

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Чиж Е. П., магистрант

*Научный руководитель канд. экон. наук, доцент Т. Ф. Манцерова*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Последствия событий, связанных с энергетическими рисками (например, внезапное повышение тарифов, перебои в энергоснабжении, неудовлетворительные показатели качества энергоносителей), могут быть критичными для предприятий из самых разных секторов экономики.

Для руководства предприятий основные задачи в сфере эффективности использования энергии (энергоэффективность) связаны с минимизацией текущих расходов на топливо и энергоносители, а также разработкой перспективного плана снижения энергоемкости продукции и оптимальной схемы снабжения энергоресурсами.

Вопросы эффективного использования энергии, оставленные без должного контроля, представляют серьезную угрозу для нормального функционирования предприятия. Предприятия, более подготовленные к возможному дефициту энергоресурсов и резким изменениям тарифов, получают неоспоримое преимущество над менее подготовленными конкурентами.

Энергетическая стратегия охватывает различные сферы деятельности современного предприятия, так или иначе связанные с энергоснабжением и эффективностью потребления энергии.



Рисунок 1. Риски предприятий, связанные с эффективностью использования энергии



Рисунок 2. Компоненты энергетической стратегии

Специализированная система **энергетического менеджмента** представляет собой комплексный инструмент для энергетического планирования и анализа, контроля показателей эффективности использования энергии, непрерывной оценки потенциала повышения

энергетической эффективности и разработки соответствующих мероприятий.

Направление **модернизации производства** связано с разработкой инвестиционного плана развития. Такой план содержит ряд проектов, предусматривающих внедрение наилучших доступных технологий.

**Операционная эффективность** в энергетической стратегии рассматривается как инструмент поддержания показателей энергетической эффективности на оптимальном уровне.

Менеджмент **технического состояния оборудования** в рамках энергетической стратегии подразумевает учет критериев энергетической эффективности при планировании деятельности, связанной с ремонтом и техническим обслуживанием.

Внедрение **возобновляемых источников энергии** рассматривается как с точки зрения сокращения затрат на энергоносители, так и в плане повышения устойчивости бизнеса и связанных с этим выгод.

### **Варианты построения энергетической стратегии**

В зависимости от текущей экономической ситуации и перспектив развития сектора в целом энергетическая стратегия рассматривается как один из инструментов кризисной поддержки деятельности компании (с целью снижения затрат) либо как модель развития, способствующая осуществлению более эффективных процессов в условиях растущих и прогнозируемых рынков (Таблица 1.1). [2],[3]

Таблица 1 – Варианты построения энергетической стратегии

| <b>Модель, предусматривающая концентрацию усилий на снижении затрат для улучшения финансовых результатов компании</b>   | <b>Модель, связанная с развитием активов и получением дополнительных доходов</b>  |
|---|---|
| 1   | 2   |
| <b>Система энергетического менеджмента</b>  | <b>Система энергетического менеджмента</b>  |
| Энергетическое планирование сосредоточено на организационных и малозатратных текущих мероприятиях, часто совпадающих с мероприятиями по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. | В процесс энергетического планирования включены мероприятия, разрабатываемые по результатам текущего анализа и финансируемые из операционного бюджета компании. Перечень мероприятий формируется по критериям необходимости и экономической целесообразности. |

Продолжение таблицы 1

| 1   | 2  |
|---|--|
| <p>В большинстве своем используются базовые средства мониторинга и учета энергоресурсов, а также расчетные методики, обеспечивающие требуемую точность и детализацию данных об энергопотреблении.</p> | <p>Предполагается автоматизация систем мониторинга и учета энергопотребления. Рассматриваются варианты интеграции такой системы с системами управления технологическими процессами (АСУТП) и действующими ERP-системами предприятия.</p>   |
| <p>Аспекты энергетической эффективности при проектировании и закупках оборудования рассматриваются как второстепенный критерий. Ценовой фактор - основной</p>   | <p>Критерии энергоэффективности оборудования при проектировании и закупках являются ключевыми. Ценовой фактор при этом определен по результатам ТЭО и бизнес-планирования.</p>   |
| <p><b>Модернизация производства</b></p>   | <p><b>Модернизация производства</b></p>  |
| <p>Реализуются отдельные инвестиционные инициативы по реконструкции действующего производства.</p>  | <p>Существует и реализуется системный план технологической реконструкции с приведением показателей качества и энергоемкости к среднеотраслевому уровню или в соответствии с наиболее успешными примерами передовой отраслевой практики.</p>  |
| <p>Системы энергоснабжения предприятия поддерживаются в работоспособном состоянии при сохранении приемлемого риска прекращения поставок энергоносителей на отдельные объекты производства.</p>        | <p>Стратегия развития энергетического хозяйства предприятия является составной частью системного плана технологической реконструкции производства. Подразумевается строительство новых объектов энергообеспечения с учетом передовой практики в области генерации и поставки энергоресурсов.</p> |
| <p><b>Операционная эффективность энерго- и ресурсопотребления</b></p>   | <p><b>Операционная эффективность энерго- и ресурсопотребления</b></p>  |
| <p>Целевые показатели эффективности устанавливаются по достигнутым ранее значениям.</p>   | <p>Применяются гибкие инструменты для управления операционной энергоэффективностью. Целевые показатели устанавливаются по проектным значениям в соответствии с наиболее успешной практикой.</p>  |
| <p>Используются базовые (проектные) средства контроля и поддержания операционной эффективности.</p>   | <p>Принимаются меры по реализации новых средств контроля и поддержанию операционной эффективности.</p>   |

## Окончание таблицы 1

| 1  | 2  |
|--|--|
| <b>Техническое состояние оборудования</b>  | <b>Техническое состояние оборудования</b>  |
| Система технического обслуживания и ремонта оборудования оптимизирована для поддержания требуемого уровня его работоспособности без учета аспектов энергетической эффективности.   | Список мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту оборудования формируется в том числе по критериям энергетической эффективности. Могут быть добавлены новые расходные статьи в бюджеты текущего и капитального ремонта, если обоснован энергосберегающий эффект от соответствующих мероприятий. |
| <b>Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)</b>  | <b>ВИЭ</b>   |
| Не рассматривается использование ВИЭ, или рассматриваются отдельные инициативы в случае наличия существенного ресурсного потенциала ВИЭ (например, достаточный потенциал солнечного излучения или наличие отходов биомассы). | Проекты внедрения мощностей ВИЭ с использованием собственного потенциала предприятий заложены в инвестиционную стратегию. Предусмотрена возможность строительства дополнительных объектов (новые статьи дохода).   |

Таблица 2 – Эффективные энергосберегающие мероприятия объектов энергетики

| Виды объектов                             | Энергосберегающие мероприятия  |
|---|--|
| 1   | 2  |
| Распределительные пункты и трансформаторы | Выравнивание графика нагрузки, более полная загрузка трансформаторов, установка фильтров, стабилизаторов и компенсаторов реактивной мощности, установка диспетчерских систем, симметрирование фаз. Перевод внешних и внутренних сетей на повышенное напряжение реконструкция сетей. Включение под нагрузку резервных линий электропередачи.  |
| Электропривод                             | Увеличение нагрузки рабочих машин. Установка двигателей соответствующей мощности, двигателей повышенной экономичности. применение контроллеров мягкого пуска, частотно регулируемого привода   |
| Котлы                                     | Настройка режимов котла, применение автоматических регуляторов, теплоизоляция наружных поверхностей, уплотнение клапанов и тракта, забор воздуха из помещений котельной, внедрение непрерывной автоматической продувки, утилизация тепла дымовых газов и продувочной воды, модернизация электропривода насосов, вентиляторов и дымососов. Для котельной – оптимизация графика работы котлов. |

Продолжение таблицы 2

| 1                           | 2  |
|-----------------------------|--|
| Печи                        | Настройка топочных режимов, применение автоматических регуляторов, теплоизоляция наружных поверхностей, уплотнение заслонок и тракта, забор воздуха из помещений цеха, утилизация тепла дымовых газов, установка регенераторов и регенеративных горелок.   |
| Бойлеры, теплообменники     | Промывка теплообменника, изоляция трубопроводов и наружных поверхностей. Установка пластинчатых теплообменников.   |
| Паровые системы             | Теплоизоляция и устранение утечек. Установка конденсатоотводчиков, исключение острого пара, сбор и возврат конденсата, утилизация тепла конденсата, замена пара на воду. Возможные проекты по рационализации системы распределения пара: децентрализовать тепловые завесы; децентрализовать горячее водоснабжение; изолировать трубопровод; перекрыть подачу пара на отопление в летнее время; устранить утечки; снизить давление пара; обеспечить возврат конденсата под давлением.   |
| Системы воздухооборудования | Сокращение электроэнергии, требуемой для обеспечения предприятий сжатым воздухом, возможно по следующим направлениям: улучшение работы компрессоров в результате регулирования производительности при колебаниях расхода сжатого воздуха; автоматизация открытия всасывающих клапанов; отклонение лишних компрессоров при снижении расходов сжатого воздуха; снижение номинального рабочего давления компрессорной установки; внедрение в поршневых компрессорах прямооточных клапанов; осуществление резонансного наддува поршневых воздушных компрессоров; подогрев сжатого воздуха перед пневмоприемниками; замена компрессоров старых конструкций на новые с более высоким КПД; систематический контроль за утечками сжатого воздуха на отдельных участках, систематическое устранение неплотностей в сальниках, трубопроводах, соединительной и запорной арматуре; отклонение отдельных участков или всей сети сжатого воздуха в нерабочее время; замена, там где это целесообразно, сжатого воздуха другими энергоносителями; замена пневмоинструмента на электроинструмент. Устранение утечек, осушение воздуха, оптимизация системы распределения воздуха. Установка системы регулирования давления, секционирование компрессоров, межступенчатое охлаждение, ограничение расхода охлаждающей воды. Применение тепловых насосов. Модернизация электроприбора. Применение экономичных компрессоров. |

Продолжение таблицы 2

| 1                                | 2  |
|----------------------------------|--|
| Вентиляция. Кондиционирование    | Теплоизоляция трубопроводов, теплообменников и арматуры, устранение утечек. Внедрение центральных и индивидуальных регуляторов, рекуперация вентиляционного тепла. Исключение перегрева и переохлаждения. Включение только тогда, когда в помещении находятся люди или когда идут технологические процессы. Минимизация объемов приточного и отработанного воздуха. Сокращение расхода электроэнергии на вентиляционные установки обеспечивают следующие мероприятия: замена старых вентиляторов новыми, более экономичными; внедрение экономичных способов регулирования производительности вентиляторов; блокировка вентиляторов тепловых завес с устройствами открывания и закрытия ворот; отключение вентиляционных установок во время обеденных перерывов, пересмен и т.п.; устранение эксплуатационных дефектов и отклонений от проекта; внедрение автоматического управления вентиляционными установками. |
| Освещение                        | Максимальное использование естественного и местного освещения в сочетании с автоматическим управлением, искусственным освещением; замена ламп накаливания на экономичные типы ламп; системы регулирования; детекторы присутствия; таймеры; секционирование осветительных сетей. Окраска помещений в светлые тона, регулярная чистка светильников и окон.   |
| Водоснабжение.насосные установки | Устранение утечек, применение экономичной арматуры. Замена на более дешевую воду (техническую, артезианскую, оборотную). Применение сухих градирен. Снижение расхода электроэнергии на насосных установках достигается за счет следующих мероприятий: повышение КПД насосов; улучшение загрузки насосов и совершенствование регулирования их работы; уменьшение сопротивления трубопроводов; сокращение расхода потерь и потерь воды. Модернизация электропривода насоса.  |
| Холодильные установки            | Устранение воздуха из хладагента и заполнение системы до нужного уровня, очистка холодных поверхностей. Установка систем регулирования температуры. Теплоизоляция трубопроводов и камер, установка пластиковых штор. Снижение расхода охлаждающей воды и величины подпитки. Модернизация электропривода компрессоров. Отключение установок, если охлаждение не нужно. Использование выделяющегося тепла. Правильный выбор числа одновременно работающих компрессоров.  |

| 1      | 2  |
|--------|--|
| Здания | Дополнительная изоляция стен и перекрытий, тройное и вакуумное остекление. Модернизация стен отопления, вентиляции и кондиционирования, освещения и водоснабжения. Установка интегрированных систем управления оборудованием зданий. |

Для предприятий энергетики Республики Беларусь наиболее приоритетными являются мероприятия направленные на модернизацию и реконструкцию котлов, печей, бойлеров и теплообменников, паровых систем, так как наибольший удельный вес занимают ТЭЦ.

Для выбора оптимальной последовательности энергосберегающих мероприятий целесообразно использовать прогрессивные методы анализа энергоиспользования.

Задачей плана мероприятий по энергосбережению любого энергетического предприятия является повышение энергоэффективности, т.е. повышения уровня использования всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий.

Энергия - общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи. Энергия не возникает из ничего и не исчезает, она может только переходить из одной формы в другую. Понятие энергии связывает воедино все явления природы.

При обратимом изменении рабочего тела обязательно изменяется вид энергии. Отметим также, что энергию можно превратить в другой вид и обратно не всю полностью. Таким образом, любой вид энергии можно разделить на две части - обратимо превращаемую и необратимо превращаемую в другие виды энергии.

Эксергия - это мера, учитывающая качество энергии. Электрическая или механическая энергия являются формами энергии высокого качества, и их вклад в эксергию системы равен полному количеству энергии в этих формах. Содержание эксергии (выражаемое в тех же единицах, что и количество энергии) характеризует максимальную способность энергии данного потока к преобразованию в другие формы энергии или полезную работу. Вследствие этого эксергия не является консервативной величиной.

Энергия подчиняется закону сохранения, но закона сохранения эксергии не существует. В конечном итоге, при неизменном коли-



честве энергии, все виды работоспособной, высококачественной, легко превращаемой эксергии превращаются в низкокачественную неиспользуемую анергию - тепло окружающей среды.

Вместе с тем существуют виды энергии, которые имеют ограниченные возможности преобразования. Например, тепловая энергия, после перетекания от более нагретого тела к менее нагретому телу, не может быть возвращена от менее нагретого тела к более нагретому телу без приложения дополнительной энергии (второй закон термодинамики). Кроме того, тепловая энергия (по этому же закону) непрерывно стремится перейти от более нагретого тела к менее нагретому, например, в окружающую среду.

Эффективность всей энергосистемы зависит не только от эффективности ее отдельных элементов (генератор, транспортные средства, потребители энергии), но и от термодинамического соответствия. Например, если генератор тепла имеет максимально возможный к.п.д., но будет подавать на приемник теплоту с завышенной или заниженной температурой, то общая эффективность термодинамической системы не будет максимально возможной. Только создания условий термодинамического соответствия элементов системы в сочетании с высокими показателями эффективности этих элементов обеспечит высокую эффективность всей системы. Эти же условия позволяют свести к минимуму потери от необратимости в процессах передачи теплоты от источника к потребителю, то есть, потери эксергии.

После установления узлов с недопустимо высокими эксергетическими потерями эффективность системы можно повысить двумя способами:

- уменьшить потери в тех узлах, в которых выводится теплота;
- создать новые узлы для использования эксергии выводимой теплоты.

Первый способ основан на замене неэффективного оборудования на более эффективное в термодинамическом отношении. Второй способ предполагает использовать теплообменники (которые и устанавливаются в новых узлах термодинамической системы) для вторичного использования отводимого тепла от неэффективно используемых энергоустановок.

Анализ энергоиспользования - это комплексный метод анализа, основанный не только на вычислении основных технических, но и

экономических показателей. Рассмотрим основные общетехнические энергетического анализа:

- 1 Сквозной энергетический анализ.
- 2 Энерго-экологический анализ.
- 3 Анализ экобалансов.
- 4 Эксерго-экономический анализ.

Для анализа энергоиспользования в производственных процессах в энергетической отрасли целесообразно использовать эксерго-экономический анализ, поскольку он позволяет не только качественно проследить за расходом топлива в технологическом цикле, но и высчитать затраты, связанные с его некачественным использованием.

Оценка эффективности и целесообразности энергозатрат в производственных процессах основывается на показателях энергоиспользования - коэффициенте полезного действия установок (КПД) и коэффициенте полезного использования энергии в них (КПИ), а также на удельных расходах энергии, относимых к единице продукции. Эти показатели характеризуются двумя понятиями:

- теоретический расход - энергия, сообщенная обработанному материалу и направленная на достижение главной цели производственного процесса;

- условно-постоянный расход - расчетное количество энергии, поданной в технологический аппарат.

Для увязки теоретического и условно-полезного расходов энергии вводится понятие сопутствующий расход энергии в технологическом аппарате, т.е. разность между условно-полезным и теоретическим расходами. Он направлен на компенсацию потерь в технологическом аппарате, которые неизбежно сопутствуют производственному процессу, например, нагрев самого аппарата, компенсация теплообмена с окружающей средой и др. Нормативные потери в энергоприемнике технологической установки - расчетные потери, связанные с передачей и (или) трансформацией энергии в энергоприемнике (двигателе, топке, теплообменнике и др.), с подготовкой этой энергии для поступления в технологический аппарат.

Если суммировать условно-полезный (расчетный) расход энергии и нормативные потери, то получим норматив расхода энергии в технологической установке, т.е. расчетный минимум энергозатрат

при работе в идеальных условиях - при полном соблюдении технологических и энергетических регламентов, идеальном техническом состоянии оборудования, изоляции, герметичности, оптимальной нагрузке как технологического аппарата, так и энергоприемника.

Оценка энергоиспользования дается в результате анализа энергозатрат на процесс, установку или любой энергопотребляющий объект. Такой анализ позволяет не только рассчитать КПД и КПИ, но и дифференцированно определить направления энергопотребления по статьям энергозатрат, выявить наибольшие потери и затраты. При этом, вычислив нормативы энергозатрат, можно обосновать реальную норму энергопотребления, отличающуюся от норматива на величину допустимых эксплуатационных и режимных потерь. Поэтому для технико-экономической оценки любого комплексного энергетического производства, когда вырабатывается, например, и электроэнергия, и теплоэнергия, целесообразно применять эксергетический анализ. Он позволяет однозначно характеризовать каждый продукт независимо от его вида и сопоставлять его с электроэнергией. Эксергия воды, пара, кислорода или азота показывает их качество, энергетическую ценность, то есть ту минимальную работу, которую нужно затратить, чтобы получить каждый из них.

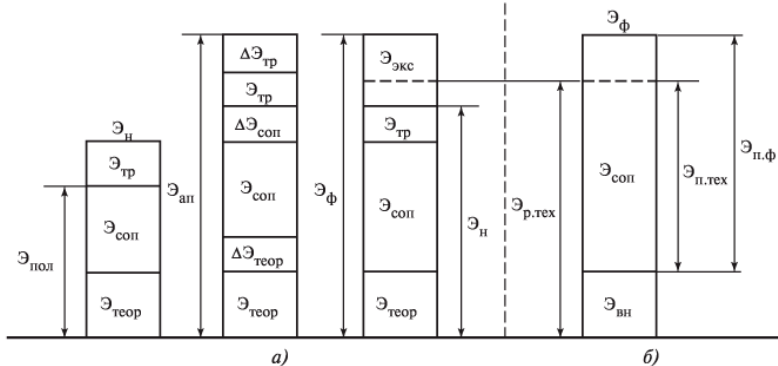


Рисунок 3 - Структура затрат в технологической установке.

На рисунке 3:

а - структура энергозатрат в расходной части энергобаланса (до штриховой линии);

б - структура приходной части баланса;

$\mathcal{E}_{теор}$  - теоретический (полезный) расход энергии;

$\mathcal{E}_{\text{соп}}$  - сопутствующий расход энергии (потери в технологическом аппарате);

$\mathcal{E}_{\text{тр}}$  - потери передачи и трансформации энергии - нормативные потери в энергоприемнике технологической установки;

$\mathcal{E}_{\text{пол}}$  - условно-полезный расход энергии (количество энергии, переданной из энергоприемника в технологический аппарат в нормативном режиме);

$\mathcal{E}_{\text{н}}$  - нормативный расход энергии в технологической установке;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{теор}}$ ,  $\Delta\mathcal{E}_{\text{соп}}$ ,  $\Delta\mathcal{E}_{\text{тр}}$  - эксплуатационные и режимные превышения расхода энергии над нормативными значениями теоретического, сопутствующего расходов, потерь передачи и трансформации энергии в фактическом режиме;

$\mathcal{E}_{\text{экс}}$  - эксплуатационные и режимные потери энергии в технологической установке;

$\mathcal{E}_{\text{ф}}$  - фактический расход энергии в технологической установке;

$\mathcal{E}_{\text{ап}}$  - количество энергии, переданной из энергоприемника в технологический аппарат в фактическом режиме;

$\mathcal{E}_{\text{п.ф}}$  - фактический приход энергии в технологическую установку извне;

$\mathcal{E}_{\text{п.тех}}$  - технологическая норма прихода энергии;

$\mathcal{E}_{\text{р.тех}}$  - технологическая норма расхода энергии в технологической установке;

$\mathcal{E}_{\text{вн}}$  - внутренние выделения энергии в технологическом аппарате.

При составлении балансов рассчитываются все статьи энергозатрат: теоретический, сопутствующий, условно-полезный расходы, нормативные потери в энергоприемнике (потери передачи и трансформации энергии), внутренние выделения энергии в аппарате, приход энергии в установку, количество энергии, переданной из энергоприемника в технологический аппарат, эксплуатационные и режимные потери в энергоприемнике, в технологическом аппарате и суммарные. Эта структура энергозатрат представлена на рисунке 3. Иногда, если энергоприемник и технологический аппарат конструктивно не разделены, два энергобаланса сливаются в один.

Эксергетический метод анализа позволяет оценить степень использования энергии, ее потери, а также получить распределение этих потерь по отдельным аппаратам производства, то есть выявить наименее эффективные из них. Поэтому, применяя этот метод в РУП «Минскэнерго», можно будет не только качественно и количе-

ственно проследить за расходом условного топлива, но и найти резервы его снижения, что существенно скажется на затратах предприятия.

Однако, учитывая, что применение данной методики расчета для проведения анализа какой-либо энергетической установки в полной мере невозможно в РУП «Минскэнерго», поскольку нужно предварительно собрать огромное количество информации, которая по некоторым показателям является закрытой, а также знать от начала весь технологический процесс со всеми деталями и со всеми расчетами физико-технических показателей, то в научном исследовании будем проводить анализ, предполагая, что все первичные показатели были сняты с приборов учета верно и технический персонал в процессе своей работы руководствовался принципом минимизации затрат и максимизации эффекта от внедрения различных мероприятий, направленных на повышение эффективности работы энергоустановок.

### *Литература*

1. Каплан, Р.С. Организация, ориентированная на стратегию. Как в новой бизнес-среде преуспевают организации, применяющие сбалансированную систему показателей. Пер. с англ./ Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. - М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. - 416 с.

2. Можина, И.В. Формирование стратегии энергосбережения на предприятиях электроэнергетической отрасли промышленности. Монография./ И.В. Можина, Н.П. Кожемяко. - М.: Изд-во «Серебряная нить», 2005.-100с.

3. Чиж Е.П. Возможный сценарий развития энергетики Республики Беларусь // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции молодых ученых «Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов» 3 марта 2015 г., БНТУ 2015, стр.467-469

4. Чиж Е.П. Опыт использования возобновляемых источников энергии в энергетике Республики Беларусь // Сборник научных статей студентов, магистрантов, аспирантов. Выпуск 13 в 2 томах. – Минск: БГУ ФМО, 2015 – Том 2. – С. 285-287.

5. Манцерова Т.Ф., Чиж Е.П. Варианты модернизации и реконструкции энергетических объектов // Материалы VI Международной интернет-конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Инновационные технологии: теория инструменты, практика» (01 ноября 2014 г. - 30 ноября 2014 г.), Пермь, 2015
6. Лозано М.А., Валеро А. Теория эксергетической стоимости // Энергия, Т. 18, 1993, № 9. – Пергамон Пресс. – С. 939-960.
7. Войтоловский Н. В., Калинина А. П., Мазурова И. И. Экономический анализ: Основы теории. Комплексный анализ. М.: Высшее образование, 2011.
8. Ковалев В. В., Волкова О. Н. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. М.: Велби; Проспект, 2008.
9. Манцерова Т., Чиж Е. Инновационные решения в энергетике Республики Беларусь // Accounting, economics, management: research notes/ International collection of Scientific Papers. Issue 1 (5). Part 2/ - Lutsk : AED of Lutsk NTU, 2015 . – P. 562-568
10. М. Л. Герман, А. Н. Рыков, Ю. В. Сенягин, В. И. Щербич. Проект энергоблока ПГУ-230 для модернизации технологической схемы Минской ТЭЦ-3 // Журнал «Электрические станции» № 5, 2009, Минск, Республика Беларусь
11. Эксерго-экономический подход как универсальный метод анализа эффективности энергетических систем и процессов / Н. А. Гафаров, Н. А. Кисленко, Е. С. Гервиц // Газовая промышленность. - 2012. - № 6. - С. 10-15.
12. Эксергетический и экономический анализы ТЭС / В. М. Неуймин // Энергосбережение и водоподготовка. - 2013. - № 1 (81). – С. 63-67
13. Расчет потерь эксергии при сжигании топлива методами неравновесной термодинамики / А. В. Островская [и др.] // Теплоэнергетика. - 2008. - N 3. - С. 2-6 .
14. Янтовский Е.И. Потоки энергии и эксергии. – М.: Наука, 1988. – 144 с.
15. Зубаревич Ю.А. Использование эксерго-экономического анализа при разработке программ энергосбережения // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции молодых ученых «Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов» 3 марта 2015 г., БНТУ 2015.