

На правах рукописи



ТЕПЛЫШЕВ ВЯЧЕСЛАВ ЮРЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством»

(Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,  
комплексами: промышленность)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Москва – 2014

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского»

Научный руководитель: **Голов Роман Сергеевич**  
доктор экономических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Смирнов Виталий Георгиевич**  
доктор экономических наук, доцент,  
заместитель проректора по научной работе  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный  
университет технологий и управления  
имени К.Г. Разумовского (ПКУ)»

**Щелоков Яков Митрофанович**  
кандидат технических наук, доцент,  
председатель Коллегии СРО НП «Союз  
«Энергоэффективность»

Ведущая организация: Национальный исследовательский  
университет «**Московский энергетический  
институт**»

Защита состоится 25 декабря 2014 года в 14 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.110.09 при ФГБОУ ВПО «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского» по адресу: 121552, г. Москва, ул. Оршанская, д. 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВПО «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского».

Автореферат разослан « 20 » ноября 2014 года.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета Д 212.110.09,  
кандидат экономических наук, доцент



Пушкарева М.Б.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В условиях системного экономического кризиса, охватывающего мировую экономику на фоне политической нестабильности и препятствующего ее глобализации, участники рыночной деятельности совместно с учеными и экспертами находятся в поиске тех решений и инструментов, которые позволят преодолеть эти кризисные явления, создав единый транспарентный рынок. Для достижения столь амбициозных целей России необходима кардинальная модернизация как экономических и социальных институтов, так и промышленных предприятий. Руководством государства в качестве одного из пяти официально декларированных направлений такой модернизации определены энергоэффективность и ресурсосбережение. Задача повышения энергоэффективности экономики является одной из наиболее актуальных как для развитых государств, так и для развивающихся стран.

Одним из последствий экономических кризисов последних десятилетий стало значительное повышение цен на топливо и энергию, повлиявшее на величину тарифов и негативно отразившееся на показателях деятельности промышленных предприятий. В подобных условиях на первый план выходят вопросы энергосбережения как путь значительного повышения их экономического потенциала. Для этого необходимо формирование новых направлений деятельности предприятий, технологическая модернизация оборудования и т.д. На макроэкономическом уровне развитие энергосбережения способствует повышению независимости национальной экономики от колебаний цен на энергоносители и от роста тарифов.

Одним из наиболее энергоемких секторов экономики является промышленность, потребляющая значительные объемы топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) для обеспечения производственных и вспомогательных процессов предприятий. Так, в некоторых секторах отрасли машиностроения затраты на топливно-энергетические ресурсы могут составлять порядка 30-35%% от совокупной себестоимости продукции, т.е. практически третью часть. Их снижение на 10-15%% позволяет существенно уменьшить цену конечного продукта, повысив его конкурентоспособность и привлекательность в глазах потребителей, способствуя тем самым увеличению его продаж и, соответственно, прибыли предприятия. Поиск новых методов и подходов к управлению энергосбережением и оценке его эффективности обусловлен такими факторами как влияние энергоемкости предприятия на его социально-экономическую эффективность, ограниченность естественных ресурсов на Земле, рост тарифов на энергоресурсы, увеличение объемов выпускаемой продукции промышленным производством для удовлетворения потребностей общества и др.

Как показал проведенный анализ потребления топливно-энергетических ресурсов отечественными предприятиями, уровень их энергоемкости остается весьма высоким по сравнению с уменьшающимися объемами потребления топливно-энергетических ресурсов ведущих зарубежных производителей, что приводит к снижению эффективности и конкурентоспособности российской про-

мышленности. Более того, речь также идет о значительной экономической выгоде от энергосбережения, которая упускается предприятиями и не используется для их технологической модернизации и расширения производственной базы. Потенциальная выгода от реализации энергосберегающих мероприятий известна под термином «потенциал энергосбережения». Величина данного потенциала российской промышленности оценивается экспертами в 1210 млрд. руб. в год и при его раскрытии может стать одним из финансовых драйверов модернизации российской промышленной системы.

Сложившееся положение определяет объективную важность формирования таких эффективных систем управления энергосбережением промышленных предприятий, которые обеспечивали бы значительное снижение объемов потребляемых ими топливно-энергетических ресурсов. Это весьма сложная и комплексная задача, и ее решение также не может быть простым. Создаваемые системы должны обладать широким функционалом и позволять автоматизировать не только расчетные, но и интеллектуальные функции анализа, контроля, учета и регулирования процессов энергосбережения предприятия и базироваться на методологии системного подхода. Кроме того, формируемые системы управления должны охватывать управление как технологическими, так и социальными процессами, содействуя повышению персональной энергоэффективности у сотрудников предприятия. Персонал играет значительную роль в реализации общего потенциала энергосбережения: сотрудники способны экономить энергоресурсы при выполнении производственных и технологических операций, а также в рамках вспомогательной и хозяйственной деятельности на предприятии.

Проведенный автором анализ научно-методологических разработок в области управления и оценки эффективности мероприятий по энергосбережению показал, что они не в полной мере отвечают современным требованиям и сложности тех проблем, с которыми сталкиваются промышленные структуры. В своих трудах исследователи предлагают лишь локальные решения по управлению энергосбережением, не охватывая при этом целостную модель и алгоритм управления, присущие используемому автором системному подходу. Подобное сужение внимания вокруг двух или трех функций управления приводит к разработке систем, функциональный цикл которых не охватывает, к примеру, стадии планирования эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, анализа эффективности, регулирования происходящих процессов и т.д. В связи с этим актуальность разработки эффективных систем управления энергосбережением в промышленности и оценки их эффективности не вызывает сомнений.

***Степень разработанности научной проблемы.*** Основными научными теоретическими и методологическими работами в области кибернетики и создания систем управления являются труды отечественных и зарубежных ученых: Абалкина Л.И., Арефьева И.Б., Бира Ст., Винера Н., Глушкова В.М., Голова Р.С., Джорджа Ф., Дудорина В.И., Думлера С.А., Колмогорова А.Н., Скурихина В.И., Степнова И.М. и др.

Теоретические и практические проблемы оценки эффективности инвестиций нашли свое отражение в отечественных и зарубежных трудах следующих ученых: Аньшина В.М., Бланка И.А., Гитмана Л.Д., Дамодарана А.И., Игоиной Л.Л., Клейнера Г.Б., Кручинина И.А., Мыльника В.В., Шарпа У.Ф. и др.

В области эффективного использования энергоресурсов и энергосбережения в промышленности основные научные теоретические и практические разработки приведены в работах ученых: Гашо Е.Г., Данилова Н.И., Жузе В.Б., Кога на Ю.М., Михайлова С.А., Ролса Дж., Устинова В.А., Фостера Р., Хансена Ш., Щелокова Я.М. и др.

Исследования приведенных авторов внесли большой вклад в теорию и методологию создания систем управления энергосбережением и оценки их эффективности. Но требуют проработки следующие вопросы: формирование комплексных автоматизированных систем управления энергосбережением на основе внедрения инновационных интеллектуальных программно-аппаратных комплексов; централизация управления энергосберегающей деятельностью в промышленных структурах; определение ключевых факторов и источников образования социально-экономического эффекта от энергосберегающих мероприятий; методические основы оценки эффективности энергосберегающих мероприятий, внедряемых в промышленности.

**Цель исследования.** Целью исследования является разработка эффективных систем управления энергосбережением и оценка их эффективности в промышленности.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной в диссертационной работе цели следует решить ряд задач:

- провести анализ диалектики развития энергообеспечения в промышленном производстве и определить существующие тенденции научного и инновационного развития энергосбережения в промышленности;
- разработать классификацию инноваций в области энергосбережения промышленного производства;
- разработать систему управления мероприятиями по энергосбережению на базе системно-функционального подхода;
- осуществить моделирование процесса выбора оптимальной производственной программы в условиях ограничений по ресурсам и с учетом критерия энергоэффективности;
- разработать структуру интегрированного центра энергосбережения на основе автоматизированного программно-технического комплекса;
- определить основные направления развития системы управления энергосбережением на основе системного подхода;
- разработать методику оценки эффективности мероприятий по энергосбережению в промышленности.

**Объект диссертационного исследования.** Объектом исследования является промышленное предприятие как сложная социально-технологическая производственная система, функционирующая в условиях рыночных отношений.

**Предмет диссертационного исследования.** Предметом исследования в диссертационной работе являются организационно-экономические отношения в сфере энергопотребления в условиях создания и функционирования систем управления энергосбережением в промышленном производстве.

**Научная новизна.** Научная новизна работы состоит в разработке систем управления энергосбережением и оценке их эффективности в промышленном производстве. Наиболее значительными научными результатами диссертационного исследования являются следующие:

- разработана классификация инноваций в области энергосбережения, обладающая комплексной структурой и позволяющая создать основу для формирования сбалансированного набора мероприятий в рамках системной деятельности по повышению энергоэффективности промышленного предприятия. Универсальность данной классификации позволяет использовать ее в любых отраслях промышленности и на предприятиях любого масштаба;

- разработана не имеющая аналогов система управления мероприятиями по энергосбережению с использованием системно-функционального подхода, отличающаяся полнотой набора функций управления экономическими и технологическими процессами в сфере энергосбережения промышленного предприятия. Реализация подобной системы позволяет существенно сократить энергопотребление предприятия, раскрыв в полной мере его потенциал энергосбережения и, соответственно, повысив уровень его социально-экономической эффективности;

- в рамках исследования функции планирования энергосбережения на предприятии автором разработаны модели формирования производственной программы, повышающие эффективность принятия управленческого решения руководством предприятия;

- разработана структура интегрированного центра энергосбережения на основе использования автоматизированного программно-технического комплекса. Данный центр позволяет существенно повысить эффективность управления энергосберегающей деятельностью на предприятии, автоматизируя сложные расчетные и интеллектуально-аналитические функции;

- определены основные направления развития системы управления энергосбережением, следование которым способствует ее непрерывной модернизации в соответствии с возникновением более сложных технических задач, развитием энергоэффективных технологий, изменениями в энергетической политике предприятия;

- разработана методика оценки эффективности мероприятий по энергосбережению в промышленности с использованием статического и динамического подходов. Подобная методика позволяет специалистам минимизировать время и объемы вычислений при проведении оценки эффективности системы управления.

**Методы исследования.** Проведенное исследование базируется на теоретических и методологических разработках отечественных и зарубежных ученых в области теории стратегического управления, системного построения организа-

ционно-экономических объектов управления, экономико-математического моделирования, управления энергоресурсами, оценки социально-экономической эффективности инвестиций в инновационные проекты.

Информационной базой при осуществлении данной работы послужили статистические данные Минэкономразвития России, Федеральной службы государственной статистики, нормативные и информационные материалы ведущих научно-исследовательских институтов – ЦЭМИ РАН, ВНИИМАШ, «Высшей школы экономики», обзорно-аналитические материалы, опубликованные в отечественных и зарубежных СМИ, ресурсы сети Интернет.

Для решения поставленных задач в рамках диссертационного исследования были использованы методы системного анализа, системного проектирования, инвестиционного анализа, экспертных оценок.

**Практическая ценность.** Практическая ценность диссертационного исследования заключается в возможности формирования эффективных систем управления энергосбережением на промышленных предприятиях. Появляется возможность оценки эффективности мероприятий по энергосбережению, что, в свою очередь, позволяет уже на предпроизводственной стадии отбирать из них наиболее эффективные.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы прошли апробацию на предприятиях: ОАО "Машиностроительный завод "ЗиО-Подольск", ОАО "Красная Звезда" Госкорпорации «Росатом», ОАО «ДУКС», что подтверждено актами о внедрении.

Отдельные положения диссертации используются при чтении курсов «Экономика и управление энергосбережением», «Теория и механизмы современного энергетического менеджмента» в ФГБОУ ВПО «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского».

Результаты исследований доложены на следующих конференциях:

- Всероссийская заочная научно-практическая конференция «Развитие инновационной экономики в России» (г. Москва, 24 ноября 2010 г.);
- 2-я Всероссийская заочная научно-практическая конференция «Развитие инновационной экономики в России» (г. Москва, 2011 г.);
- 3-я Всероссийская заочная научно-практическая конференция «Развитие инновационной экономики в России» (г. Москва, 27 сентября 2012 г.);
- 4-я Всероссийская заочная научно-практическая конференция «Развитие инновационной экономики в России» (г. Москва, 17 июня 2013 г.);
- научно-практическая конференция «Синергия маркетинга и логистики в инновационном развитии российской экономики», посвященная 95-летию Финансового университета и 5-летию кафедры «Маркетинг и логистика» (г. Москва, 2013 г.);
- Международная научно-практическая конференция «Энергетический сервис как драйвер и инструмент повышения энергоэффективности» (г. Москва, 23 апреля 2014 г.).

**Публикации.** По материалам диссертационного исследования опубликовано 12 работ общим объемом 8,0 п.л., из которых авторских 6,0 п.л. Из них 10 работ опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, приложения и списка литературы. Основные результаты диссертационного исследования изложены на 169 страницах, в 1 таблице, 20 рисунках. Список литературы содержит 141 наименование.

**Во введении** автором дается обоснование выбора темы диссертационного исследования, ее актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, приводится научная новизна исследования, обосновывается практическая значимость и формулируется структура работы.

**В первой главе «Анализ существующих методов и подходов к управлению топливно-энергетическими ресурсами в промышленности»** отражены вопросы, связанные с анализом ключевых тенденций потребления топливно-энергетических ресурсов на предприятиях, оценкой уровня энергоемкости различных отраслей промышленности, исследованием существующих методов и подходов к управлению энергосбережением, а также классификацией инноваций в области энергосбережения.

**Во второй главе «Метод формирования эффективных систем управления энергосбережением в промышленности»** рассмотрены вопросы структурного построения систем управления энергосбережением, стратегического планирования эффективного использования ТЭР, организации управления энергосбережением, учета и контроля над расходом энергоресурсов, системного анализа и регулирования процессов реализации мероприятий по энергосбережению.

**В третьей главе «Механизм оценки эффективности мероприятий по энергосбережению в промышленности»** отражены вопросы, связанные с выявлением основных факторов и источников образования эффекта от реализуемых мероприятий, методикой оценки эффективности мероприятий по энергосбережению, процессом учета факторов инфляции и рисков при оценке рассматриваемой эффективности.

**В заключении** формулируются основные результаты проведенного исследования и окончательные выводы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы развития энергосбережения, определены цель и задачи исследования, уточняются объект и предмет исследования, приведена научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

**В первой главе «Анализ существующих методов и подходов к управлению топливно-энергетическими ресурсами в промышленности»** автором проведен анализ существующих тенденций потребления топливно-энергетических ресурсов на промышленных предприятиях в разрезе отдельных

отраслей. По результатам анализа определен потенциал энергосбережения в промышленности.

Диссертантом проведен анализ существующих в науке методов и подходов к управлению энергосбережением на промышленных предприятиях, развиваемых российскими учеными. Исследование ряда существующих подходов позволило сделать вывод о недостаточном развитии науки управления энергосбережением в промышленности. Одним из существенных недостатков является стремление большинства исследователей максимально полно использовать в своей научно-исследовательской работе западные подходы и стандарты, недостаточно адаптированные к российским условиям применения. Попытка репликации западной методологии без необходимой адаптации в данном случае обречена на неудачу, поскольку слишком велики изначальные различия между промышленными системами России, США и стран Европы. Так, к примеру, в США отсутствует столь высокий уровень амортизации и технологического износа промышленного оборудования, существенно влияющий на показатели его энергоемкости и энергоэффективности. В качестве еще одного серьезного недочета можно отметить предложение локальных подходов к энергосбережению, охватывающих лишь ограниченный участок предприятия или совокупности производственных процессов, не позволяющих получить ощутимый социально-экономический эффект.

В рамках проведения исследования автором была разработана собственная классификация инноваций в энергосбережении, обладающая универсальностью и учитывающая специфику области исследования. Инновации представляют собой важнейшую составляющую технологического развития энергосбережения в промышленности. Постоянное повышение мировых стандартов энергетической эффективности производства предполагает необходимость систематического внедрения на российских предприятиях инновационных энергосберегающих технологий как одной из основ коренной модернизации промышленности. Энергосбережение представляет собой наукоемкую деятельность, оперирующую значительным числом технологий, устройств, методик и инструментов.

В качестве методологической основы развития инновационных энергосберегающих технологий выступает инноватика. *Под инноватикой понимается междисциплинарное научное направление, исследующее вопросы планирования, разработки, производства и коммерциализации инноваций, построения инновационных систем различного уровня, внедрения инновационных технологий в производство и жизнедеятельность, а также вопросы оценки социально-экономической эффективности инновационных разработок.* Данное направление развивается на стыке инженерии, экономики, электроники, информационных технологий и ряда других направлений. Разработка инновационных энергосберегающих технологий и систем требует определенной методологической формализации данного процесса на основе теории, методологии, методов и инструментов инноватики. Одним из первостепенных инструментов является приведенная ниже классификация инноваций в энергосбережении (см. таблицу).

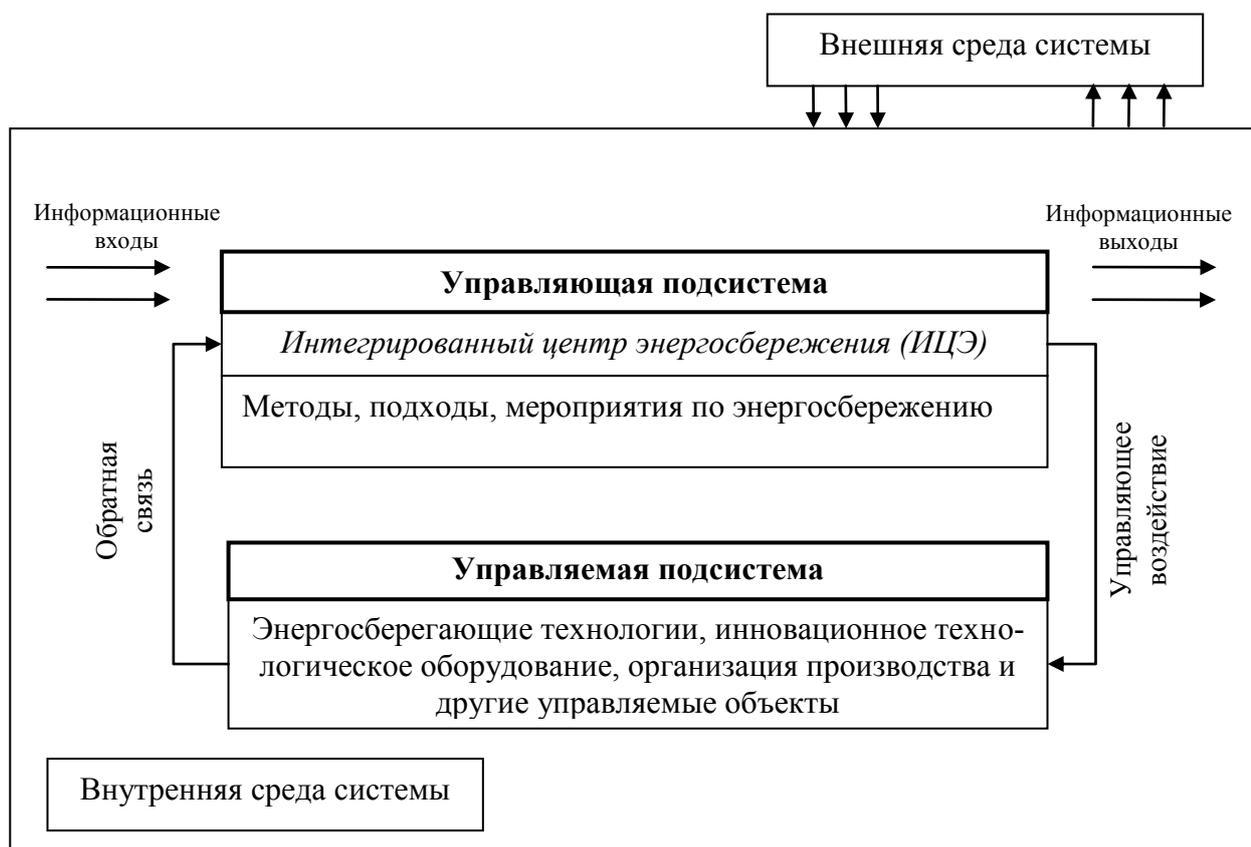
## Классификация инноваций в энергосбережении

Классификационный признак	Типы инновации
По целевым инженерным системам внедрения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• инновации в системе отопления;</li> <li>• инновации в системе вентиляции и кондиционирования;</li> <li>• инновации в системе электроснабжения;</li> <li>• инновации в системе охлаждения;</li> <li>• инновации в системе освещения;</li> <li>• инновации в системе водоснабжения</li> </ul>
По уровню внедрения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• инновации на уровне участка (станка);</li> <li>• инновации на уровне цеха;</li> <li>• инновации на уровне предприятия</li> </ul>
По уровню новизны	<ul style="list-style-type: none"> <li>• радикальные инновации;</li> <li>• улучшающие (инкрементные) инновации</li> </ul>
По типу используемых источников энергии	<ul style="list-style-type: none"> <li>• инновации, использующие возобновляемые источники энергии;</li> <li>• инновации, использующие невозобновляемые источники энергии</li> </ul>
По механизмам внедрения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• закупаемое инновационное энергосберегающее оборудование;</li> <li>• инновации, основанные на оптимизации режимов работы и совершенствовании существующих технологических устройств и механизмов</li> </ul>
По целевым подсистемам внедрения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• инновации, внедряемые в инженерные коммуникации;</li> <li>• инновации, внедряемые в производственной подсистеме (производственное оборудование);</li> <li>• инновации, внедряемые в конструкции здания (к примеру, теплоизоляционные материалы)</li> </ul>
По базовому типу инноваций	<ul style="list-style-type: none"> <li>• организационные (социальные) инновации;</li> <li>• технологические инновации;</li> <li>• программные инновации;</li> <li>• методические инновации</li> </ul>

Данная классификация учитывает дифференциацию инноваций как по уровням внедрения, так и по целевым системам, уровню новизны и другим классификационным признакам.

*Во второй главе «Метод формирования эффективных систем управления энергосбережением в промышленности»* рассмотрены вопросы, связанные с определением сущности и структурного построения систем управления энергосбережением в промышленности, стратегическим планированием эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, организацией управления энергосбережением, учетом, контролем, системным анализом и регулированием энергосберегающей деятельности, а также совершенствованием функционального построения систем управления энергосбережением.

Система управления энергосбережением предприятия, по мнению автора, должна органично интегрироваться в его структуру, занимая определенное место в иерархии и выполняя делегированные управляющей подсистемой (руководство предприятия) функции. Структура данной системы представлена на схеме (Рисунок 1).



**Рисунок 1 – Структурное построение системы управления энергосбережением промышленного предприятия**

Являясь одной из подсистем предприятия, система управления энергосбережением охватывает все подразделения и цеха, так или иначе потребляющие различные виды энергии и топливно-энергетических ресурсов. В со-

ответствии с принципами теории систем и кибернетики, данная система подразделяется на *управляющую* и *управляемую подсистемы*. В качестве *управляющей подсистемы (субъекта управления)* выступает *интегрированный центр энергосбережения (ИЦЭ)*, представляющий собой программно-аппаратный социально-кибернетический комплекс, включающий в себя специализированные программные средства, технические устройства и оборудование, а также профессиональную команду специалистов инженерно-технического и инженерно-экономического профиля по управлению энергосбережением. Руководство центром может осуществлять непосредственно главный энергетик (или главный инженер в случае небольших по масштабу промышленных структур).

В качестве *управляемой подсистемы (объекта управления)* выступают энергосберегающие технологии, технологическое оборудование, организация производства и другие управляемые объекты, содержащие потенциал энергосбережения. Все эти управляемые объекты представляют собой технологические, информационные и материальные ресурсы, создаваемые, внедряемые, развиваемые и совершенствуемые в рамках системы управления энергосбережением. За счет их использования происходит раскрытие потенциала энергосбережения предприятия. Под *потенциалом энергосбережения* понимается *определенная физическая величина, отражающая потенциальную возможность повышения уровня энергоэффективности путем совершенствования и оптимизации методов и технологий использования топливно-энергетических ресурсов*. Иными словами, потенциал энергосбережения предприятия – резерв повышения его энергетической эффективности, скрытый до момента внедрения энергосберегающих мероприятий и технологий. Его раскрытие существенным образом влияет на рост показателей социально-экономической эффективности предприятия, повышая тем самым его рентабельность, конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность. Понятие потенциала энергосбережения экономически тесно связано с понятием энергоемкости предприятия. Под *энергоемкостью предприятия* понимается *величина потребления топливных ресурсов и/или энергии различного типа для реализации технологических процессов, осуществления работ, обеспечения условий для работы оборудования и персонала в структуре данной производственной системы*.

При системном подходе к управлению предприятием в целом необходимо рассматривать систему управления энергосбережением в контексте с другими подсистемами (системами), функционирующими на предприятии в целях решения стоящих перед ним экономических и производственных задач. Система управления предприятием состоит из множества подсистем (управление основным производством, управление технологической подготовкой производства, управление материально-техническим обеспечением, управление энергосбережением и т.п.). Структурное построение системы управления промышленным предприятием в целом с учетом подсистем и решаемых задач, входящих в систему, приведено ниже (Рисунок 2).



**Рисунок 2 – Схема управления предприятием с учетом ее системного построения и решаемых задач**

Задачи, решаемые в рамках интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ), традиционно делятся на три категории: работа с людьми, работа с предметами труда, работа с информацией. Задачи в условиях ИАСУ реализуются посредством программно-аппаратных средств с применением современных информационных технологий.

Одной из ключевых функций управления энергосбережением на предприятии является **функция планирования**, включающая в себя разработку комплекса стратегических, тактических и оперативных планов эффективного использования топливно-энергетических ресурсов. *Стратегия эффективного использования ТЭР на предприятии представляет собой единую систему планов, основными целями реализации которой являются устойчивое и стабильное энергоснабжение, раскрытие его потенциала энергосбережения и повышение энергоэффективности.*

Структура стратегии эффективного использования ТЭР на промышленном предприятии приведена на схеме (Рисунок 3).



**Рисунок 3 – Стратегия эффективного использования ТЭР на промышленном предприятии**

Одним из важных вопросов в общей проблеме разработки стратегии эффективного использования ТЭР является математическая формализация происходящих процессов. Для этого необходима формальная постановка задачи, вытекающая из ее стратегии энергосбережения.

В основе функционирования системы управления энергосбережением на предприятии должна находиться эффективная модель использования топливно-энергетических ресурсов. Одним из важных вопросов в общей проблеме разработки стратегии использования ТЭР является математическая формализация происходящих процессов. Для этого необходима формальная постановка задачи, вытекающая из стратегии энергосбережения предприятия.

Рассмотрим формальную постановку задачи оптимизации производственной деятельности предприятия по критерию минимизации энергоемкости производимой продукции. Будем предполагать, что изделия производственной программы можно производить по альтернативным технологиям (включая и обходные), характеризующимся отличающимися уровнями прямых и косвенных затрат и объемами потребляемых энергоресурсов.

Введем следующие обозначения:

$x_i (i = \overline{1, I})$  – планируемый объем производства продукции  $i$ -го наименования (в нат. единицах);

$p_i (i = \overline{1, I})$  – стоимостная оценка (рыночная цена) единицы  $i$ -го продукта;

$j (j = \overline{1, J})$  – индекс потребляемого ресурса в группах материальных, капитальных и трудовых;

$b_j (j = \overline{1, J})$  – объем  $j$ -го ресурса (в натуральном выражении), составляющего средний (для данного предприятия) запас на период одного производственно-коммерческого цикла;

$K_i$  – число технологий (включая и обходные) производства  $i$ -го изделия;

$k_i (k_i = \overline{1, K_i})$  – индекс используемой в производстве  $i$ -го изделия технологии;

$\beta_{k_i} (k_i = \overline{1, K_i})$  – булева переменная, принимающая значение «1», если в производстве  $i$ -го изделия используется  $k_i$  технология, и значение «0» – в противном случае;

$d_{k_i} (k_i = \overline{1, K_i})$  – энергоемкость производства  $i$ -го изделия по  $k_i$  технологии (в ед. энергомощности);

$a_{j, k_i} (j = \overline{1, J}, k_i = \overline{1, K_i})$  – элементы матрицы прямых затрат ресурсов (в группах), учитываемых по альтернативным технологиям производства  $i$ -го продукта;

$c_{k_i} (k_i = \overline{1, K_i})$  – удельные совокупные затраты на производство  $i$ -го продукта по  $k_i$  технологии;

$m_{k_i} = p_i - c_{k_i} (i = \overline{1, I}, k_i = \overline{1, K_i})$  – удельный маржинальный доход производства и реализации единицы  $i$ -го продукта по  $k_i$  технологии.

С учетом приведенных обозначений можно рассматривать модель выбора оптимальной производственной программы в условиях ограничений по ресурсам и с учетом критерия энергоэффективности. В качестве такой модели автором разработана двухкритериальная модель с равноценными критериями на максимум валового дохода и минимум энергозатрат:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k_i=1}^{K_i} \beta_{k_i} \times m_{k_i} \times x_{k_i} \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k_i=1}^{K_i} \beta_{k_i} \times d_{k_i} \times x_{k_i} \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$\sum_{k_i=1}^{K_i} \beta_{k_i} \times x_i \leq S_i, i = \overline{1, I}; \quad (3)$$

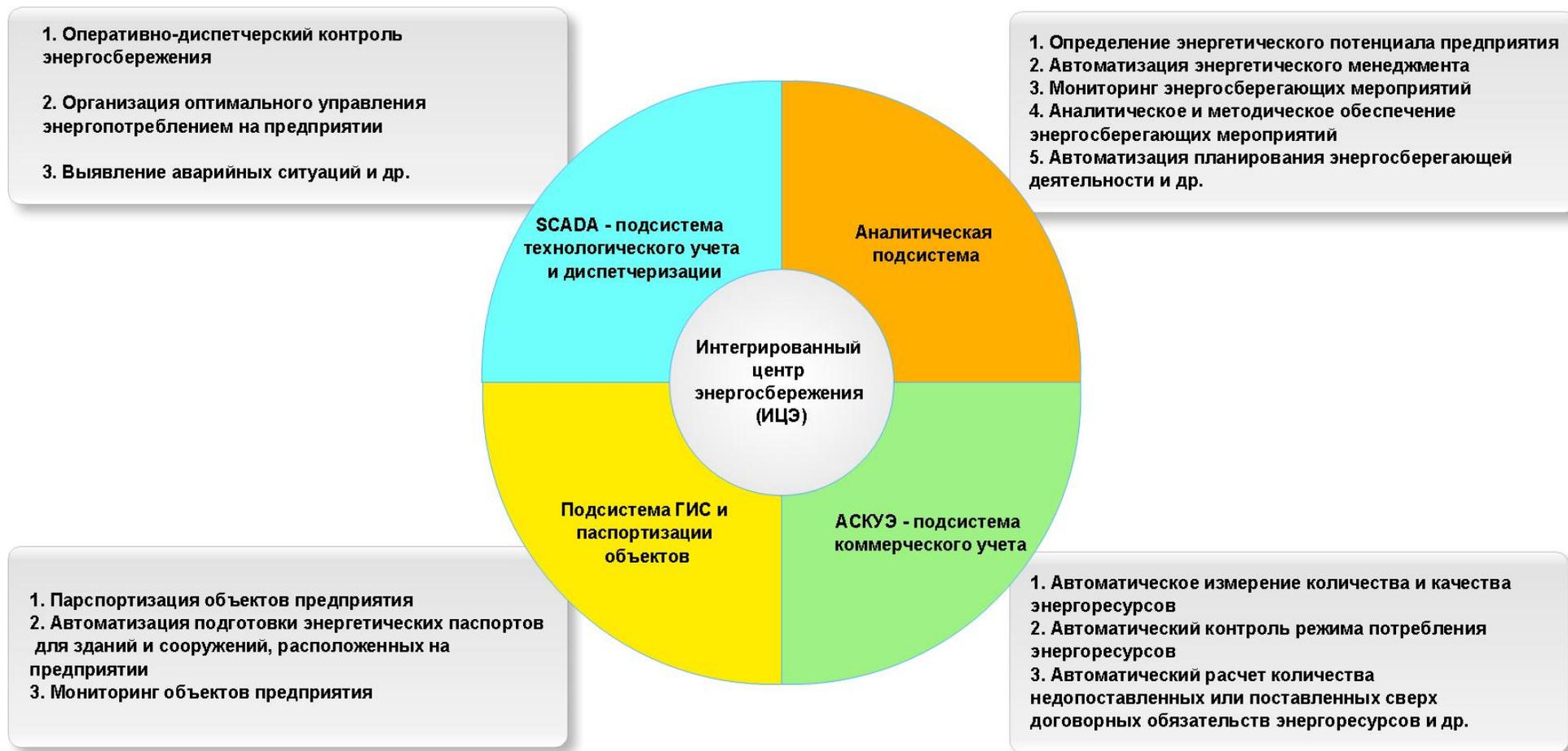
$$\sum_{i=1}^I \sum_{k_i=1}^{K_i} \beta_{k_i} \times a_{j,k_i} \times x_i \leq b_j, j = \overline{1, J}; \quad (4)$$

$$\sum_{k_i=1}^{K_i} \beta_{k_i} = 1, i = \overline{1, I}; \quad (5)$$

$$\beta_{k_i} \in \{0;1\}, x_i \in Z. \quad (6)$$

Для решения модели (1) – (6) с противоположными критериями можно воспользоваться принципом оптимума Парето. А именно, на первом шаге пренебречь критерием (2) и найти решение задачи с одним критерием (1). На втором шаге, наоборот, пренебречь критерием (1) и найти решение однокритериальной задачи с одним критерием (2). Далее реализовать итерационную процедуру, основанную на замене критерия (2), – для первой задачи на ограничение, соответствующее значению целевой функции, полученной для второй задачи, и, наоборот: с критерием (2) и ограничением, соответствующим значению целевой функции, полученной для первой задачи. Если решения этих задач совпадают, то они и соответствуют оптимальному решению задачи (1) – (6). Если не совпадают, то, используя принцип Парето, пытаемся «демпфировать», т.е. смягчить ограничение первой, затем второй задач, снова первой и т.д., до тех пор, пока не попадем в зону «Парето» и не получим совпадение решений пары однокритериальных задач.

На основе разработанной энергетической стратегии реализуется **функция организации управления энергосбережением** путем построения ИЦЭ, представляющего собой интегрированную автоматизированную систему управления в энергосбережении (Рисунок 4). Последовательная интеграция всех подсистем данной ИАСУ в единую систему, информация в которую поступает в режиме реального времени, позволяет руководству своевременно и с минимальными финансовыми и временными потерями выявить возникающие и потенциальные угрозы стабильности энергетического хозяйства и производственной подсистемы. Прозрачность и наличие максимального объема информации о текущем состоянии энергетической системы предприятия являются залогом эффективного управления и оперативного решения технических проблем и нештатных ситуаций. Технологической и программной основой ИЦЭ выступает программно-технический комплекс, включающий в себя ряд подсистем, отвечающих за отдельные задачи и функции управления энергосбережением.



**Рисунок 4 – Структура интегрированного центра энергосбережения на базе автоматизированного программно-технического комплекса**

Рассмотрим подробнее отдельные подсистемы представленного на схеме центра. Подсистема SCADA отвечает за комплексный оперативно-диспетчерский контроль над функционированием энергетического хозяйства предприятия на основе получения отчетной информации с установленных на предприятиях приборов учета энергоресурсов.

Второй подсистемой ИЦЭ является автоматизированная система коммерческого учета и контроля энергоресурсов (АСКУЭ). Внедрение АСКУЭ позволяет предприятию оплачивать только фактически поставленный и потребленный объем энергии, что исключает переплату и делает сам механизм взаиморасчетов со снабжающей компанией максимально прозрачным.

Задачи интеллектуальной обработки данных в ИЦЭ решаются аналитической подсистемой (АС), представленной в системе управления энергосбережением в качестве программного комплекса, осуществляющего анализ различных данных и технических параметров, связанных с энергоснабжением и энергосбережением предприятия. Она представляет собой интеллектуально-кибернетическое ядро ИЦЭ.

Подсистема ГИС и паспортизации объектов отвечает в ИЦЭ за пространственную координацию системы управления энергосбережением и формирование ее геоинформационной модели. Геоинформационная модель предприятия служит важным инструментом мониторинга энергосбережения, отражая географическое расположение отдельных элементов инфраструктуры и динамику их функционирования.

При реализации системы управления энергосбережением важными функциями являются **учет** и **контроль** за происходящими процессами в результате осуществления мероприятий по энергосбережению. В мировой практике, а также в нашей стране достаточно широко для учета и контроля расхода ТЭР на промышленных предприятиях применяются АСКУЭ, встроенные в ИАСУ и реализующие следующие технологические функции:

- автоматическое измерение количественных параметров потребляемых энергоресурсов;
- автоматический учет и контроль параметров потребляемых промышленным предприятием энергоресурсов;
- учет и контроль режима потребления энергоресурсов;
- расчет превышения и недопоставки энергоресурсов в соответствии с договорными обязательствами руководства предприятия, как во внутренней, так и во внешней среде.

Внедрение АСКУЭ позволяет предприятию оплачивать только фактически поставленный и потребленный объем энергии, что исключает переплату и делает сам механизм взаиморасчетов со снабжающей компанией максимально прозрачным. Тем самым она содействует снижению рисков коммерческих и технических потерь энергии.

**Системный анализ** и **регулирование** процессов реализации мероприятий по энергосбережению в промышленном производстве также являются одними из важных функций управления при системно-функциональном подходе к управлению этими мероприятиями. **Анализ** (от греч. analysis – разложение) объекта на элементы и подсистемы позволяет руководству промышленного предприятия осуществлять отслеживание динамики функционирования системы управления, реализацию мероприятий по энергосбережению и отклонение заранее запланированных параметров организации производства, работы обо-

рудования, технологических процессов и других производимых действий при производстве продукции.

Для проведения работ при системном анализе могут использоваться следующие инструменты:

- системная карта (схемы входа-выхода, возникающих причин отклонения);
- совещания для обсуждения вопросов по выявленным отклонениям;
- метод экспертных оценок;
- мозговой штурм с привлечением специалистов в определенной области вопросов энергосбережения из других организаций;
- финансовый анализ и моделирование процессов реализации мероприятий по энергосбережению.

В целях получения наиболее достоверной информации при проведении системного анализа о фактическом положении дел при управлении мероприятиями по энергосбережению и появившихся отклонениях в большинстве случаев руководство предприятий приглашает для проведения такого анализа высококвалифицированных профессионалов-консультантов из консалтинговых фирм.

Регулярный системный анализ технического состояния энергосистемы промышленного предприятия, проводимый силами специалистов предприятия, осуществляется диспетчерской группой ИЦЭ с использованием SCADA-подсистемы. Прежде всего, он включает в себя анализ функционирования оборудования самой системы управления и энергетического хозяйства промышленного предприятия в целом. Отображение в реальном времени всех энергетических подсистем этого предприятия с отражением параметров их функционирования позволяет консультантам и специалистам максимально быстро определять проблемные участки, степень и характер произошедших сбоев, что в конечном итоге способствует сокращению интервала времени, требуемого на ответную реакцию и регулирование.

**Регулирование** представляет собой целенаправленные изменения структуры, режимов работы и отдельных процессов функционирования системы с целью минимизации выявленных на предыдущих этапах нежелательных отклонений от заданного курса, оптимизации и повышения ее эффективности. Данная функция управления основана на использовании разработанного в кибернетике механизма обратной связи. В случае управления энергосбережением функция регулирования включает в себя механизмы регулирования режимов энергопотребления, корректировку работы энергосберегающих устройств и оборудования, регулирование структурного развития энергосистемы предприятия, корректировку отклонений от целевых индикаторов энергоэффективности.

Регулирование происходит на основе использования организационно-технологических методов, основанных на перераспределении и оптимизации нагрузки комплексных технологических циклов производства продукции путем внесения необходимых изменений. Каждый из циклов представляет собой последовательность локальных операций, выполняемых в соответствии с определенным графиком. Целью оптимизации энергопотребления является такое изменение временных параметров выполнения цикла, которое позволило бы избежать перегрузок энергооборудования и повысить равномерность и плотность графика нагрузки предприятия. Для этого руководством цеха и предприятия, с планово-экономическим отделом, может разрабатываться и внедряться ряд

конструктивных методов оптимизации технологических циклов, включая перераспределение нагрузки между дневной и вечерней сменами, введение ночных смен. В пиковые часы возможно введение внутрисменных перерывов, позволяющих разгрузить энергосистему. Еще одним инструментом является разнесение по времени начала и конца рабочего дня разных смен в энергоемких производственных цехах с тем, чтобы перераспределить часть нагрузки (производственные и технологические операции), приходящейся на пиковые часы, на периоды суток с минимальным энергопотреблением.

**В третьей главе «Механизм оценки эффективности мероприятий по энергосбережению в промышленности»** отражаются вопросы, связанные с определением основных факторов и источников образования эффекта при реализации мероприятий по энергосбережению, оценкой эффективности мероприятий по энергосбережению в промышленности с учетом инфляции и рисков, а также приводится алгоритм оценки эффективности систем управления энергосбережением.

Для «быстрой» и «приближенной» оценки привлекательности инвестиционных мероприятий в области энергосбережения рекомендуется использовать статические методы.

В качестве статического показателя оценки эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия следует использовать показатель «срок окупаемости ( $T_{ок}$ ) инвестиций в эти мероприятия» по следующему соотношению:

$$T_{ок} = \frac{I}{D_{III}}, \quad (7)$$

где  $I$  – единовременные инвестиции в мероприятия по энергосбережению;  
 $D_{III}$  – доход, поступающий от реализации энергосберегающего мероприятия.

Показатель «срок окупаемости инвестиций в мероприятия по энергосбережению» отражает соотношение этих инвестиций к получаемому доходу.

При использовании статических методов оценки эффективности инвестиций большое значение имеет корректный учет фактических затрат  $i$ -х энергоресурсов ( $Z_{\phi}$ ):

$$Z_{\phi} = \sum_{i=1}^n (Z_{Ti} + Z_{Ii} + Z_{Pi}), \quad (8)$$

где  $n$  – количество  $i$ -х видов энергоресурсов;  
 $Z_{Ti}$  – технологические затраты  $i$ -х видов энергоресурсов;  
 $Z_{Ii}$  – инфраструктурные затраты  $i$ -х видов энергоресурсов;  
 $Z_{Pi}$  – потери  $i$ -х видов энергоресурсов в результате нерациональной организации производства и потребления, использования энергоемких технологий и оборудования.

Технологические затраты  $i$ -х видов энергоресурсов ( $Z_{Ti}$ ) определяются исходя из фактических затрат, приходящихся на процесс производства продукции на каждом рабочем месте или участке.

Инфраструктурные затраты ( $Z_{Ii}$ )  $i$ -х видов энергоресурсов (руб. или т.у.т.) определяются по формуле

$$Z_{Ii} = Z_{oi} + Z_{Bi} + Z_{Di} + Z_{ci}, \quad (9)$$

где  $Z_{oi}$  – затраты на отопление помещений  $i$ -го вида энергоресурса;  
 $Z_{Bi}$  – затраты на вентиляцию  $i$ -го вида энергоресурса;  
 $Z_{Di}$  – затраты на водоснабжение и водоотведение  $i$ -го вида энергоресурса;  
 $Z_{ci}$  – затраты на освещение  $i$ -го вида энергоресурса.

Основные потери  $i$ -го вида энергоресурсов у производителей и потребителей (руб. или т.у.т.) определяются по следующему выражению:

$$Z_{\Pi} = Z_{ei} + Z_{\text{э}i}, \quad (10)$$

где  $Z_{ei}$  – потери  $i$ -го вида энергоресурсов, возникающие в результате неадекватной организации процесса энергопотребления;

$Z_{\text{э}i}$  – потери  $i$ -го вида энергоресурсов, возникающие в результате использования энергоемкости вспомогательного оборудования.

При использовании динамических методов оценки экономической эффективности инвестиций в мероприятия по энергосбережению наиболее приемлемым является критерий максимум чистого дисконтированного дохода ( $NPV_m$ ). Чистый дисконтированный доход от реализации мероприятий по энергосбережению при системном подходе определяется следующим образом:

$$NPV_m = \sum_{i=1}^k \frac{D_{\Pi it}}{(1+r)^t} - \sum_{i=1}^k \frac{P_{\Pi it}}{(1+r)^t}, \quad (11)$$

где  $k$  – расчетный период времени при оценке эффективности мероприятий по энергосбережению;

$r$  – ставка дисконтирования, учитывающая в своей структуре премию за риск при реализации энергосберегающего мероприятия;

$D_{\Pi it}$  – доходы от реализации энергосберегающих мероприятий на промышленном предприятии в  $t$ -м году;

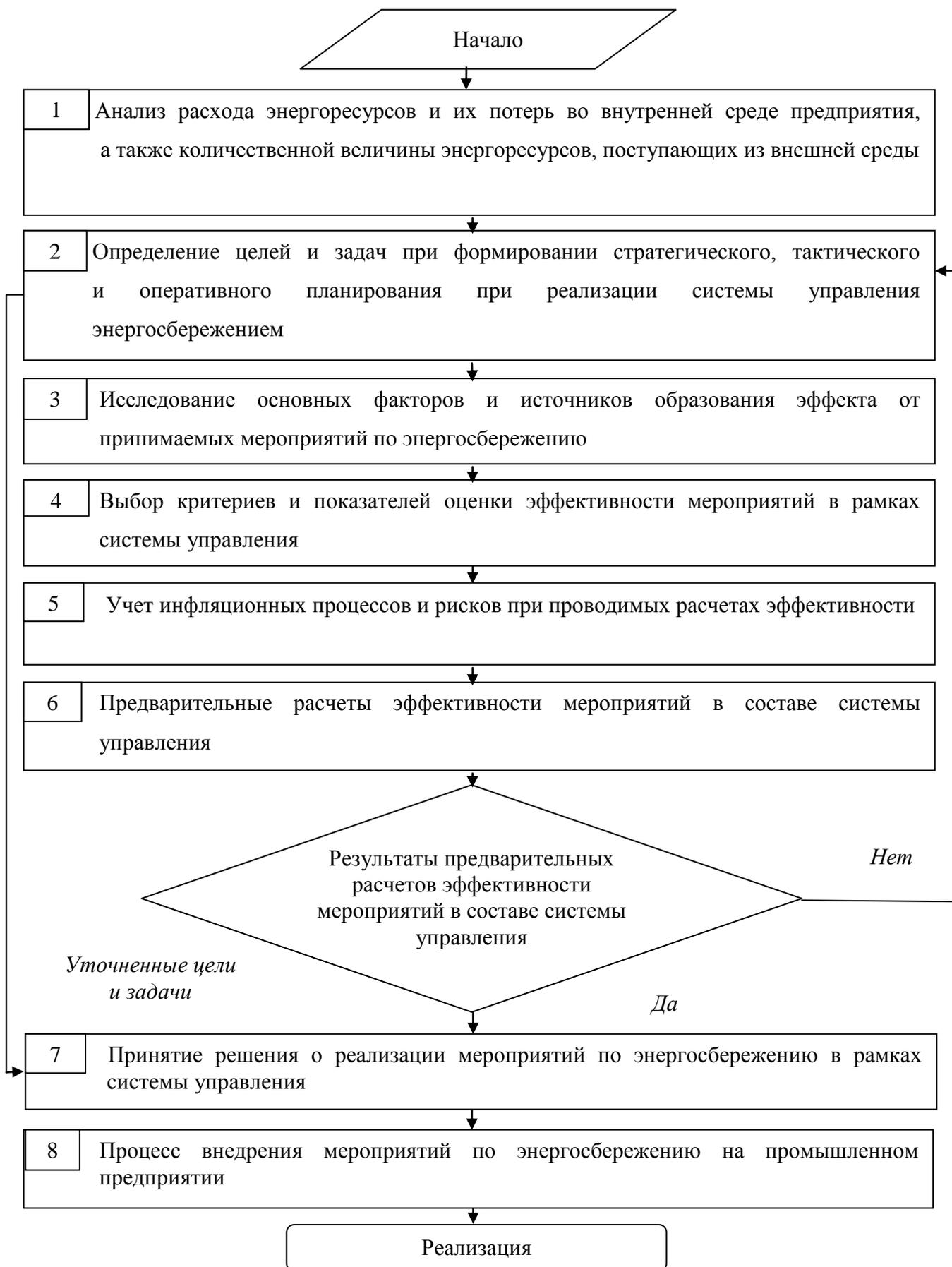
$P_{\Pi it}$  – расходы на реализацию энергосберегающих мероприятий в  $t$ -м году на промышленном предприятии.

Применение данного показателя оценки эффективности мероприятий в сфере энергосбережения предполагает следующие преимущества:

- появляется возможность учета эффективности производимых затрат, связанных с производством продукции, и экономии энергоресурсов;
- сравнительная простота расчетов в определенном году;
- наиболее полная характеристика уровня энергосбережения на предприятии;
- возможность учета всех составляющих видов энергоресурсов;
- достаточная информативность и объективность проводимых расчетов доходов и затрат, связанных с мероприятиями по энергосбережению.

В совокупности с анализом рисков это позволяет составить максимально реалистичную картину реализации определенного инвестиционного проекта энергосбережения на предприятии.

Алгоритм действий и последовательность шагов оценки эффективности мероприятий по энергосбережению в составе системы управления, с учетом методики оценки эффективности системы управления энергосбережением, изложенной ранее, приведен на схеме (Рисунок 5).



**Рисунок 5 – Алгоритм последовательности действий при оценке эффективности мероприятий по энергосбережению при системном подходе**

*В заключении* автором сделаны выводы о проведенном исследовании, его научной новизне, теоретической и прикладной ценности.

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Энергосбережение представляет собой одно из ключевых направлений повышения социально-экономической эффективности промышленных предприятий, необходимое для осуществления инновационной модернизации.
2. Достижение значимого социально-экономического эффекта при внедрении энергоэффективных мероприятий требует построения комплексной системы управления энергосбережением, позволяющей централизовать и автоматизировать многочисленные процессы.
3. В результате проведения диссертационного исследования автором была сформирована единая классификация инноваций в области энергосбережения на промышленных предприятиях.
4. Разработана система управления мероприятиями по энергосбережению на основе системно-функционального подхода.
5. Осуществлено моделирование процесса выбора оптимальной производственной программы в условиях ограничений по ресурсам и с учетом критерия энергоэффективности.
6. Разработана структура интегрированного центра энергосбережения на основе автоматизированного программно-технического комплекса.
7. Определены основные направления совершенствования системы управления энергосбережением.
8. Предложена методика оценки эффективности инвестиций в мероприятия по энергосбережению в промышленности с использованием статического и динамического подходов.
9. Разработан алгоритм оценки эффективности мероприятий по энергосбережению.

## **ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК**

1. Теплышев В.Ю., Голов Р.С., Воробьев А.С., Митерева С.М. Некоторые аспекты создания энергосервисной компании в России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2006. Т. 77. С. 111-145 (2 п.л.).
2. Теплышев В.Ю., Голов Р.С. Выбор критериев оценки эффективности системы управления инновационно-инвестиционной деятельностью про-

- мышленной организации // Научные труды Вольного экономического общества России. 2009. Т. 127. С. 9-14 (0,4 п.л.).
3. Теплышев В.Ю., Бурдуниин М.Н., Трайнев О.В., Шинелев А.А. Разработка и промышленное внедрение программно-технического комплекса для решения проблем учета и сбережения энергоресурсов // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2009. № 2 (16). С. 99-102 (0,4 п.л.).
  4. Теплышев В.Ю. Перспективы повышения энергоэффективности в условиях модернизации экономики // Научные труды Вольного экономического общества России. 2010. Т. 137. С. 488-495 (0,7 п.л.).
  5. Теплышев В.Ю. Концептуальные основы инновационного развития энергетической системы России на базе развития энергосервисного рынка в контексте формирования умных сетей // Научные труды Вольного экономического общества России. 2011. Т. 155. С. 13-18 (0,6 п.л.).
  6. Теплышев В.Ю. Системно-синергетическая роль энергосервиса в процессе инновационной модернизации энергетической системы России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2012. Т. 166. С. 107-112 (0,4 п.л.).
  7. Теплышев В.Ю. Концептуальные основы развития системы энергетического сервиса в контексте модернизации энергетической системы России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2013. Т. 174. С. 195-206 (0,8 п.л.).
  8. Теплышев В.Ю. Предпосылки и перспективы развития рынка энергетического сервиса на основе формирования маркетингового информационного пространства // Научные труды Вольного экономического общества России. 2013. Т. 179. С. 654-662 (0,7 п.л.).
  9. Теплышев В.Ю. Концептуальные основы и структурное построение системы управления энергосбережением на предприятиях в промышленности // Экономика и управление в машиностроении. 2014. № 1. С. 46-51 (0,6 п.л.).
  10. Теплышев В.Ю. Реализация функций учета и контроля при формировании систем управления энергосбережением // Экономика и управление в машиностроении. 2014. № 4. С. 47-50 (0,5 п.л.).

#### **Публикации в других изданиях**

1. Теплышев В.Ю., Голов Р.С., Митерева С.М. Энергосервисные компании: энергосбережение как важнейший аспект экологии // Вопросы экономики переходного периода. 2007. № 4. С. 2-6 (0,4 п.л.).
2. Теплышев В.Ю., Голов Р.С., Митерева С.М. Финансовые модели ЭСКО // Вопросы экономики переходного периода. 2007. № 5. С. 10-14 (0,5 п.л.).