

УДК 621.311:658.26:35.08

Е. Н. ИИШЕКОВ

ОЦЕНКА УРОВНЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Введение

Общепринятой стратегией решения проблем эко- энергетической безопасности в мире является развитие экономики, общества, страны, региона и цивилизации в целом на принципах устойчивости [1, 2]. Для обеспечения развития экономики страны с учетом экологических и социально – экономических требований на принципах устойчивости необходимо создание и развитие соответствующих институциональных предпосылок, которые обеспечат такое развитие. Для оценки устойчивости развития объекта исследования (страны, региона, отрасли, энергетического комплекса и др.) необходимо применение новых методов исследования и разработки комплексной системы показателей, индикаторов и индексов.

Измерения устойчивого развития

Если попробовать условно проиллюстрировать основные факторы, аспекты и измерения устойчивого развития с точки зрения процессов энергоиспользования (рис.1.), то в этом процессе можно выделить, так называемые “восемь Э”, а именно: Этнос (имеется в виду население данной территории), Энергетика, Экономика, Энергосбережение, Энергоэффективность, Экологический и Энергетический менеджмент, непосредственно факторы и аспекты Экологии (включая и вопросы изменения климата).

Это как раз те понятия, которые характеризуют взаимосвязь человека с окружающей средой

при обеспечении условий их взаимного существования, удовлетворении растущих потребностей человека и не меньше растущих потребностей окружающей среды. Совокупность этих "восьми Э" формирует как сам процесс устойчивого развития (через призму энергоиспользования), так и внутреннюю зависимость отдельных элементов между собой, что, в свою очередь, сказывается на разных уровнях, измерениях и факторах устойчивого развития, таких как социальный, экологический, технико-экономический, управленческий (институциональный). Действительно, потребности человечества, которые постоянно растут с развитием науки, техники, технологий, обеспечиваются развитием экономики и, в первую очередь, энергетики при обязательном внедрении в жизнь принципов энергосбережения и повышения энергоэффективности, что возможно при условии создания иерархической системы эко-энергоменеджмента. Результаты процессов такого развития влияют на экологическую ситуацию (выбросы вредных веществ, значительные выбросы парниковых газов, непосредственное влияние на окружающую среду и др.), а среда, которая окружает нас, в свою очередь, негативно влияет на жизнеспособность человека на Земле (влияние на здоровье человека, социально-экономические последствия изменения климата и др.). Величину и характер взаимодействий в системе «цивилизация – окружающая среда» необходимо постоянно отслеживать, устанавливая эффективные обратные связи системы управления устойчивого развития.



Рис.1. Составляющие и измерения устойчивого развития

Таким образом, новая стратегия „устойчивого развития” системно соединила четыре главные составляющие (измерения) развития общества: экономическую, природоохранную (экологическую), социальную [3] и институциональную:

1. **Технико-экономическое измерение** или подход заключается в оптимальном использовании ограниченных ресурсов и применении природо-, энерго- и материалосберегающих технологий для создания совокупного дохода, который бы обеспечивал по крайней мере сохранение (не уменьшение) совокупного потенциала (физического, материального, природного или человеческого), с использованием которого этот совокупный доход создается. Вместе с этим переход к информационному, постиндустриальному обществу приводит к изменению структуры совокупного капитала в интересах человеческого фактора, увеличивая невещественные потоки финансов, информации и интеллектуальной собственности. Уже сейчас эти потоки превышают объемы перемещения материальных товаров в семь раз. Развитие новой, «невесомой» экономики стимулируется не только дефицитом природных ресурсов, но и нарастающими объемами информации и знаний, которые получают значение востребованного товара.

2. С точки зрения **экологического измерения** устойчивое развитие должно обеспечить целостность биологических и физических природных систем, их жизнеспособность, от чего зависит глобальная стабильность развития всей цивилизации. Особенное значение приобретает возможность таких систем самовосстанавливаться и адаптироваться к разнообразным изменениям вместо пребывания в определенном статическом состоянии или деградации и потери биологического разнообразия.

3. Социальное измерение ориентировано на человеческое развитие, на сохранение стабильности общественных и культурных систем, на уменьшение количества конфликтов в обществе. Человек должен стать не объектом, а субъектом развития. Он должен принимать участие в процессах формирования своей жизнедеятельности, принятия и реализации решений, осуществлять контроль их выполнения. Важным для обеспечения этих условий является справедливое распределение благ между людьми, плюрализм мыслей и толерантность в отношениях между ними, сохранение культурного капитала и его разнообразия, в первую очередь наследия не доминирующих культур.

4. К институциональному измерению, которое характеризует степень достижения страны в процессе формирования действительно гражданского общества, относятся: развитие законодательства, его дееспособность (уровень выполнения законов, одинаковой ответственности всех перед законом, защищенность перед административным или экономическим влиянием на решение судов и другое), развитие государственных институтов исполнительной власти, управления, структура подготовки, обучение и повышение квалификации специалистов и широких кругов населения в понимании заданий устойчивого развития и путей их достижения, да и еще много других составляющих.

Системное согласование и сбалансирование этих составляющих является задачей огромной сложности. В частности, взаимная связь социальной и экологической составляющих приводит к необходимости сохранения одинаковых прав сегодняшних и будущих поколений на использование природных ресурсов. Взаимодействие социальной и экономической составляющих требует достижения справедливости при распределении материальных благ между людьми и предоставления целеустремленной помощи бедным слоям общества. Взаимосвязь природоохранной и экономической составляющих нуждается в стоимостной оценке техногенного влияния на окружающую среду. Сбалансированное развитие институциональных факторов должно учитывать, в первую очередь, социальную, экологическую, а уже потом и технико-экономическую составляющую. Решение этих заданий является самым главным вызовом настоящего времени для национальных правительств, авторитетных международных организаций и всех прогрессивных людей мира.

Для Украины, которая находится в поиске „своего пути“, очень важно не допустить принципиальных ошибок в выборе направления этого пути. Риск заключается в том, что значительно легче предоставить преимущество внешне привлекательному экономическому развитию, без учета в единственной, целостной модели экологической, социальной и институциональной сфер деятельности. Тем более, что воплощение концепции устойчивого развития не будет гарантировать быстрого роста благосостояния людей, а будет требовать напряженной работы и консолидированных усилий политиков, управленцев, ученых и всего прогрессивного населения Украины.

Основные принципы метода научного исследования – метод оценки устойчивости развития

Как показано в [4] процессы энергоиспользования отражают все взаимодействие развития человечества и протекающие при этом изменения в природе. Таким образом, для оценки устойчивости развития энергоиспользования, а значит энергетики и энергетических комплексов, необходимо интегрировано учитывать те сферы деятельности, которые до сих пор рассматривались по отдельности. Главной задачей и основной целью такой оценки является периодический мониторинг изменений во времени переменных величин, индикаторов и индексов состояний общей системы «человек – природа», чтобы с их помощью определить «где мы находимся», «куда направлена тенденция нашего развития», и «насколько мы близки к поставленным целям (если таковые установлены)». Важным компонентом является также корректное сопоставление с другими объектами, регионами, странами, что помогает определить комплекс существующих проблем в энергоиспользовании и показать пути их решения.

В данных условиях эффективным может быть разработка и применение нового метода исследования при принятии технических решений – метод анализа устойчивости развития. Этот метод исследования может быть сформулирован в условиях повсеместного применения широкой научной общественностью основного принципа развития постиндустриальной, информационной цивилизации XXI века – принципа устойчивого развития.

Признаки анализа устойчивости развития. Они основываются на том, что любое решение может (и должно) быть оценено с позиций четырех измерений (размерностей):

- экономического (учет технико-экономических показателей с позиций развития экономики

высшего уровня);

- экологического (учет экологических показателей, характеризующих степень воздействия принятого решения на проблемы изменения климата и окружающей среды);
- социального (учет показателей изменения социального статуса или уровня комфортности лиц, связанных с результатами использования принятого решения);
- институционального (учет показателей, связанных с необходимостью внесения институциональных изменений в организации или обществе для или при принятии данного решения).

В зависимости от вида принимаемого решения каждое из этих измерений может иметь свой приоритет (вес), в общем случае они могут быть равнозначными.

На основании анализа могут быть предложены показатели, индикаторы и индексы устойчивости развития.

Фактически реализуется известный принцип «шаг вперед и два назад» - надо видеть глобальную проблему и принимать решение с учетом целей глобального уровня, но на уровне технологических или управленческих проблем. Тем самым, реализуя принцип – «Думай глобально, действуй локально!».

Для оценки устойчивости развития энергетического комплекса (ЭК) (от отдельного объекта до страны, региона, материка и т.д.) необходимо иметь:

- соответствующее методическое обеспечение;
- структурированные и достоверные исходные данные;
- соответствующие коммуникационные возможности для передачи и обработки данных;
- постоянную систему мониторинга, контроля и анализа динамически меняющихся переменных и полученных результатов оценки.

Оценка устойчивости развития (ОУР) ЭК не должна быть «пассивным инструментом», который фиксирует только «состояние дел», а она должна способствовать действительно развитию на принципах устойчивости, предлагая лицу, принимающему решение (ЛПР), ясные координаты дальнейших действий. Конечно, для обеспечения вышесказанного ЛПР должен обладать достоверной информацией, которую он может получить из корректно сформированных, достоверных и верифицированных информационно-измерительных систем энергоиспользования (ИИСЭ). Но объем такой информации, если он будет отражать все аспекты процесса энергоиспользования, может быть чрезмерным – таким, что не позволит ЛПР произвести соответствующую его обработку и подготовить на его основе решение. Для снижения сложности такой задачи используются индикаторы и индексы состояния системы, которые описывают отдельные сегменты реальных процессов системы. Используя систему индексов и индикаторов состояния системы, ЛПР может производить оценку устойчивости ее развития, что в стратегическом плане должно позволить обеспечить:

- мониторинг динамики изменения идентифицированных проблем;
- контроль и анализ откликов системы на принятые решения.

Показатели, индикаторы и индексы устойчивого развития

Так как в технической литературе довольно часто используются термины «переменная состояния», «индикатор» и «индекс» в разной их интерпретации, приведем их определение при ОУР ЭК.

Под **переменной состояния системы** будем понимать такую характеристику системы, которая может быть напрямую измерена или, хотя бы, математически формализована для дальнейшего использования в математической модели (например, в виде лингвистической переменной), часто такие переменные называют показателями.

Индикатор – характеристика системы, которая представляет один или несколько специфических феноменов, признаков состояния системы, который-не может быть напрямую измерен или представлен в виде одной переменной состояния и агрегируется их комбинацией.

Индекс - характеристика системы, которая представляет несколько специфических феноменов, признаков состояния системы и описывает специфическую проблему системы, которая определена ЛПР. Индекс агрегируется несколькими индикаторами и/или переменными разных признаков состояния системы, для которых, как правило, определяется их «весовое значение» - коэффициенты значимости.

В общем случае индекс состояния системы (ID) может быть определен как комбинация индикаторов (IN_i) и/или переменных (V_i) разных i -тых признаков состояния системы и их весовых

коэффициентов (a_i, c_i при аддитивных членах и b_i, d_i при мультипликативных членах) с помощью простых арифметических действий:

$$ID = f(\pm \sum_{i=1}^k a_i IN_i; \pm \prod_{i=1}^k b_i IN_i; \pm \sum_{i=1}^k c_i V_i; \pm \prod_{i=1}^k d_i V_i) \quad (1)$$

или вычислен, используя те же компоненты ($IN_i; V_i; a_i; b_i; c_i; d_i$), благодаря более сложному математическому аппарату.

Как пример, в качестве индикатора можно представить удельное энергопотребление $E_{уд}$, которое зависит от двух переменных – потребленной энергии E на единицу продукции N :

$$E_{уд} = E / N. \quad (2)$$

В качестве индекса, например, можно представить индекс уровня благосостояния населения, рассчитываемый ежегодно ООН как комбинация социально-экономических, культурно-образовательных и экологических индикаторов и показателей стран мира [5].

Как следует из вышеприведенных определений, переменные, индикаторы и индексы могут иметь различные шкалы определения: булева шкала – да/нет (0; 1), целых чисел или рациональных чисел. Каждая из этих форм представления характеристик состояния систем имеет как свои области применения, так достоинства и недостатки. Это является очевидным – от наиболее простой формы да/нет, когда решение принять просто, до более сложной формы представления в виде рациональных чисел, рассчитанных с использованием сложных математических моделей, которые в свою очередь предполагают процедуры ранжирования и сравнения.

Можно сформулировать общие требования к индикаторам и индексам ОУР ЭК:

- обобщенность – они не должны зависеть от специфических ситуаций функционирования объекта или быть четко формализованы для каждой такой ситуации, и не участвовать в сопоставлении оценок различных ситуаций;
- индикативность – четко и правдиво представлять тот феномен или признак системы, который они должны характеризовать;
- чувствительность – должны легко и четко отражать изменения в тех процессах, которые они отражают и призваны оценивать;
- устойчивость – должны не претерпевать существенных изменений при незначительном изменении методологии сбора или незначительном уточнении исходных данных.

Важным аспектом для процесса ОУР ЭК является установление отметки благоприятного результата – бенчмарка (benchmark – англ., отметка). Процесс оценки может быть начат, когда есть четкое определение – какие тенденции характеризуют устойчивость или неустойчивость развития ЭК (рис.2).

К основным шагам при создании институциональных предпосылок устойчивого развития ЭК относится создание успешной системы энергетического менеджмента компании (объекта, предприятия, отрасли и др.), при этом необходимо:

- достижение соглашения руководства компании на проведение деятельности по управлению энергоиспользованием на всех уровнях функционирования компании и во всех ее подразделениях и процессах;
- создание организационной структуры (отдела, управления, службы) энергоменеджмента и назначение руководителя этой службы – энергоменеджера;
- создание, обсуждение и принятие энергетической политики компании;
- разработка, внедрение и постоянное развитие системы анализа состояния энергоиспользования в компании, ее подразделениях, отдельных технологиях и оборудовании;
- проведение энергетических аудитов для определения достигнутых результатов в энергоиспользовании;
- установление целей и задач энергоиспользования, общих для всей компании и отдельно для ее подразделений;
- составление плана действий и работ для всех подразделений, технологий и оборудования, как и для компании в целом для повышения эффективности энергоиспользования;
- проведение постоянного контроля, верификации исходных данных и достигнутых результатов, информирование о них всех сотрудников компании;
- внедрение системы мотивации экономии энергии и системы поощрений за достигнутые результаты.

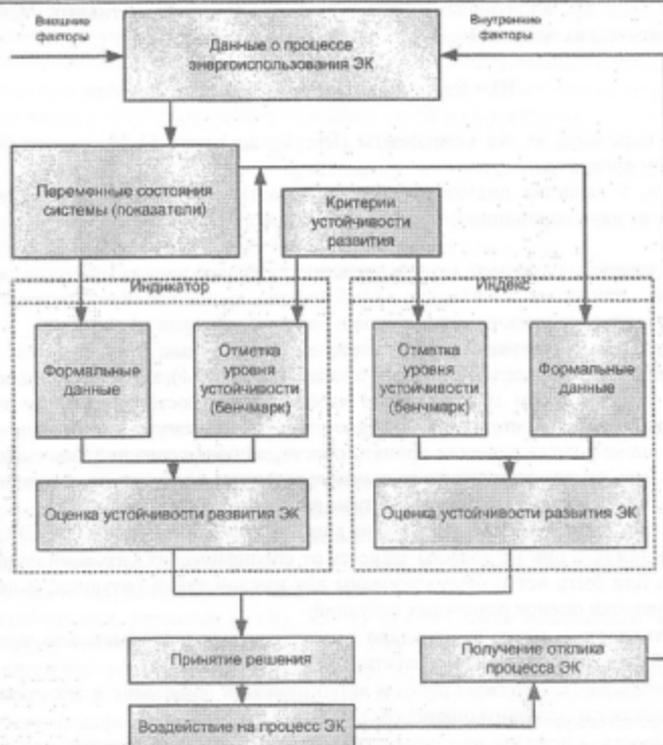


Рис. 2. Процесс принятия решения при оценке устойчивости развития ЭК с использованием показателей, индикаторов и индексов

Одним из важных шагов при постановке целей и задач ЭМ на объекте исследования (компании) является определение некоторых показателей, к которым следует стремиться, которых необходимо достичь. Чаще всего в качестве таких показателей для отдельных технологий и видов оборудования могут использоваться коэффициент полезного действия (если применяется один вид энергии), для отдельных технологий, подразделений объекта или всего объекта (когда используется целый набор видов энергии и энергоносителей) могут использоваться удельное энергопотребление, кривые стандарта энергопотребления и другие показатели нормирования. Процесс определения и установления показателей энергоэффективности процесса энергоиспользования является основной процедурой нормирования – вид деятельности, который был широко применим в условиях плановой экономики и использовался для, в основном, фискальных методов управления – контроль и наказание за несоблюдение установленных норм. В условиях рыночной экономики данный вид деятельности должен носить иной характер – интеграция вместе с другими процедурами (например, аудит, нормализация, мониторинг) в качестве необходимого элемента в систему ЭМ объекта исследования [6].

Опыт западных стран, как раз, и показывает успешные возможности такой интеграции в составе системы ЭМ объекта. Данный процесс получил название «Benchmarking» (от англ. benchmark – отметка, оценка), т.е. процесс установления научно обоснованных целей энергоиспользования, исходя из реальных условий существования объекта исследования, его рыночного окружения, состояния технологии и оборудования, уровня развития науки, техники и экономики страны. Русским аналогом такого термина может быть «целеполагание» [7], как важнейший элемент классического менеджмента с учетом всех приведенных выше формулировок. Таким образом, «целеполагание показателей энергоэффективности» выступает одной из важных и необходимых процедур ЭМ, а результат его состоит в установлении целевого показателя энергоэффективности (ЦПЭ). В качестве такого показателя может выступать «индекс достигнутой/энергоэффективности» (ИДЭ), модифицированный вид используемого в США «energy performance indicator» (EPI) [8].

Математическая модель «индекса достигнутой энергоэффективности»

Целью данного исследования является установление вероятностных характеристик показателей энергоэффективности внутри однородного массива исходных данных (например, для одной отрасли хозяйствования, вида промышленности, вида продукции, вида технологии и т.д.).

Энергоиспользование на i -том объекте исследования E_i можно представить как функцию величины выпуска продукции N_i , систематических экономико-социальных переменных внутреннего характера X_i (например, число часов работы, характеристика исходных материалов и номенклатуры продукции, производственная мощность объекта, коэффициент износа оборудования и др.), систематических переменных внешних факторов Y_i (например, погодные условия, цены на энергоносители, материалы и др.). Кроме упомянутых переменных, существует еще целый ряд случайных значимых факторов, которые на данном этапе не могут быть формализованы. Для их учета зададимся случайной величиной v_i , определяемой как «статистический шум» и распределенной по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением σ_v . Кроме этого, введем еще один случайный компонент u_i , который будет характеризовать процесс неэффективного использования энергии. В отличие от v_i , которая может иметь как положительное, так и отрицательное значение, u_i должно иметь одностороннее положительное статистическое распределение (например, гамма, экспоненциальное или усеченное нормальное распределение). Примем допущение, что две введенные случайные величины являются независимыми, т.е. справедливо выражение $\sigma_{v,u} = 0$. Тогда получим уравнение:

$$E_i = \varphi(N_i, X_i, Y_i, \beta) + \epsilon_i, \quad (3)$$

где β - все параметры модели, которые необходимо определить;

$$\epsilon_i = u_i - v_i.$$

Если установить нижнюю стохастическую границу энергоиспользования (на данный момент – «best practice»), например, наименьший достигнутый уровень энергоиспользования), то неэффективность может быть охарактеризована таким параметром, как разница между актуальными (реальными) показателями энергоиспользования и идеальными показателями. Преобразовав выражение (3), получим:

$$E_i - \varphi(N_i, X_i, Y_i, \beta) + v_i = u_i. \quad (4)$$

Подставив данные от каждого i -того объекта исследования, можно получить ансамбль реализаций u_i , который позволит определить ее функцию распределения и, в свою очередь, представить вероятность того, что неэффективность энергоиспользования i -того объекта будет выше вычисленной по формуле (4):

$$P[u_i \geq E_i - \varphi(N_i, X_i, Y_i, \beta) + v_i] = 1 - F[E_i - \varphi(N_i, X_i, Y_i, \beta) + v_i], \quad (5)$$

где $F[\dots]$ – кумулятивная вероятность, представленная функцией плотности распределения соответствующего одностороннего закона распределения (например, гамма, экспоненциального или усеченного нормального). А величина $1 - F[\dots]$ в выражении (5) может быть представлена относительным значением Индекса достигнутой энергоэффективности (ИДЭ) i -того объекта исследования.

На практике мы можем оценить только значения: $E_i - \varphi(N_i, X_i, Y_i, \beta) = u_i - v_i$, поэтому оценка значения ИДЭ может быть интерпретирована, как:

$$\text{ИДЭ} = 1 - F[E_i - \varphi(N_i, X_i, Y_i, \beta)] = 1 - F[u_i - v_i]. \quad (6)$$

Таким образом, величина ИДЭ, определенная согласно (6) с помощью нормально распределенной величины v_i , в то же время отражает зависимость ее значения от внешних факторов реального объекта $\varphi(N_i, X_i, Y_i, \beta)$. Так как данная оценка базируется на функции распределения показателей «энергетической неэффективности» аналогичных объектов и учитывает реальные условия функционирования ЭК данного объекта, то можно получить ответ на достаточно часто задаваемый практический вопрос: «Как мой объект работает по сравнению с другими, аналогичными, если бы они работали в моих условиях?».

Исходные данные для модели

Математическая модель определения ИДЭ, которая представлена выше, требует наличие соответствующих исходных данных. Набор, степень точности и достоверности исходных данных зависят от объекта исследования, поставленных целей исследования и дальнейшего использования полученных оценок ИДЭ. Чем качественней подготовлен массив исходных данных, корректно произведена оценка и количественный учет большего числа влияющих переменных и факторов,

тем выше будет степень информативности полученного результата анализа ИДЭ, а значит, и правильно будут определены цели и пути построения устойчивого развития ЭК. Например, для ОУР ЭК цементного производства необходима информация о следующих данных:

- энергетических: общее потребление первичной энергии; потребление по видам энергоносителей; установленная мощность технологического и вспомогательного оборудования, баланс энергоиспользования по этапам технологического цикла;
- технико-экономических: время работы предприятия в год, режим работы основного и вспомогательного оборудования, доля материально-энергетических составляющих в себестоимости продукции;
- технологических: проектная мощность по производству клинкера в год; производство цемента в год, включая раскладку по сортам;
- социальных: численность работающих, доля зарплаты в себестоимости продукции; уровень квалификации персонала (возраст, опыт работы, образование, повышение квалификации и др.);
- эколого-климатических: выбросы вредных веществ (объем в зависимости от производительности, плата за выбросы); выбросы парниковых газов (базовый уровень выбросов в зависимости от производительности и состава энергообеспечивающего оборудования и технологий); климатическая зона (градусо-дни) и других.

Выводы

1. Стратегией решения проблем эко- энергетической безопасности в мире является развитие экономики, общества, страны, региона и цивилизации в целом на принципах устойчивости.
2. Приведено описание и характеристика измерений устойчивого развития, предлагаются основные положения метода научного исследования – метода оценки устойчивости развития. Приведены основы формирования показателей, индикаторов и индексов устойчивого развития.
3. Предложен показатель оценки уровня достигнутой энергоэффективности используемой технологии или предприятия в целом.

Литература

1. Доклад Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию, Йоханнесбург, 26.08-04.09.2002 (издание ООН № R.03.11.A.1), 212 с.
2. WCED (World Commission on Environmental and Development), 1987. Our Common Future, Oxford, UK: Oxford University Press (Brundtland Report 1987).
3. Zgurovsky M. The Sustainable Development Global Simulation in Respect of Quality and Safety of Human Life. – Kiev: Publishing House "Polytechnika, 2007. -218 p.
4. Иншеков Е.Н. Философия устойчивого развития и эко- энергоменеджмент, Щотижнева інформаційно – аналітична газета «Енергетика та електроніка», АТ Укренергозбереження, 4-10.04.2007. №13, С.7 -8.
5. Human Development Report 2007/2008. Published for UNDP by Palgrave Macmillan Haundmills, New York, 2007.- 384 p.
6. Праховник А.В., Иншеков Є.М. Енергетичний менеджмент. Суттєві фактори, цілі, ієрархія, об'єкт діяльності / Енергетика та енергозбереження, Вісник КДПУ, 2004, Вип. 3/2004(26), С.75-80.
7. Переверзев М.П., Шайденко Н.А., Басовский Л.Е. Менеджмент: Учебник / Под общ. ред. проф. М.П. Переверзева. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 288 с.
8. Worrell, E., and C. Galitsky, 2004, Energy Efficiency Improvement Opportunities for Cement Making: An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers, Report LBNL-54036, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.