad (7)$$

где \mathcal{E}_{2j} – результирующая оценка энергоэффективности, полученная для j -го технологического процесса по производству продукции в производственном комплексе;

H – число основных технологических процессов, используемых в производственном комплексе;

c_j – значимость (вес) j -го технологического процесса в деятельности производственного комплекса. Значения c_j обычно определяются экспертным путем, исходя из анализа используемых технологий и процессов в условиях конкретного производственного комплекса.

Апробация методического подхода применительно к оценке основных показателей энергоэффективности Уральской горно-металлургической компании

Предложенный методический подход к оценке энергоэффективности производственного комплекса был апробирован на примере крупнейшего холдинга России – Уральской горно-металлургической компании (УГМК). УГМК объединяет почти 50 предприятий различных отраслей промышленности, расположенных во многих регионах России (Свердловская область, Оренбургская область, Республика Башкортостан, Тюменская область и др.). Суммарный годовой оборот УГМК составляет несколько миллиардов долларов.

Ключевые активы холдинга сосредоточены в горнодобывающей отрасли, цветной металлургии и машиностроении. Основу компании составляет замкнутая технологическая цепочка по производству продукции из меди: от добычи сырья до производства готовой продукции на ее основе (медная катанка, прокат, кабельно-проводниковые изделия, радиаторы). Помимо меди, УГМК заняла прочные позиции на рынке цинка, свинца, драгоценных и редкоземельных ме-

таллов. Управлением ключевыми активами УГМК занимается управляющая компания ООО «УГМК-Холдинг».

Основными видами производственно-хозяйственной деятельности УГМК являются [23]:

- добыча и переработка медного сырья и производство медных катодов;
- производство продукции повышенной степени готовности из меди и других цветных металлов: медная катанка, кабельная продукция, медные порошки, изделия из медных порошков, прокат цветных металлов, радиаторы и др.;
- извлечение содержащихся в медном сырье металлов: производство золота и серебра в слитках банковской чистоты, производство селена и теллура;
- производство химической продукции: кислота серная, медный купорос, никель серноокислый, ксантогенат;
- добыча и переработка цинкового сырья, производство цинка и продукции на основе цинка;
- услуги по цинкованию металлоконструкций;
- переработка вторичного свинец-содержащего сырья, производство свинца и свинцовых сплавов;
- добыча железной руды и производство железорудного концентрата;
- производство стального проката и калиброванной стали;
- производство продукции стройиндустрии: кирпич, щебень и т. д.;
- реализация проектов по строительству жилых зданий, застройке торговых и офисных площадей;
- производство сельскохозяйственной продукции.

Технологические процессы, реализованные в производственном комплексе УГМК в большинстве случаев требуют значительного потребления энергоресурсов, а также сопровождаются значительной нагрузкой

на окружающую среду в виде выбросов вредных веществ в атмосферу (окись серы (SO_x), оксид азота (NO_x), летучие органические соединения, монооксид углерода (CO), двуокись углерода (CO_2), оксид азота (N_2O), следовые элементы и выделенные стойкие органические загрязнители (CO_3). Основными загрязнителями являются диоксид серы (SO_2) и CO).

Говоря об энергозатратах основного производства в УГМК, в качестве примера можно привести следующие данные. Производство меди требует выделения энергии на большинстве этапов, использование энергии в электролитическом процессе наиболее важно. Потребность в производстве энергии (полезной) в ряде процессов с использованием медного концентрата варьируется в диапазоне 14–20 ГДж/т катода меди. Количество энергии, потребляемой на стадии электролитической очистки меди, равно 300–400 кВт · ч на тонну меди [24].

Отмеченные обстоятельства позволяют заключить, что задачи оценки и повышения энергоэффективности производственного комплекса компании очень актуальны.

При проведении оценки энергоэффективности более чем из 50 предприятий Уральской горно-металлургической компании в качестве характерных типопредставителей были рассмотрены показатели деятельности трех предприятий, деятельность которых связана добычей медной руды, обработкой, производством черновой и катодной меди: ОАО «Святогор» (добыча медно-цинковой руды, медно-железо-ванадиевой руды, переработка сырья, промежуточный продукт), ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» (переработка руды, переработка сырья, промежуточный продукт), ОАО «Уралэлектромедь» (переработка сырья, промежуточный продукт, переработка медных анодов, переработка электролита и медных гранул). Основные показатели, характеризующие деятельность этих предприятий и потребление ими энергоресурсов представлены в табл. 5.

В табл. 6 представлены показатели энергоэффективности по рассматриваемым предприятиям. При этом ввиду ограниченности исходных данных оценка энергоэффективности осуществлялась для них только на уровне \mathcal{E}_1 в разрезе двух блоков. Нормированные значения показателей энергоэффективности предприятий приведены в табл. 7. В качестве базовых значений для проведения апробации методики были взяты уровни показателей энергоэффективности анализируемых предприятий в 2010 г., которые рассматривались в качестве целевых ориентиров, которые необходимо превзойти.

Результаты проведенных расчетов для предприятий УГМК в период 2011–2013 гг. позволяют заключить следующее:

- по всем рассматриваемым предприятиям в анализируемом периоде произошел рост показателей энергоэффективности по сравнению с базовым периодом (значение интегрального показателя \mathcal{E}_1 и его отдельных составляющих в нормированном виде было меньше единицы, которая соответствовала уровню 2010 г.)
- с другой стороны, по отдельным предприятиям в анализируемом периоде наблюдается разнонаправленная динамика интегрального показателя энергоэффективности: показатель \mathcal{E}_1 по ОАО «СУМЗ» постоянно увеличивается, что говорит об отрицательной динамике по данному предприятию; показатели \mathcal{E}_1 по двум другим предприятиям не имеют постоянной динамики, поэтому, несмотря на временные улучшения значений показателей \mathcal{E}_1 по годам, общая отрицательная динамика по ОАО «СУМЗ» сглаживает положительные значения;
- большое влияние на показатели энергоэффективности имеет показатель «Первичное потребление энергии», так как данный показатель входит в

Таблица 5

Основные показатели деятельности ОАО «Святогор»,
ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» и ОАО «Уралэлектромедь»

| Показатель | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. |
|---|---------|---------|---------|---------|
| ОАО «Святогор» | | | | |
| Валовая выручка, млн руб. | 7070,0 | 9817,5 | 9148,3 | 8466,3 |
| Индекс роста валовой выручки, отн. ед. | – | 1,389 | 0,932 | 0,925 |
| Среднегодовая стоимость основных фондов производственного комплекса, млн руб. | 4838,0 | 5514,7 | 6575,2 | 7028,3 |
| Объем первичного энергопотребления, тыс. т у.т. | 202,3 | 200,0 | 198,6 | 199,4 |
| Первичное потребление электроэнергии, млн кВт·ч | 239,5 | 239,5 | 230,7 | 228,0 |
| Стоимость потребленных топливно-энергетических ресурсов, млн руб. | 823,7 | 903,7 | 1092,3 | 740,6 |
| Индекс потребления электроэнергии, отн. ед. | – | 1,000 | 0,963 | 0,988 |
| ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» | | | | |
| Валовая выручка, млн руб. | 10759,3 | 12551,4 | 14209,2 | 12116,0 |
| Индекс роста валовой выручки, отн. ед. | – | 1,167 | 1,132 | 0,853 |
| Среднегодовая стоимость основных фондов производственного комплекса, млн руб. | 11996,3 | 12087,1 | 12023,6 | 12006,7 |
| Объем первичного энергопотребления, тыс. т у.т. | 361,6 | 298,3 | 306,4 | 297,3 |
| Первичное потребление электроэнергии, млн кВт·ч | 492,5 | 445,5 | 509,6 | 502,5 |
| Стоимость потребленных топливно-энергетических ресурсов, млн руб. | 1161,4 | 1242,6 | 1362,9 | 1475,2 |
| Индекс потребления электроэнергии, отн. ед. | – | 0,905 | 1,144 | 0,986 |
| ОАО «Уралэлектромедь» | | | | |
| Валовая выручка, млн руб. | 14802,0 | 16612,2 | 22082,2 | 21322,2 |
| Индекс роста валовой выручки, отн. ед. | – | 1,122 | 1,329 | 0,966 |
| Среднегодовая стоимость основных фондов производственного комплекса, млн руб. | 10817,1 | 14285,8 | 16126,7 | 16508,0 |
| Объем первичного энергопотребления, тыс. т у.т. | 345,3 | 330,7 | 335,2 | 325,2 |
| Первичное потребление электроэнергии, млн кВт·ч | 394,1 | 406,2 | 423,1 | 422,2 |
| Стоимость потребленных топливно-энергетических ресурсов, млн руб. | 1404,6 | 1553,7 | 1673,9 | 1701,0 |
| Индекс потребления электроэнергии, отн. ед. | – | 1,031 | 1,042 | 0,998 |

Таблица 6

Расчетные значения показателей энергоэффективности ОАО «Святогор»,
ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» и ОАО «Уралэлектромедь»

| Показатель | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. |
|---|---------|---------|---------|---------|
| ОАО «Святогор» | | | | |
| Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, г у.т./руб. | 28,62 | 20,38 | 21,71 | 23,55 |
| Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт·ч/тыс. руб. | 33,87 | 24,39 | 25,22 | 26,93 |
| Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке, отн. ед. | 0,12 | 0,09 | 0,12 | 0,09 |
| Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки, отн. ед. | – | 0,72 | 1,03 | 1,07 |
| Энергоемкость основных производственных фондов, г у.т./руб. | 41,82 | 36,28 | 30,21 | 28,37 |
| Электроемкость основных производственных фондов, кВт·ч/тыс. руб. | 49,50 | 43,43 | 35,09 | 32,44 |
| ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» | | | | |
| Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, г у.т./руб. | 33,60 | 23,77 | 21,56 | 24,54 |
| Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт·ч/тыс. руб. | 45,78 | 35,49 | 35,86 | 41,48 |
| Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке, отн. ед. | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,12 |
| Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки, отн. ед. | – | 0,78 | 1,01 | 1,16 |
| Энергоемкость основных производственных фондов, г у.т./руб. | 30,14 | 24,68 | 25,48 | 24,76 |
| Электроемкость основных производственных фондов, кВт·ч/тыс. руб. | 41,06 | 36,86 | 42,38 | 41,85 |
| ОАО «Уралэлектромедь» | | | | |
| Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, г у.т./руб. | 23,33 | 19,90 | 15,18 | 15,25 |
| Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт·ч/тыс. руб. | 26,62 | 24,45 | 19,16 | 19,80 |
| Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке, отн. ед. | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,08 |
| Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки, отн. ед. | – | 0,92 | 0,78 | 1,03 |
| Энергоемкость основных производственных фондов, г у.т./руб. | 31,92 | 23,15 | 20,78 | 19,70 |
| Электроемкость основных производственных фондов, кВт·ч/тыс. руб. | 36,43 | 28,43 | 26,24 | 25,57 |

Таблица 7

Нормированные показатели энергоэффективности ОАО «Святогор»,
ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» и ОАО «Уралэлектромедь»

| Показатель | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. |
|---|---------|---------|---------|---------|
| ОАО «Святогор» | | | | |
| Блок 1.1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения | | | | |
| Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению | 1,000 | 0,712 | 0,759 | 0,823 |
| Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению | 1,000 | 0,720 | 0,745 | 0,795 |
| Блок в целом | 1,000 | 0,716 | 0,752 | 0,809 |
| Блок 1.2. Экономическая эффективность энергопотребления и эффективность использования основных фондов | | | | |
| Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке | 1,000 | 0,790 | 1,025 | 0,751 |
| Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки | – | 1,000 | 1,436 | 1,482 |
| Энергоемкость основных производственных фондов | 1,000 | 0,868 | 0,722 | 0,678 |
| Электроемкость основных производственных фондов | 1,000 | 0,877 | 0,709 | 0,655 |
| Блок в целом | 1,000 | 0,881 | 0,932 | 0,839 |
| Интегральный показатель на уровне Э ₁ | 1,000 | 0,794 | 0,837 | 0,824 |
| ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» | | | | |
| Блок 1.1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения | | | | |
| Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению | 1,000 | 0,707 | 0,642 | 0,730 |
| Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению | 1,000 | 0,775 | 0,783 | 0,906 |
| Блок в целом | 1,000 | 0,741 | 0,709 | 0,813 |
| Блок 1.2. Экономическая эффективность энергопотребления и эффективность использования основных фондов | | | | |
| Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке | 1,000 | 0,917 | 0,889 | 1,128 |
| Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки | – | 1,000 | 1,303 | 1,492 |
| Энергоемкость основных производственных фондов | 1,000 | 0,819 | 0,846 | 0,822 |

| Показатель | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Электроемкость основных производственных фондов | 1,000 | 0,898 | 1,032 | 1,019 |
| Блок в целом | 1,000 | 0,906 | 1,003 | 1,090 |
| Интегральный показатель на уровне Э ₁ | 1,000 | 0,819 | 0,843 | 0,941 |
| ОАО «Уралэлектромедь» | | | | |
| Блок 1.1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения | | | | |
| Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению | 1,000 | 0,853 | 0,651 | 0,654 |
| Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению | 1,000 | 0,918 | 0,720 | 0,744 |
| Блок в целом | 1,000 | 0,885 | 0,684 | 0,697 |
| Блок 1.2. Экономическая эффективность энергопотребления и эффективность использования основных фондов | | | | |
| Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке | 1,000 | 0,986 | 0,799 | 0,841 |
| Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки | – | 1,000 | 0,853 | 1,125 |
| Энергоемкость основных производственных фондов | 1,000 | 0,725 | 0,651 | 0,617 |
| Электроемкость основных производственных фондов | 1,000 | 0,781 | 0,720 | 0,702 |
| Блок в целом | 1,000 | 0,864 | 0,752 | 0,800 |
| Интегральный показатель на уровне Э ₁ | 1,000 | 0,875 | 0,717 | 0,747 |
| Уральская горно-металлургическая компания в целом | | | | |
| Интегральный показатель Э _{общ} | 1,000 | 0,8447 | 0,815 | 0,849 |

расчет показателей «Энергоемкость валовой выручки по первичному потреблению энергии», «Электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению», «Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы», «Электроемкость основных производственных фондов», «Коэффициент опережения потребления электроэнергии по отношению к валовой выручке». По последнему показателю «Коэффициент

опережения потребления электроэнергии по отношению к валовой выручке» прослеживается динамика к опережению роста потребления электроэнергии по отношению к росту валовой выручке, что можно характеризовать как отрицательную тенденцию, требующую реализации мероприятий по энергосбережению и повышению эффективности потребления ТЭР (в первую очередь, электроэнергии).

Заключение

В целом предложенный методический инструментарий оценки энергоэффективности производственного комплекса может быть использован для решения практических задач, связанных со стратегическим развитием комплекса и образующих его предприятий в новых условиях, характеризующихся переходом социально-экономических к стратегии «зеленой экономики». Его основными достоинствами являются комплексный учет различных факторов энергоэффективности, гибкость, возможность проведения анализа различной степени детализации и др.

В качестве дальнейших направлений исследования с использованием разрабо-

танного инструментария следует выделить:

1. проведение практических исследований для крупнейших российских производственных комплексов с учетом всех уровней оценки энергоэффективности;
2. разработка и обоснование системы базовых значений показателей энергоэффективности крупнейших российских производственных комплексов в сопоставлении с ведущими мировыми аналогами;
3. формирование моделей влияния различных факторов на интегральные показатели энергоэффективности производственных комплексов.

Список использованных источников

1. Криворотов В.В., Калина А.В., Третьяков В.Д., Ерыпалов С.Е. и др. Методический инструментарий и результаты оценки конкурентоспособности российских производственных комплексов // Конкурентоспособность социально-экономических систем: вызовы нового времени / под ред. А.И. Татаркина, В.В.Криворотова. М.: Экономика, 2014. С. 75–138.
2. Ануфриев В.П., Ануфриева Е.А., Петрунько Л.А. Повышение конкурентоспособности регионов и предприятий за счет зеленой экономики (на примере Свердловской области) // Вестн. УрФУ. Серия экономика и управление. 2014. № 3. С. 134–145.
3. Бушуев В.В., Троицкий А.А. Энергоэффективность и экономика России // Энергия: экономика, техника, экология. 2004. № 5. С. 10–19.
4. Энергоэффективность: Перспективы для России (Региональный опыт и экспертные предложения). М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2010.
5. Энергосбережение в зеркале промышленной политики. Информационный обзор. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации.
6. Ang B.W., Lee S.Y. Decomposition of industrial energy consumption: some methodological and application issues / Energy Economics. 1994. Vol. 16.
7. Ang B.W., Choi K.H. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method // The Energy J. 1997. Vol. 18 (3).
8. Energy Efficiency: A Recipe for Success. World Energy Council, 2010.
9. Energy Efficiency Indicators: A study of energy efficiency indicators for industry in APEC Economies. Asia Pacific Energy Research Centre, 2000. [Электронный ресурс]. URL: http://aperc.iecej.or.jp/file/2010/9/26/Energy_Efficiency_Indicators_for_Industry_2000.pdf.
10. Energy Indicators System: Index Construction Methodology. Washington D.C.: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy,

2003. [Электронный ресурс]. URL: <http://www1.eere.energy.gov/ba/pba/intensityindicators/>.
11. Energy Policies of IEA Countries. Canada 2009 Review. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/canada2009.pdf>.
 12. Energy Statistics Manual. [Электронный ресурс]. URL: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics_manual.pdf.
 13. Indicators to measure the contribution of energy efficiency and renewables to the Lisbon targets. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 2009. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/profile/publikationen.php>.
 14. McKenna R. Industrial Energy Efficiency. University of Bath, 2009. [Электронный ресурс]. URL: http://opus.bath.ac.uk/18066/1/Industrial_Energy_Efficiency_McKenna_030809.pdf.
 15. Nanduri M., Nyboer J., Jaccard M. Aggregating physical intensity indicators: results of applying the composite indicator approach to the Canadian industrial sector // Energy Policy. Vol. 30.
 16. Worrell E., Neelis M., Price L., Galitsky S., Zhou N. World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors. Berkeley CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2008. [Электронный ресурс]. URL: http://eetd.lbl.gov/sites/all/files/industrial_best_practice_en.pdf.
 17. Энергоемкость продукции электроэнергетики и черной металлургии Свердловской области. Екатеринбург / Губернатор Свердловской области, Министерство экономики и труда Свердловской области, УГТУ-УПИ, Институт экономики УрО РАН, Свердловскстат, 2004.
 18. The OECD green growth measurement framework and indicators. [Электронный ресурс]. URL: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/green-growth-indicators-2013_9789264202030-en#page21.
 19. ODYSSEE database. Key indicators. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html>.
 20. CO₂ emissions from the fuel combustion. Highlights. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>.
 21. Tracking clean energy progress 2013. [Электронный ресурс]. URL: http://www.iea.org/publications/tcep_web.pdf.
 22. Калина А.В., Ерыпалов С.Е., Савельева А.И. Методический подход к оценке энергоэффективности производственного комплекса // Проблемы обеспечения безопасного развития современного общества : сб. трудов IV Международ. науч.-практ. конф. : в 2-х ч. Часть I. Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2014. С. 185–198.
 23. Материалы официального сайта УГМК. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ugmk.com>.
 24. Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов 2013. Общие руководящие указания по подготовке национальных инвентаризаций выбросов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eea.europa.eu/ru/publications/rukovodstvo-emep-eaos-ro-inventarizacii>.
 25. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. М.: Радио и связь, 1991.

Savelieva A.I., post-graduate student,
Kalina A.V., candidate of technical sciences, associate professor,
Erypalov S.E., candidate of economic sciences,
Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

METHODOLOGICAL TOOLS FOR ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF INDUSTRIAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF TRANSITION TO A «GREEN ECONOMY»

The authors define the industrial system as a central object of economic activity of contemporary socio-economic systems, whose operation is directly linked to the functioning of big integrated structures. The article emphasizes the significance of the problem of increasing energy efficiency of industrial systems in the contemporary Russian economy. The authors analyze modern approaches to energy efficiency assessment used in the world science; in particular, they study approaches adopted by the International Energy Agency, the World Energy Council, Asian-Pacific Research Centre, the French Environment and Energy Agency and a number of others, look at their advantages and disadvantages. The authors present their own approach to energy efficiency assessment of industrial systems based on three-level assessment: the level of the industrial system as a whole, the level of specific kinds of goods produced by the industrial system and the level of technological processes of goods manufacturing. The article outlines the authors' system of energy efficiency indicators for industrial systems grouped in accordance with the different levels of assessment and factors of "green economy". The article suggests procedures and approaches to conducting the composite (integral) assessment of energy efficiency at different levels, with their interaction and mutual influence taken into account. The authors tested the proposed methodological approach by assessing the energy efficiency of Russia's biggest industrial system, the Ural Mining and Metallurgical Company (UMMC) engaged in the production of copper and copper products. The studies provided grounds for conclusions and suggestions as to the direction of further studies.

Key words: energy efficiency, industrial system, energy efficiency indicator, "green" economy, assessment method, integral energy efficiency indicator, assessment levels.

References

1. Krivorotov, V.V., Kalina, A.V., Tretyakov, V.D., Erypalov, S.E., et al. (2014). Metodicheskiy instrumentarii i rezul'taty otsenki konkurentosposobnosti rossiiskikh proizvodstvennykh kompleksov [Methodical tools and results of evaluation of competitiveness of Russian manufacturing systems] in *Konkurentosposobnost' sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: vyzovy novogo vremeni [Competitiveness of socio-economic systems: Challenges of new time]*, ed. by Tatarkin A.I., Krivorotov V.V. Moscow, Ekonomika, 75–138.
2. Anufriev, V.P., Anufrieva, E.A., Petrun'ko, L.A. (2014). Povyshenie konkurentosposobnosti regionov i predpriatii za schet zelenoi ekonomiki

- (na primere Sverdlovskoi oblasti) [Increasing competitiveness of regions and companies via green economy (in Sverdlovsk Region)]. *Vestnik URFU [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and management]*, No. 3, 134 – 145.
3. Bushuev, V.V., Troitskii, A.A. (2004). Energoeffektivnost' i ekonomika Rossii [Energy efficiency and Russian economy]. *Energiia: ekonomika, tekhnika, ekologiya [Energy: Economics, technology, ecology]*, No. 5, 10–19.
 4. Energoeffektivnost': Perspektivy dlia Rossii (Regional'nyi opyt i ekspertnye predlozheniia) [Energy efficiency: Prospects for Russia (Local experience and expert suggestions)]. 2010, Moscow, Institute of Sustainable Development / Centre for Environmental Policy of Russia.
 5. Energoberezhenie v zerkale promyshlennoi politiki [Energy conservation in the context of industrial policy]. July 2014. Review. Moscow, Analytical Centre for the Government of the Russian Federation.
 6. Ang, B.W., Lee, S.Y. (1994). Decomposition of industrial energy consumption: some methodological and application issues. *Energy Economics*, Vol. 16.
 7. Ang, B.W., Choi, K.H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method. *The Energy Journal*, Vol. 18(3).
 8. Energy Efficiency: A Recipe for Success (2010). World Energy Council.
 9. Energy Efficiency Indicators: A study of energy efficiency indicators for industry in APEC Economies (2000). Asia Pacific Energy Research Centre. Available at: http://aperc.ieej.or.jp/file/2010/9/26/Energy_Efficiency_Indicators_for_Industry_2000.pdf.
 10. Energy Indicators System: Index Construction Methodology (2003). Washington D.C.: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Available at: <http://www1.eere.energy.gov/ba/pba/intensityindicators/>.
 11. Energy Policies of IEA Countries. Canada 2009 Review. Available at: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/canada2009.pdf>.
 12. Energy Statistics Manual. Available at: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics_manual.pdf.
 13. Indicators to measure the contribution of energy efficiency and renewables to the Lisbon targets (2009). Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. Available at: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/profile/publikationen.php>.
 14. McKenna, R (2009). *Industrial Energy Efficiency*. University of Bath. Available at: http://opus.bath.ac.uk/18066/1/Industrial_Energy_Efficiency_McKenna_030809.pdf.
 15. Nanduri, M., Nyboer, J., Jaccard, M. Aggregating physical intensity indicators: results of applying the composite indicator approach to the Canadian industrial sector. *Energy Policy*, Vol. 30.
 16. Worrell, E., Neelis, M., Price, L., Galitsky, C., Zhou, N. (2008). *World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors*. Berkeley CA, Lawrence Berkeley National Laboratory. Available at: http://eetd.lbl.gov/sites/all/files/industrial_best_practice_en.pdf.
 17. Energoemkost' produktsii elektroenergetiki i chernoi metallurgii Sverdlovskoi oblast [Energy intensity of power engineering and ferrous metallurgy in Sverdlovsk Oblast].

- (2004). Ekaterinburg, Governor of Sverdlovsk Region, Sverdlovsk Region ministry of economy and labour, USTU-UPI, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Sverdlovskstat.
18. The OECD green growth measurement framework and indicators. Available at: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/green-growth-indicators-2013_9789264202030-en#page21.
 19. ODYSSEE database. Key indicators. Available at: <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html>.
 20. CO₂ emissions from the fuel combustion. Highlights. Available at: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>.
 21. Tracking clean energy progress 2013. Available at: http://www.iea.org/publications/tcep_web.pdf.
 22. Kalina, A.V., Erypalov, S.E., Savel'eva, A.I. (2014). Metodicheskii podkhod k otsenke energoeffektivnosti proizvodstvennogo kompleksa [Methodological approach to assessing the energy efficiency of an industrial system]. *Challenges of ensuring safe development of modern society: Proceedings of the fourth international scientific conference, Part 1*. Ekaterinburg, UMC UPI, 185–198.
 23. Ural Mining and Metallurgical Company website. Available at: <http://www.ugmk.com>.
 24. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013. Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>.
 25. Saaty, T., Kearns, K. (1985) *Analytic planning: The Organization of Systems*. Oxford, Pergamon Press [Rus. ed.: Saati T., Kerns K. (1991) *Analiticheskoe planirovanie*. Moscow, Radio and Svyaz).

Information about the authors

Savelieva Anastasya Ilinichna – Post-Graduate Student, Department of Economics of Industrial and Energy Systems, Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: everythingwell@mail.ru.

Kalina Alexei Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Economics of Industrial and Energy Systems, Graduate School of

Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: alexkalina74@mail.ru.

Erypalov Sergei Evgenievich – Candidate of Economic Sciences, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: ese62@rambler.ru.