

На правах рукописи



ГРИНЕВ Андрей Викторович

**МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Специальность: 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством»
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,
комплексными - промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации
на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого".

Научный руководитель:

кандидат экономических наук, доцент
Новикова Ольга Валентиновна
доцент кафедры экономика и менеджмент в энергетике ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук, профессор,
Любарская Мария Александровна
профессор кафедры менеджмента в городском хозяйстве ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», г. Санкт-Петербург

доктор экономических наук, доцент
Корнилов Дмитрий Анатольевич
профессор кафедры экономика, управление и финансы ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ), г. Нижний Новгород

Ведущая организация:


ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", г. Москва

Защита состоится «23» июня 2015 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.23 при ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» по адресу: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, III учебный корпус, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Автореферат разослан « » 2015 г. и размещен на сайте ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»:

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.229.23
доктор экономических наук, профессор

 Сулоева Светлана Борисовна

I ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационного исследования

Экономичность работы промышленных предприятий непосредственно связана с экономичностью расходования энергетических ресурсов на технологические процессы. К примеру, для некоторых отраслей народного хозяйства энергоёмкость продукции может достигать 80%. В условиях конкуренции на рынке промышленной продукции и функционирования рынка энергетических ресурсов становится актуальной задача управления энергопотреблением промышленного предприятия с учетом возможности изменения энергетических характеристик во времени для снижения затрат на покупку энергетических ресурсов.

Вопросы управления энергопотреблением различных производственных объектов получили отражение в работах отечественных исследователей: В.И.Вейца, И.В.Гофмана, А.А. Тайца, П.П. Ястребова, В.Н. Аввакулова, Б.Н. Авилова-Карнаухова, Г.Л. Багиева, В.Т. Мелехина, Н.М. Кузнецова, Б.А. Константинова, В.Р. Огорокова, Л.Д. Хабачева, Э.М. Косматова, Б.И.Кудрина, В.И.Гнатюка.

Для высокотехнологичных предприятий большинства отраслей промышленности сегодня характерно наличие автоматизированных систем учёта и контроля различных производственных параметров. Автоматизированные системы внедрены для обеспечения требований промышленной безопасности, контроля качества сырья и готовой продукции, контроля параметров технологических процессов и пр. Это создает широкие возможности для повышения уровня управляемости производства в целом и его функциональных зон, таких как энергопотребление, - в частности.

Сказанное определяет актуальность выбора темы диссертационного исследования, направленного на разработку методов управления процессом энергопотребления на промышленном предприятии с использованием процессных энергетических характеристик (ПЭХ) полученных благодаря возможностям современных автоматизированных систем учета, контроля и управления.

Целью исследования является:

Разработка методов управления энергопотреблением промышленного предприятия с использованием процессных энергетических характеристик в целях повышения эффективности потребления энергетических ресурсов.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие **задачи**:

1. Исследовать процесс потребления энергетических ресурсов на промышленном предприятии и его влияние на экономические и финансовые показатели предприятия.
2. Предложить метод повышения эффективности работы промышленного предприятия на рынке энергетических ресурсов с использованием ПЭХ.
3. Предложить метод ранжирования инвестиционной привлекательности проектов модернизации энергопотребляющего оборудования на основе их ПЭХ.
4. Разработать алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее автоматизировать получение ПЭХ.
5. Провести оценку повышения эффективности управления энергопотреблением с использованием предлагаемых методов.

Задачи, решаемые в рамках исследования, определены исходя из следующих условий:

1. Действующее управление энергопотреблением на промышленных предприятиях не соответствует возможностям автоматизированных систем учета, контроля и управления.

2. Нормирование энергопотребления играет существенную роль в управлении энергопотреблением на стадиях планирования, мотивации и контроля.

3. Существующий международный стандарт Энергоменеджмента ISO 50001 (ГОСТ Р ИСО 50001-2012) определяет необходимость разработки и документирования показателей энергетической эффективности на промышленных предприятиях.

4. Современное развитие систем контроля, учета и управления позволяет получать энергетическую характеристику энергопотребляющего объекта в оперативном режиме (режиме реального времени) с учетом фактически сложившейся на предприятии ситуации.

Объектом исследования являются промышленные предприятия с высокой энергоёмкостью технологических процессов – потребители топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Предметом исследования является система организационно-экономических механизмов повышения эффективности управления энергопотреблением на промышленном предприятии.

Теоретической и методологической основой диссертационного исследования являются теоретические основы экономики предприятия, управления производственными процессами с высокой энергоёмкостью, положения системного анализа, теории вероятностей, математической статистики.

Научная новизна исследования состоит в разработке методов повышающих эффективность управления производством продукции и режимами потребления энергии с целью минимизации затрат на энергетические ресурсы.

К числу **результатов, обладающих признаками научной новизны и выносимых на защиту**, относятся:

1. Разработан метод получения ПЭХ объектов энергопотребления, применяемых в качестве исходной базы для управления энергопотреблением промышленного предприятия, в отличие от существующих методов, использующий для получения энергетических характеристик, как данные энергоучёта, так и данные систем автоматического управления технологическими процессами и контроля производственных параметров (АСУ ТП, ТОиР, LIMS и пр.) в режиме реального времени.

2. Предложены новые методы управления энергопотреблением для промышленного предприятия, отличительной особенностью которых является использование для минимизации затрат на энергопотребление процессных энергетических характеристик.

3. Разработан метод оценки эффективности управления энергопотреблением промышленного предприятия, учитывающий эффекты от применения ПЭХ при управлении энергопотреблением.

Практическая ценность:

В результате проведенных исследований, с использованием предложенных методов разработаны методики совершенствования управления энергопотреблением, повышающие оперативность и качество принятия управленческих решений на предприятиях ООО «Тобольск-нефтехим», ОАО «Уралкалий», ЗФ ГМК «Норильский никель», ООО «Газпром

Трансгаз Санкт-Петербург», ОАО «Татнефть», а также разработан инструмент управления энергопотреблением промышленного предприятия – Информационно-аналитическая система (ИАС) «Управление энергопотреблением промышленного предприятия».

Апробация результатов исследования.

Основные положения диссертационной работы докладывались автором и обсуждались на Международной конференции «Энергосбережение и экологические проблемы энергетики» (г. Петрозаводск 2008 г.), конференции ООО «СИБУР Холдинг» «Повышение энергоэффективности работы оборудования и концепция формирования программы энергосбережения предприятий» (г. Тобольск 2008 г.), ХLI научно-практической конференции с международным участием «Неделя науки СПбГПУ» (СПбГПУ, 2012), «ХLII научно-практической конференции с международным участием «Неделя науки СПбГПУ» (СПбГПУ, 2013), Международной конференции «Эффективная энергетика -2013», Международных XIII Байконуровских чтениях «О.А. Байконуров и развитие современной горной науки, экономики и образования Казахстана» 2013, Международной конференции «Эффективная энергетика -2014» (ФГАОУ ВО «СПб ГПУ», 2014).

Результаты исследований нашли **практическую реализацию в программном комплексе, методиках расчёта норм энергопотребления промышленных предприятий и стандартах организаций:**

1. Программный комплекс: «Модуль расчёта прогнозов электропотребления предприятия ОАО «Уралкалий», в котором предложен метод расчёта прогнозируемого суточного потребления электроэнергии рудоуправлениями для покупки энергии на оптовом рынке электроэнергии (мощности) основанный на использовании комбинированного метода получения ПЭХ;

2. Программный комплекс: ИАС «Управление энергопотреблением предприятия» ООО «Тобольск-нефтехим», в котором автоматизированы функции отдела главного энергетика и технического отдела промышленного предприятия (расчёт и анализ научно обоснованного энергопотребления, оптимизацию и оценку эффективности энергопотребления).

3. Методические материалы: «Разработка элементов системы энергоменеджмента ООО «Тобольск-нефтехим» в рамках которой произведён расчёт научно обоснованного энергопотребления производств предприятия с использованием комбинированного метода получения ПЭХ, предложен алгоритм оценки эффективности энергопотребления, разработано технико-экономическое обоснование и техническое задание на разработку автоматизированной системы Информационно-аналитическая система «Управление энергопотреблением предприятия».

4. Руководящий документ ОАО «Газпром» ООО «Газпром Трансгаз Санкт-Петербург»: Стандарт организации «Система норм и нормативов расхода ресурсов, использования оборудования и формирования производственных запасов. Методика расчета планового и нормативного потребления электроэнергии в линейно-производственных управлениях» СТО Газпром Трансгаз Санкт-Петербург.

5. Руководящий документ ОАО «Гатнефть»: Стандарт организации «Расчёт удельных норм расхода электрической энергии для технологических процессов» СТО ТН.

По теме диссертационной работы опубликованы одиннадцать статей, в том числе 3 из перечня рекомендованного ВАК, разработано, утверждено и внедрено два Стандарта организации и восемь методик нормирования потребления ТЭР предприятиями различных отраслей народного хозяйства. Объём принадлежащих лично автору опубликованных материалов составил 2,3 п.л. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ: Информационно-аналитическая система «Управление энергопотреблением промышленного предприятия».

Структура диссертационной работы соответствует цели и задачам, решаемым в диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Она изложена на 159 страницах машинописного текста, содержит 34 рисунка, 32 таблиц, и 89 наименований использованной литературы, 3 приложения.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Разработан метод получения процессных энергетических характеристик объектов энергопотребления, применяемых в качестве исходной базы для управления энергопотреблением промышленного предприятия, в отличие от существующих методов, использующий для получения энергетических характеристик, как данные энергоучёта, так и данные систем автоматического управления технологическим процессом и контроля производственных параметров (АСУ ТП, ТОuP, LIMS и пр.) в режиме реального времени.

Совокупность систем энергоснабжения и энергопотребления, технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования представляют собой энергетическую систему промышленного предприятия

В рамках настоящего исследования автором рассматривается один из элементов энергетической системы промышленного предприятия, а именно энергопотребление (потребление тепловой и электрической энергии, топлива и прочих энергоресурсов) промышленного предприятия.

Энергопотребление – процесс потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) комплексом взаимосвязанного оборудования, зданий и сооружений на промышленном предприятии.

Управление энергопотреблением промышленного предприятия – реализация экономических, технологических, организационных мер, направленных на минимизацию затрат на потребление ТЭР в производственном процессе.

В настоящее время управление энергопотреблением на предприятиях представляет собой систему правил использования энергопотребляющего оборудования, для выпуска готовой продукции (переработки сырья).

Исходной основой управления энергопотреблением являются:

1. Обеспечение выпуска продукции заданного качества.
2. Выпуск требуемого количества продукции.

3. Обеспечение требований безопасности использования технологического оборудования (промышленной, экологической, охраны труда и т.д.).

Выполнение этих правил ведёт к тому, что промышленные предприятия работают в “вынужденном”, с точки зрения энергопотребления, режиме. То есть расходуется столько энергоресурсов, сколько необходимо для выполнения трёх основных правил.

С учетом тарифов на энергоресурсы, определяющих их стоимость в зависимости от условий энергопотребления (времени суток, объема и т.д.), затраты на энергетические ресурсы для промышленных предприятий складываются из объёма потребляемых ТЭР и их стоимости.

Управление энергопотреблением на промышленном предприятии, осуществляется с использованием экономических, административных (организационно-распорядительных) и социально-психологических методов с применением инструментов управления (бюджетирование, автоматизированные системы, контроль). Бюджетирование позволяет определять наиболее эффективные условия (в т.ч. тарифы) потребления ТЭР. Автоматизированные системы предоставляют необходимую информацию для анализа энергопотребления. Под контролем подразумевается процесс наблюдения, выявления, анализа, оценки и информирования об отклонениях действительных значений энергопотребления от заданных или их совпадение. Контроль обеспечивает эффективность потребления ТЭР в т.ч. и за счет организации нормирования.

Норма энергопотребления является фактором, влияющим на принятие управленческих решений на промышленном предприятии при управлении потреблением ТЭР.

На сегодняшний день основными методами расчёта норм расхода ТЭР являются: опытный, отчётно-статистический и расчётно-аналитический (нормативный). В основе данных методов нормирования лежит энергетическая характеристика (ЭХ) объекта энергопотребления, необходимость использования которой сформулирована в работах ученых И.В. Гофмана и А.А. Тайца. Различают опытный, расчетный и смешанный метод построения ЭХ (Гофман И.В. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий. М.: Энергия, 1966 г.).

Существующие методы и организация нормирования не позволяют оперативно производить управление энергопотреблением промышленного предприятия, т.к. скорость изменения объективной нормы энергопотребления не соответствует скорости изменения объекта энергопотребления.

Промышленные предприятия, как объект энергопотребления, обладают большим набором сложных технологических процессов, изменение состояния которых во времени происходит постоянно. Это обусловлено как изменением технологических факторов (изменение технического состояния оборудования), так и социально-экономических и климатических факторов (изменение параметров окружающей среды, квалификации персонала и т.д.). В то же время существующие методы нормирования энергопотребления не в полном объёме используют возможности автоматизированных систем коммерческого и технического учёта потребления ТЭР (АСУЭ), управления технологическим процессом

(АСУ ТП), контроля качества сырья и готовой продукции (LIMS), технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОиР) и пр.

Поэтому актуальным становится вопрос повышения оперативности и точности получения ПЭХ промышленного предприятия для принятия управленческих решений.

Автором сформулированы **направления совершенствования управления энергопотреблением промышленного предприятия:**

- повышение оперативности и точности получения ПЭХ;
- автоматизация систем сбора данных учета энергопотребления;
- внедрение автоматизированных систем управления технологическим процессом;
- внедрение автоматизированных систем управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования;
- внедрение автоматизированных систем контроля качества сырья и готовой продукции.

Современное развитие систем АСУ ТП и АСУЭ, позволило автору в данном исследовании разработать метод получения ПЭХ, учитывающий связь энергопотребления со структурой и режимом работы производства – **комбинированный метод** получения ПЭХ.

Требования к исходным данным методов получения ЭХ приведены на рис.1.

В диссертации автором вводится понятие:

Комбинированный метод получения энергетической характеристики – метод, учитывающий связь энергопотребления со структурой и режимом работы производства.

В диссертации автором уточняется понятие:

Энергетический профиль (ЭПр) – структурированный перечень энергопотребляющего оборудования, необходимый и достаточный для выполнения конкретной производственной задачи.

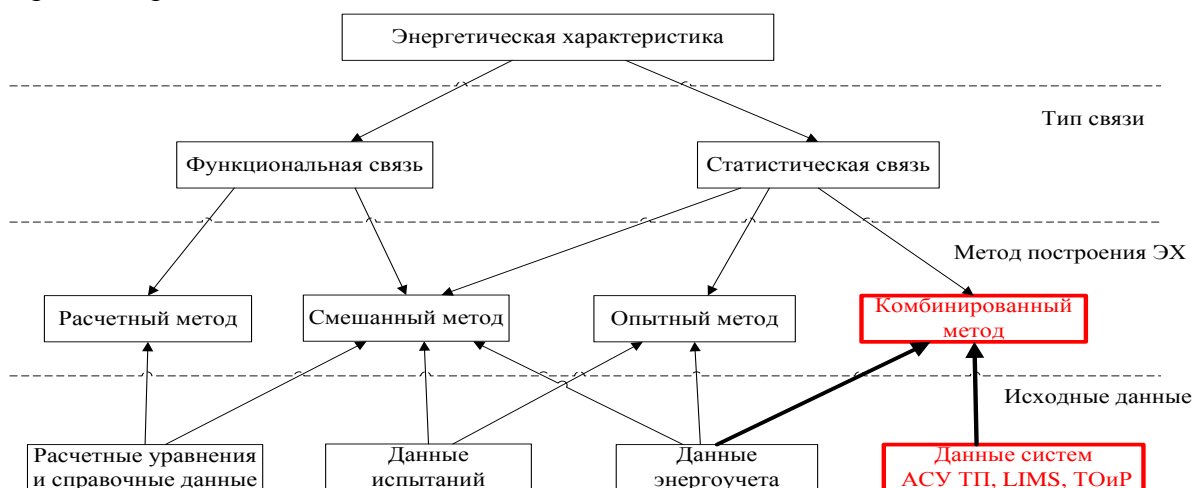


Рис. 1. Методы получения энергетических характеристик

Данный метод актуален для промышленных предприятий, на которых внедрение современных систем АСУ ТП и АСУЭ осуществлено по технологическим причинам и не требует дополнительных капиталовложений (химические, нефтехимические, нефтеперерабатывающие предприятия, металлургические, горно-обогатительные и т.п.).

Основным отличием комбинированного метода от существующих является использование им как данных энергоучета, так и данных систем автоматического управления и контроля.

Комбинированный метод, сочетая в себе достоинства опытного и расчётного метода, позволяет производить получение ПЭХ, используя статистические данные, собираемые системами учёта предприятия, с меньшей трудоёмкостью, чем опытный и большей точностью, чем расчётный метод. Это достигается за счёт разделения всего энергопотребляющего оборудования на группы – энергетические профили (ЭПр) и обработки статистических данных о потреблении ТЭР предприятием с учётом работы того или иного ЭПр, что позволяет производить построение ПЭХ и расчет энергопотребления с детализацией выше, чем существующая на предприятии система учета потребления ТЭР.

Каждому ЭПр сопоставляется свой статистический портрет зависимости значений энергопотребления от влияющих факторов, с помощью которого вычисляется величина научно обоснованного энергопотребления.

Система учёта потребления ТЭР предприятия обеспечивает сбор данных по потреблению ТЭР производством, которое может быть представлено набором ЭПр. Для каждого ЭПр можно выделить факторы, влияющие на потребление ТЭР. Произведен отбор наиболее значимых факторов на основе корреляционного анализа. Численные значения факторов вместе с энергопотреблением им соответствующим является статистическим портретом ЭПр. Обработка данных в комбинированной модели позволяет определить зависимость потребления ТЭР каждого ЭПр ($E_{ЭПрt}$) при изменяющихся значениях, влияющих на энергопотребление факторов (Φ), т.е. получить ПЭХ.

$$E_{ЭПрt} = f(\Phi_{1t}, \Phi_{2t}, \dots, \Phi_{nt}),$$

где n – количество факторов, влияющих на энергопотребление.

Потребление ТЭР предприятием определяется как сумма потреблений ТЭР каждым ЭПр.

$$E = \sum_{ЭПр=1}^{ЭПр=N} \sum_t E_{ЭПрt},$$

где N – количество ЭПр,

t – времена работы ЭПр.

Комбинированная математическая модель энергопотребления состоит из двух частей – объектно-ориентированной и аналитической рис. 2.

Каждому ЭПр соответствует набор строк с численными значениями факторов, влияющих на потребление ТЭР и энергопотреблением соответствующим значениям этих факторов (Матрица исходных данных). Формирование «Матрицы исходных данных» обеспечивают системы учёта потребления ТЭР и управления ТП предприятия.

Идея алгоритма расчета энергопотребления с использованием комбинированного метода получения ПЭХ состоит в том, что используя имеющиеся исходные данные – значения влияющих факторов при известном энергопотреблении, выбрать те из них, которые с одной стороны наиболее близки к расчётным значениям влияющих факторов, а с другой – количество и качество выбранных данных должно позволять рассчитывать энергопотребление с заданной точностью статистическими методами.

№ п/п	Дата, время	№ ЭПр	Фактор 1 нагрузка	Фактор 2 температура воздуха	Фактор i
1	21.11.10 00:00	1				
2	21.11.10 01:00	1				
3	21.11.10 02:00	3				
4	21.11.10 03:00	2				
5	21.11.10 04:00	2				
6	21.11.10 05:00				
7	21.11.10 06:00	N				

Энергетический профиль 1
Энергетический профиль 2
Энергетический профиль 3
Энергетический профиль N

Рис. 2. Схематичное представление комбинированной модели получения ПЭХ

Комбинированный метод обеспечивает получения ПЭХ в оперативном режиме (режиме реального времени), с использованием которой может производиться обоснованное определение величины энергопотребления промышленного предприятия.

Автором вводится понятие «Процессная энергетическая характеристика» (ПЭХ) – зависимость энергопотребления от влияющих на него факторов (технологических, социально-экономических, климатических), учитывающая их изменение в оперативном режиме.

С использованием ПЭХ для конкретного набора факторов (конкретных условий производства) может быть получена технически и экономически обоснованная величина энергопотребления.

Автором вводится понятие «Научно обоснованное энергопотребление» (НОЭ) –

технически и экономически обоснованная величина энергопотребления, учитывающая в оперативном режиме изменение факторов, влияющих на потребление ТЭР (технологических, социально-экономических, климатических).

НОЭ в соответствии с ГОСТ Р 51380-99 «Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям» является одним из показателей энергетической эффективности

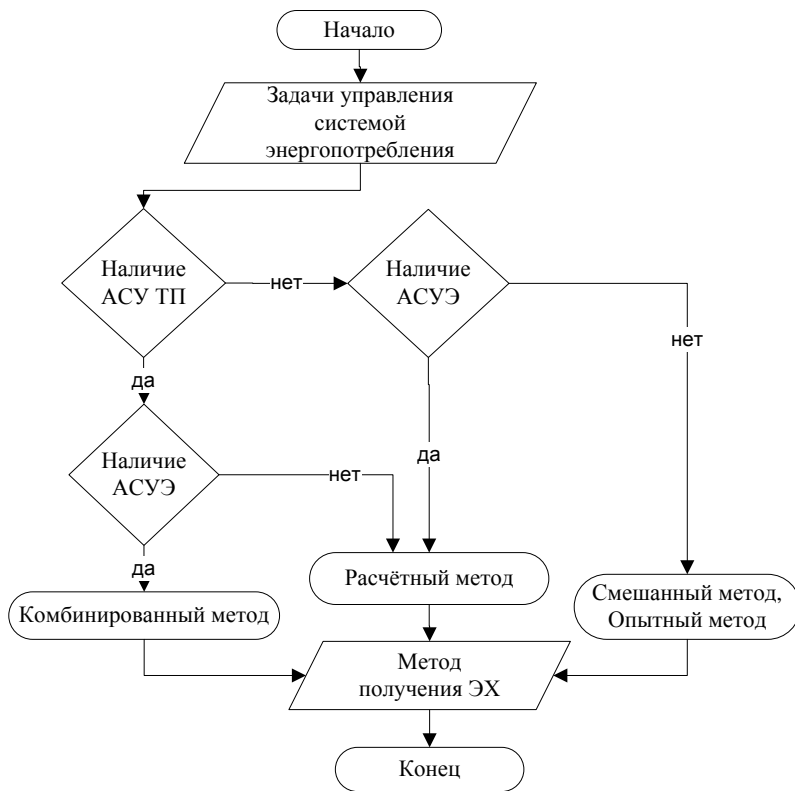


Рис. 3 Механизм выбора метода получения ЭХ

и может применяться для оценки эффективности потребления ТЭР. НОЭ удовлетворяет требованиям, предъявляемым к показателям энергоэффективности: достоверность оценки энергопотребления, высокая точность и оперативность определения. Необходимость установление показателей энергоэффективности определено международным стандартом ISO 50001.

Исходя из вышесказанного, **автором предложено** использовать НОЭ как один из показателей энергетической эффективности промышленного предприятия.

Сравнение фактического энергопотребления с НОЭ обеспечивает в режиме реального времени анализ эффективности работы производства, в том числе действий оперативного персонала, мотивируя его на повышение личной ответственности в энергосбережении и достижении максимальных результатов энергоэффективности на рабочем месте.

В диссертации **автором получены комбинированным методом ПЭХ и произведён расчёт** величины НОЭ для производства нефтехимического предприятия.

Определить какой метод получения энергетической характеристики предпочтителен для того или иного объекта, исходя из уровня автоматизации управления технологическими процессами и автоматизации учёта энергопотребления на промышленном предприятии, а также из задач управления энергопотреблением промышленного предприятия, возможно используя механизм выбора наилучшего метода получения энергетической характеристики **предложенный автором** рис. 3 и в таблице 1.

Таблица 1. Соответствие метода получения энергетической характеристики задачам управления энергопотреблением промышленного предприятия

Метод получения ЭХ	Задачи управления энергопотреблением			
	Оптимизация энергопотребления	Обеспечение расчёта энергоэффективности работы предприятия (подразделения)	Планирование бизнес-процессов, прогнозирование поставок, минимизация затрат материальных ресурсов за счет оптимизации графиков загрузки	Ранжирование инвестиционной привлекательности проекта модернизации энергооборудования
1. Опытный	-	+	-	-
2. Смешанный	-	+	-	-
3. Расчётный	+	+	-	-
4. Комбинированный	+	+	+	+

2. Предложены новые методы управления энергопотреблением для промышленного предприятия, отличительной особенностью которых является использование для минимизации затрат на энергопотребление промышленного предприятия процессных энергетических характеристик.

Промышленное предприятие является «активным» потребителем ТЭР и может управлять собственным энергопотреблением.

«Активный» потребитель - участник энергетического рынка, обладающий технологической возможностью по маневрированию своим энергопотреблением и готовностью к участию в программах по управлению спросом, который самостоятельно формирует требования к объёму получаемой энергии, качеству и характеру её потребительских свойств и энергетических услуг.

Автором уточнены функции промышленного предприятия как «активного» потребителя.

- управление собственным энергопотреблением в соответствии с производственным планом;

- предоставление управляемых активных и реактивных нагрузок (мощностей) для управления со стороны системного оператора (электроэнергия);

- определение условий загрузки собственной мощности, для формирования заявки на участие в покупке/продаже ТЭР.

- определение условий строительства собственных источников энергоснабжения (электроэнергия, тепловая энергия);

- изменение режимов энергопотребления технологического оборудования (изменение режимов использования оборудования в технологическом процессе);

- модернизация технологического процесса (повышение эффективности энергопотребления, повышение процента использования вторичных ТЭР в технологических процессах).

Реализация приведенных выше функций создает предпосылки для управления энергопотреблением на промышленных предприятиях.

Предложенные автором в диссертации ПЭХ, позволяют повысить оперативность и обоснованность принятия управленческих решений, тем самым повысить эффективность управления энергопотреблением промышленного предприятия.

Возможность оперативного (в режиме реального времени) получения ПЭХ и определения НОЭ позволяет воздействовать на технологические, организационные и социально-экономические аспекты функционирования предприятия - «активного» потребителя и позволяет получить экономический эффект от своевременности и повышения качества принятия управленческих решений в вопросах:

- управления энергопотреблением;

- ранжировать инвестиционную привлекательность проектов модернизации энергопотребляющего оборудования;

- повышать эффективность планирования бизнес-процессов;

- мотивировать персонал энергосбережению.

Автором предложен метод принятия решений при управлении энергопотреблением промышленного предприятия. Метод разработан для двух уровней принятия управленческих решений: «*Оперативное контроль*» (Оперативное управление работой оборудования); «*Стратегическое планирование*» (Перспективное управление - планирование эффективного энергопотребления предприятия) (рис. 4).

До 50% в себестоимости произведенной продукции указанных выше предприятий отраслей промышленности составляют затраты на энергоресурсы. Использование комбинированного метода получения ПЭХ при анализе и планировании бизнес-процессов предприятия позволяет производить оперативное и перспективное управление

энергопотреблением, что при условии значительной энергоемкости производств снижает себестоимость производства продукции.

Оперативное управление позволяет выбрать наиболее энергетически эффективный набор энергопотребляющего оборудования для выполнения конкретной производственной задачи (выбор энергетического профиля при известных значениях факторов влияющих на энергопотребление). Задача актуальна для определения энергопотребления в часы максимума нагрузки и предупреждения в режиме реального времени перерасхода ТЭР в производственном процессе.

Перспективное управление позволяет определить минимальную стоимость ТЭР для выполнения производственной задачи и наиболее энергетически эффективные параметры производства (значения влияющих факторов). Задача актуальна при формировании бюджета предприятия, планировании производства продукции.

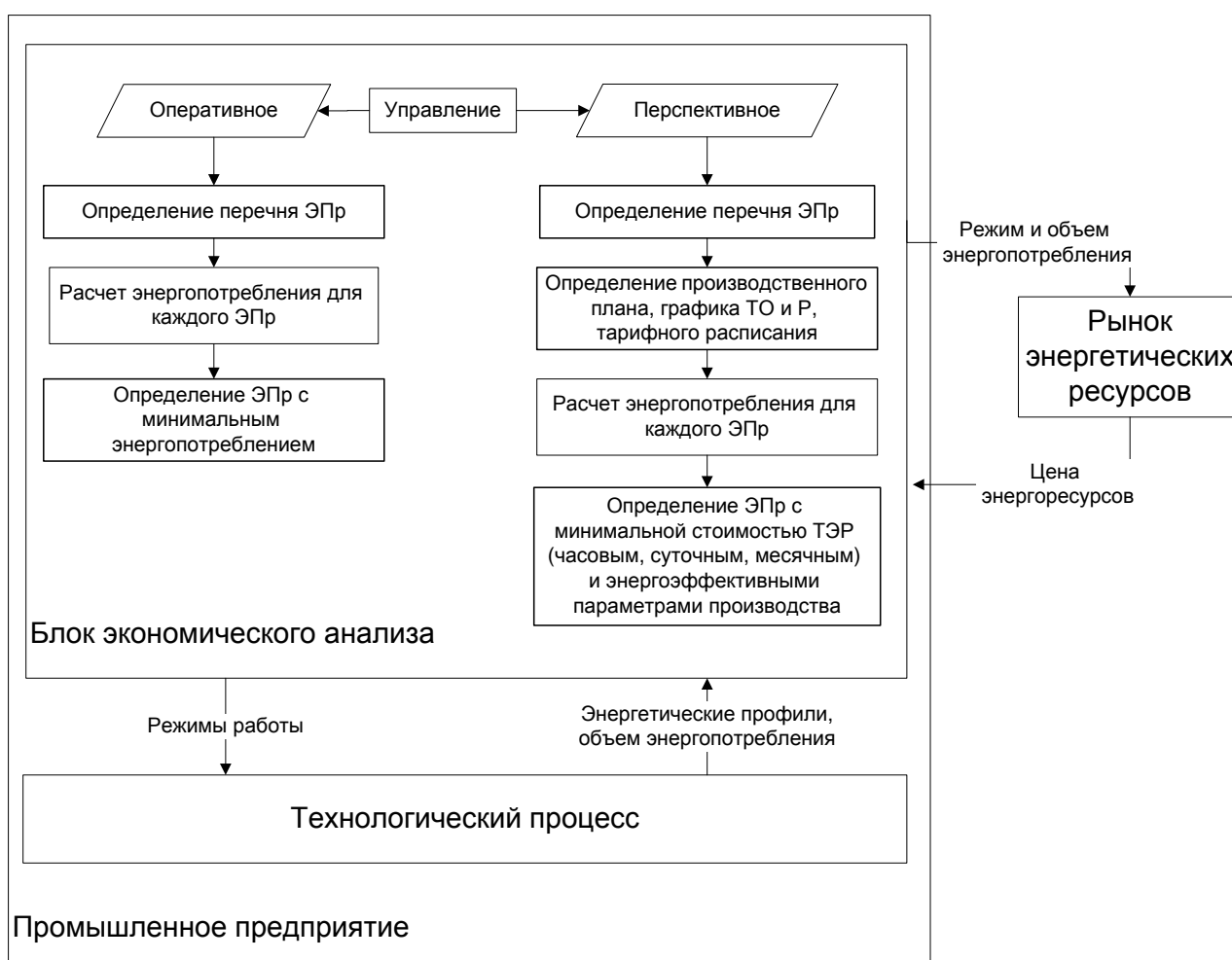


Рис. 4. Схема реализации метода повышения эффективности работы промышленного предприятия на рынке энергетических ресурсов с использованием процессных энергетических характеристик

С учетом возможности предприятий управлять почасовым энергопотреблением и различием тарифов на электроэнергию для промышленных предприятий в зависимости от уровня напряжения, времени суток, учета потребляемой мощности, полноты использования выделенной мощности (числа часов использования заявленной мощности) перспективное

управление позволяет выстраивать бизнес-процессы в течение суток, недель и месяцев с учетом приобретения энергоресурсов предприятиями по минимальной возможной стоимости, определяемой тарифным расписанием.

Предложены критерии, используемые «активным» потребителем, в методе действий:

- минимальное энергопотребление ЭПр (оперативное управление);

Цель управления: определить ЭПр с минимальным энергопотреблением на настоящий момент времени для минимизации энергопотребления промышленного предприятия и недопущения перерасхода ТЭР.

- минимальная стоимость потребляемых энергоресурсов (перспективное управление).

Цель управления: определить минимально возможную стоимость энергетических ресурсов при условии влияния на энергопотребление различных факторов.

Автором предложен метод ранжирования инвестиционной привлекательности проектов модернизации энергопотребляющего оборудования на основе их ПЭХ (рис. 5).

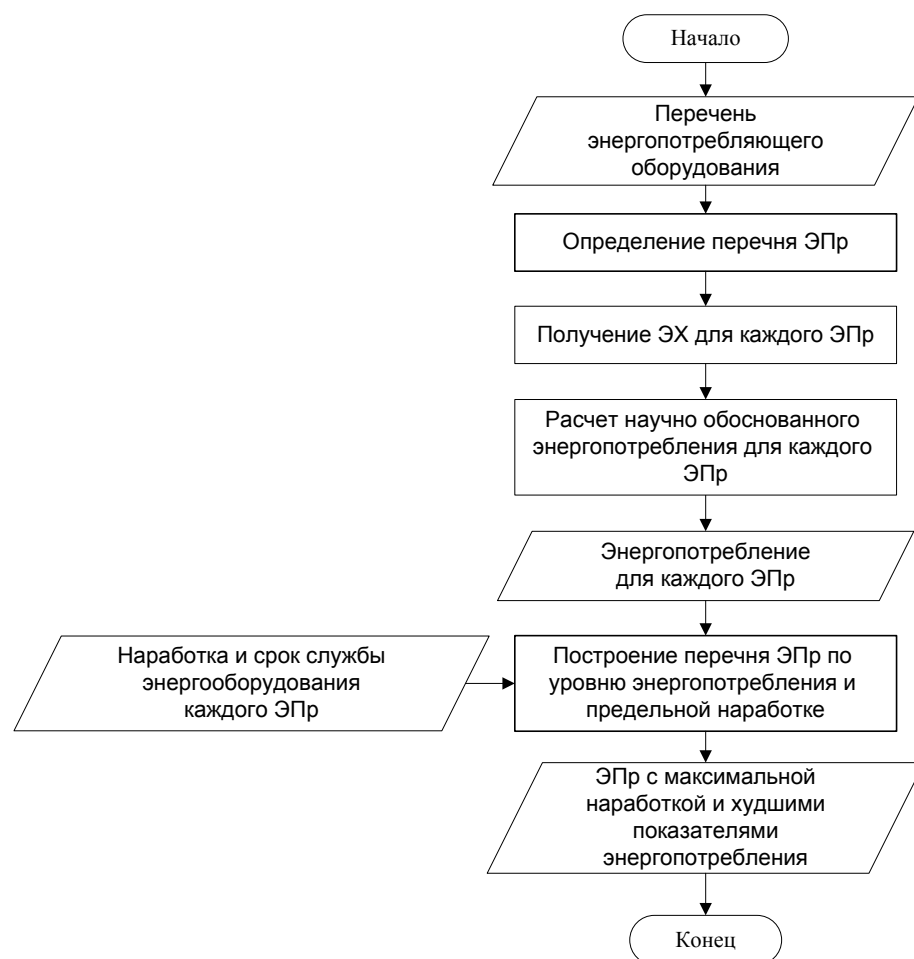


Рис. 5. Процесс ранжирования инвестиционной привлекательности проекта модернизации энергопотребляющего оборудования с использованием комбинированного метода получения ПЭХ

Выбор проекта модернизации энергопотребляющего оборудования промышленного предприятия осуществляется на основании его инвестиционной оценки.

При значительном износе основных фондов на промышленных предприятиях наиболее актуальным является вопрос очередности реализации проектов модернизации.

С использованием комбинированного метода получения ПЭХ для оценки очередности модернизации энергопотребляющего оборудования промышленного предприятия производится расчет актуальных ПЭХ оборудования. На основании полученных ПЭХ определяются производства, технологические линии и отдельные единицы оборудования с показателями энергопотребления не соответствующими предъявляемым к ним требованиям (КПД, потребляемая мощность, расход топлива и т.д.). Из системы ТОиР для указанного перечня получается наработка оборудования. На основании ПЭХ и наработки определяется очередность модернизации энергопотребляющего оборудования с учетом его фактического технического состояния.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом активно разрабатываются программные продукты позволяющие автоматизировать управление энергопотреблением. Примерами таких программ являются: Программный комплекс АСПД «Аудит» - разработчик НПО «Мир»; Программный комплекс «Автоматизация рабочего места (АРМ) для управления энергосбережением» - разработчик ЗАО «Галус»; Proficy Troubleshooter – разработчик General Electric Company. Однако ни один из перечисленных программных продуктов не позволяет полностью автоматизировать процесс управления энергопотреблением, а только отдельные элементы управления энергопотреблением. Поэтому актуальна разработка программного обеспечения, позволяющего автоматизировать все элементы управления энергопотреблением учитывающего особенности энергопотребления промышленного предприятия. Результаты исследований нашли **практическую реализацию в программном комплексе** Информационно-аналитическая система (ИАС) решения задач управления энергопотребления промышленного предприятия.

ИАС «Управление энергопотреблением промышленного предприятия» предназначена для автоматизации функций управления энергопотреблением предприятия.

ИАС обеспечивает комплексный подход к управлению энергопотреблением предприятия. Это достигается за счёт выполнения следующих функций:

- расчёт научно-обоснованного энергопотребления;
- анализ энергопотребления;
- оценка эффективности энергопотребления;
- формирование информационных отчётов.

ИАС является элементом архитектуры Комплексной системы оперативного управления производством (КСОУП) на промышленном предприятии. Информационный обмен между ИАС и КСОУП обеспечивается Веб-сервером ИАС.

ИАС имеет модульную структуру. Модули несут самостоятельную функциональную нагрузку (рис. 6). Пользователю предоставлена возможность, как сохранять данные на любом этапе решения задачи, так и загружать их из внешних источников. Состав системы приведен в таблице 2.

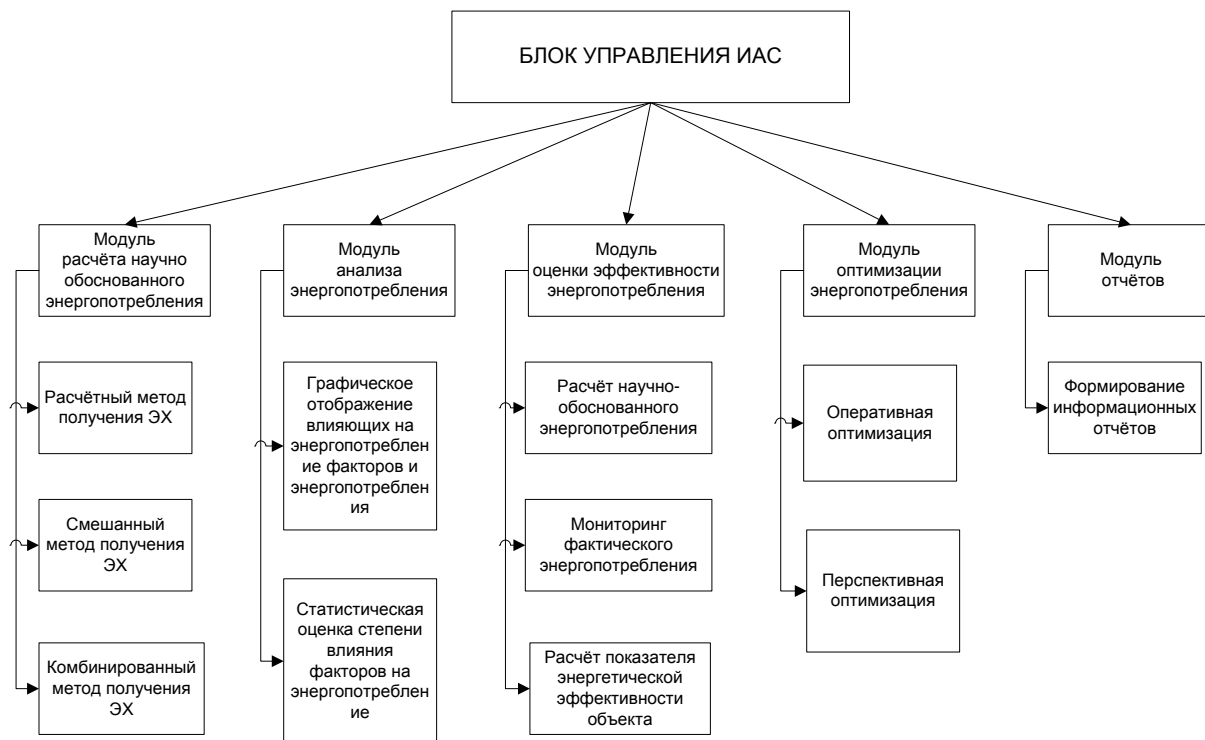


Рис. 6. Структурная схема ИАС решения задач управления

Архитектура системы (рис. 7):

- обеспечивает взаимодействие с источником исходной информации (сервером систем MES, АСУ ТП, АСТУЭ, LIMS и т.п. предприятия), с автоматизированными рабочими местами (АРМ) специалиста и администратора.

- позволяет управлять правами доступа к изменению информации запрашиваемой, обрабатываемой или хранящейся в системе.

Таблица 2. Состав системы

№ п/п	Наименование компонента	Целевая функция
1.	Сервер базы данных	Обеспечивает хранение данных результатов расчётов и анализа, справочной информации, информации необходимой для организации работы системы (права доступа, индивидуальные настройки АРМ пользователей)
2.	Веб-сервер	Организует взаимодействие компонентов системы. Обеспечивает обмен данными между АРМ и внешними источниками информации (сервером систем КСОУП, АСУ ТП, АСКУЭ, АСТУЭ, ТОиР, LIMS и т.п.)
3.	АРМ администратора	Обеспечивает запрос на расчет и представление значений научно обоснованного энергопотребления, результатов анализа энергопотребления, оценки эффективности энергопотребления, оптимизации энергопотребления, расчёта потерь при полном доступе к настройкам модулей ИАС. Позволяет осуществлять администрирование системы (установление прав пользователей, добавление-исключение пользователей).
4.	АРМ специалиста	Обеспечивает запрос на расчет и представление значений научно обоснованного энергопотребления, результатов анализа энергопотребления, оценки эффективности энергопотребления, оптимизации энергопотребления, расчёта потерь в объёме определённом Администратором системы.
5.	Модуль ИАС	Обеспечивает необходимые вычисления, выдачу запросов данных из библиотеки модуля.
6.	Библиотеки модулей	Обеспечивают хранение данных необходимых для работы модулей.

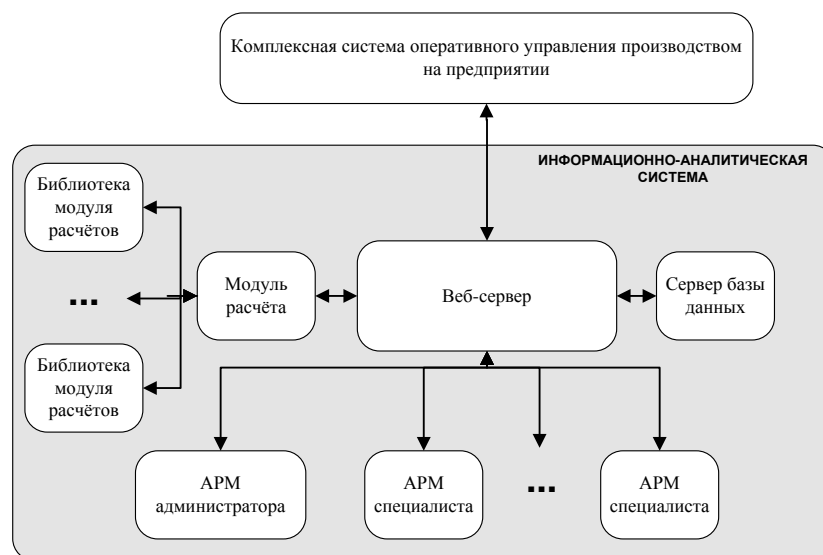


Рис. 7. Архитектура ИАС

Описание функций ИАС, требование к качеству реализации функций, а также описание прочих требований к ИАС в соответствии с ГОСТ 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы» приведено в диссертации. Техническое задание на разработку Информационно-аналитической системы «Управление энергопотреблением предприятия» для ООО «Тобольск-нефтехим» представлено в приложении 3 диссертации.

Автором выполнено обоснование экономической эффективности создания ИАС «Управление энергопотреблением предприятия» для предприятия ООО «Тобольск-нефтехим» на основании регламентирующих документов ООО «СИБУР Холдинг».

В диссертации автором решена задача получения процессной ПЭХ и расчёт НОЭ Цеха «ЦГФУ» ООО «Тобольск-нефтехим» с использованием ИАС «Управление энергопотреблением предприятия» и вычислительным экспериментом. Итоговые результаты расчёта НОЭ ЦГФУ ООО «Тобольск-нефтехим» согласуются между собой.

Автором получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2012611134 от 26 января 2012 г. Информационно-аналитическая система «Управление энергопотреблением предприятия».

3. Разработан метод оценки эффективности управления энергопотреблением промышленного предприятия, учитывающий эффекты от применения ПЭХ при управлении энергопотреблением.

При применении ПЭХ в управлении энергопотреблением промышленного предприятия может быть получен эффект от:

- минимизации энергопотребления.

Эффект достигается за счет корректировки (снижения) фактического энергопотребления в режиме реального времени при его отклонении от НОЭ. Отклонение фактического энергопотребления может возникнуть вследствие несоблюдения персоналом технических регламентов (несвоевременная остановка/запуск/переключение технологического оборудования).

- снижение затрат на ТЭР в результате действий активного потребителя.

Эффект достигается за счет определения на основе ПЭХ энергоэффективных параметров технологического процесса (энергетических профилей и факторов, влияющих

на энергопотребление) и организации технологического процесса в соответствии с этими параметрами и условиями энергетического рынка.

- повышения эффективности модернизации энергопотребляющего оборудования за счет ранжирования инвестиционной привлекательности проектов модернизации с использованием ПЭХ.

Эффект достигается за счет экономии ТЭР при модернизации оборудования. Выбор оборудования для модернизации осуществляется с учетом ПЭХ.

- повышения эффективности мотивации персонала к энергосбережению.

Эффект достигается за счет более обоснованных действий персонала при осуществлении технологического процесса. Определение НОЭ на основании ПЭХ и сравнение его с фактическим энергопотреблением позволяет оценивать и повысить эффективность действий персонала при ведении технологического процесса при условии допустимого технического состояния оборудования.

- снижения трудоёмкости процесса управления энергопотреблением.

Эффект достигается за счет сокращения трудоёмкости работы инженерно-технических работников при управлении энергопотреблением путем применения методов управления с использованием комбинированных ПЭХ.

С учетом описанных выше эффектов может быть определен чистый дисконтируемый доход от применения ПЭХ, руб./период.

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T (\mathcal{E}_{\mathcal{E}t} + \mathcal{E}_{\mathcal{O}t} + \mathcal{E}_{\mathcal{M}t} + \mathcal{E}_{\mathcal{E}cbt} + \mathcal{E}_{\mathcal{M}pt}) \frac{1}{(1+i)^t} - K, \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_{\mathcal{E}t}$ – экономический эффект от минимизации энергопотребления, руб./год,

$\mathcal{E}_{\mathcal{O}t}$ – экономический эффект от снижения затрат на ТЭР в результате действий активного потребителя, руб./год,

$\mathcal{E}_{\mathcal{M}t}$ – экономический эффект от повышения эффективности модернизации энергопотребляющего оборудования за счет ранжирования инвестиционной привлекательности проектов модернизации с использованием ПЭХ, руб./год,

$\mathcal{E}_{\mathcal{E}cbt}$ – экономический эффект от повышения эффективности мотивации персонала к энергосбережению, руб./год,

$\mathcal{E}_{\mathcal{M}pt}$ – экономический эффект от снижения трудоёмкости процесса управления энергопотреблением, руб./год,

$[0; T]$ – временной интервал, на котором достигается экономический эффект, лет,

i – норма дисконта,

K – капитальные затраты на получение ПЭХ, руб.

Для расчёта ЧДД автором была принята ставка дисконтирования установленная в ООО «СИБУР Холдинг» для промышленных предприятий равная 16,8%.

Автором в диссертации произведена оценка экономической эффективности от совершенствования управления энергопотреблением с использованием комбинированного метода получения ПЭХ для предприятий различных отраслей промышленности на примере предприятий ОАО «Уралкалий», ООО «Тобольск-нефтехим», Заполярного Филиала ГМК «Норильский никель». Затраты на совершенствования управления энергопотреблением сопоставимы с суммарным экономическим эффектом от совершенствования управления на первом году внедрения. Срок окупаемости затрат составляет в среднем не более года.

Фактический экономический эффект достигнут от воздействий, направленных на технологические, организационные и социально-экономические аспекты функционирования промышленного предприятия и составил 12,3 млн. руб./год (табл. 3, 4).

Таблица 3 Расчет фактического экономического эффекта совершенствования управления энергопотреблением цеха ЦГФУ ООО «Тобольск-нефтехим»

Мероприятие	Потребление Электроэнергии, МВт*час/год.		Экономический эффект, млн. руб./год
	До внедрения	После внедрения	
Оптимизация режимов работы колонных агрегатов К-1-1 и К-1-2	42530	39283	7,1
Оптимизация режимов работы аппаратов воздушного охлаждения	42530	41237	2,8
Мотивации персонала к энергосбережению, использованием НОЭ при расчете КРІ	42530	41979	1,2
Итого:			11,1

Таблица 4 Расчет фактического экономического эффекта от снижения трудоёмкости процесса управления энергопотреблением цеха ЦГФУ ООО «Тобольск-нефтехим»

Мероприятие	Фонд оплаты труда, млн. руб./год		Экономический эффект, млн. руб.
	До внедрения	После внедрения	
Повышение производительности труда ИТР за счет внедрения Информационно-аналитической системы «Управление энергопотреблением предприятия»	19,7	18,5	1,2
Итого:			1,2

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования, имеющие научную и практическую значимость.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Гринев А.В. Комбинированный метод расчёта норм потребления топливно-энергетических ресурсов // Энергосбережение и водоподготовка 2011 №6. – С. 42-44.
2. Гринев А.В. Анализ существующих и перспективных методов нормирования потребления топливно-энергетических ресурсов на промышленном предприятии // Промышленная энергетика 2012 №3. – С. 47-49.
3. Гринев А.В. Повышение эффективности нормирования потребления энергоресурсов на промышленных предприятиях [Текст]/ А.В.Гринев, О.В.Новикова, С.В.Лозовский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки.-2013.- №5(180) -С. 54-59.

Другие статьи и материалы конференций:

1. Гринев А.В. Эволюция системы нормирования ТЭР предприятия // Электрика 2009 №4. – С. 23-26.
2. Гринев А.В. Организация нормирования потребления топливно-энергетических ресурсов на промышленном предприятии // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук 2012 №1. – С. 25-27.
3. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2012611134 от 26 января 2012 г. Информационно-аналитическая система «Управление

энергопотреблением предприятия» // Правообладатель: Гринев А.В. Авторы: Гринев А.В., Лозовский С.В., Ляпин П.В., Смирнов С.И.

4. Гринев А.В. Нормирование потребления ТЭР предприятием, как мощный инструмент энергосбережения // Труды международной конференции «Энергосбережение и экологические проблемы энергетики». Петрозаводск: 2008. – С. 31-33.

5. Гринев А.В. Нормирование энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции. Математическое моделирование технологических процессов. Программное обеспечение для расчёта ТЭР. //Труды конференции ООО «СИБУР Холдинг» «Повышение энергоэффективности работы оборудования и концепция формирования программы энергосбережения предприятий». Тобольск: 2008 . – С. 15-17.

6. Гринев А.В. Сравнительный анализ методов нормирования расхода энергоресурсов / А.В.Гринев, О.В.Новикова //Труды ХLI научно-практической конференции с международным участием «Неделя науки СПбГПУ» (СПбГПУ, 2012). – С. 51-52.

7. Гринев А.В. Экономическая эффективность применения комбинированного метода построения энергетической характеристика объекта нормирования потребления ТЭР на промышленных предприятиях / А.В.Гринев, О.В.Новикова //Труды «ХLII научно-практической конференции с международным участием «Неделя науки СПбГПУ» (СПбГПУ, 2013). – С. 21-22.

8. Гринев А.В. Повышение энергетической эффективности предприятий с использованием современных методов нормирования. // А.В.Гринев, О.В.Новикова Труды Международных XIII Байконуровских чтений «О.А. Байконуров и развитие современной горной науки, экономики и образования Казахстана» 2013. – С. 54-55.

9. Гринев А.В. Совершенствование управления энергопотреблением на промышленных предприятиях / А.В.Гринев, О.В.Новикова //Труды Международной конференции «Эффективная энергетика -2014». – С. 27-28.