

На правах рукописи

Косматов Эдуард Михайлович

**Теория и методы управления
технико-экономическими показателями энергетических систем и
энергетического оборудования**

Специальность 08.00.05. – экономика и управление народным хозяйством:
экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,
комплексами (промышленность)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук

Санкт-Петербург
2005

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Багиев Г.Л.

доктор экономических наук, профессор
Непомнящий В.А.

доктор экономических наук, профессор
Хабачев Л.Д.

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Ивановский государственный
энергетический университет»

Защита состоится ... марта 2005 года в «14» часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.23 при ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, 3-ий учебный корпус, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан «___» _____ 2005 года

Ученый секретарь Диссертационного Совета,
кандидат экономических наук,
доцент

Сулоева С.Б.

I. Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Современные энергетические объединения характеризуются значительными масштабами энергетического производства, сложностью внутренних и внешних связей, многовариантностью принимаемых решений. Это обуславливает необходимость внедрения в практику планирования современных методов прогноза, основанных на анализе закономерностей развития, использования экономико-математических моделей и совершенствования методов принятия решений.

Существенный вклад в разработку перечисленных проблем внесли отечественные ученые: Д.А.Арзамасцев, Г.Л.Багиев, А.К.Багриновский, А.А.Бесчинский, В.В.Болотов, Е.И.Борисов, А.Н.Виленский, Н.М.Виленский, Н.И.Воропай, Л.Д.Гительман, В.В.Глухов, В.И.Денисов, П.П.Долгов, А.М.Карякин, Ю.Б.Клюев, Ю.М.Коган, А.И.Кузовкин, А.А.Макаров, Л.А.Мелентьев, И.В.Недин, А.С.Некрасов, А.В.Новиков, В.В.Новожилов, В.Р.Окороков, Л.П.Падалко, Е.С.Петровский, Б.Е.Ратников, Ю.В.Синяк, Ю.А.Соколов, А.А.Троицкий, Л.Д.Хабачев, П.М.Шевкоплясов, Е.В.Яркин и другие.

Реализация плановых показателей энергетических объединений возможна лишь при обеспечении надежной работы энергетического оборудования. Экономическим проблемам надежности энергетического оборудования посвящены работы: А.И.Андрющенко, Д.Б.Ахмедова, В.М.Быкова, Г.П.Гладышева, И.А.Глебова, Ю.Б.Гука, В.Д.Гуриновича, Н.В.Гулевича, В.Г.Китушина, А.И.Клемина, Л.Г.Коварского, А.Н.Лаврова, Н.А.Манова, В.А.Непомнящего, В.Р.Окорокова, Л.С.Попырина, С.Л.Прузнера, Ю.Н.Руденко, В.И. Эдельмана и других.

Однако в отечественных работах недостаточно реализованы возможности системного анализа применительно к задачам управления технико-экономическими показателями энергетических систем и энергетического оборудования, что и определило выбор темы диссертационного исследования.

Цель и задачи диссертационного исследования. Цель диссертационного исследования состоит в обобщении и развитии научной методологии экономического обоснования и прогнозирования технико-экономических показателей энергетических объединений и энергетического оборудования.

Основными конкретными задачами исследования являются:

1. Разработка системы мониторинга показателей производственно-хозяйственной деятельности (ППХД) и тарифной политики энергетического объединения;
2. Оценка динамики удельного веса затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции и выявление факторов, влияющих на долю стоимости электроэнергии в стоимости промышленной продукции в условиях рыночных отношений;

3. Разработка моделей прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения;
4. Совершенствование методов обоснования принимаемых решений при выборе показателей производственно-хозяйственной деятельности в условиях неопределенности исходной информации и многокритериальности;
5. Разработка методики технико-экономических расчетов при проектировании энергетического оборудования с учетом показателей надежности и практическая реализация разработанной методики;
6. Формирование системы методов оценки и прогнозирования показателей ремонтпригодности энергетического оборудования, обеспечивающих принятие объективных решений по его надёжности;
7. Обоснование концепции оптимального планирования объемов и периодичности ремонта энергетического оборудования;
8. Разработка стратегии упреждающих замен основных конструктивных узлов энергетических котлов.

Объектом исследования являются энергетические объединения и их энергетическое оборудование.

Предметом исследования – технико-экономические показатели энергетических объединений и энергетического оборудования, определяющие их конкурентоспособность.

Теоретическую и методологическую основу диссертационного исследования составляют принципы системного подхода к решению задач по экономической оценке и прогнозированию технико-экономических показателей энергетического объединения и энергетического оборудования.

При рассмотрении конкретных вопросов использовались методы математической статистики, математического моделирования, теории нечетких множеств, методы многокритериальной оптимизации.

Информационной базой диссертационного исследования являются:

- публикации отечественных и зарубежных авторов по проблемам экономического обоснования и прогнозирования технико-экономических показателей энергетических объединений и энергетического оборудования;
- государственные и отраслевые нормативные материалы;
- официальные статистические источники;
- статистическая отчетность энергетических предприятий.

Основные результаты диссертационной работы:

1. Разработана система мониторинга показателей производственно-хозяйственной деятельности и тарифной политики энергетического объединения;
2. На основе анализа динамики показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения установлены причины, обуславливающие негативные тенденции их изменения;
3. Выявлены тенденции динамики удельного веса затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции, а также выявлены

основные факторы, влияющие на долю стоимости электроэнергии в стоимости промышленной продукции;

4. Разработаны статистические и имитационные модели прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения, позволяющие повышать экономическую и финансовую эффективность его деятельности;

5. Предложена методика обоснования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения в условиях неопределенности исходной информации и многокритериальности;

6. Обоснована возможность использования теории нечетких множеств при выборе показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения для принятия решений в условиях неопределенности;

7. Разработана методика технико-экономических расчетов при обосновании параметров энергетического оборудования с учетом надежности его работы в энергетической системе;

8. Предложено определение свойства живучести применительно к энергетическому оборудованию и разработаны практические рекомендации по её экономической оценке и по выбору конструктивных решений энергетического оборудования с учетом показателей надежности;

9. Разработаны методы оценки и прогнозирования технико-экономических показателей ремонта энергетического оборудования;

10. Предложена методика обоснования периодичности планово-предупредительных ремонтов по критерию минимума суммарных затрат на ремонт и затрат на топливо, обеспечивающие выбор оптимальной стратегии ремонтных работ;

11. Разработан и практически реализован метод определения технико-экономических показателей замен основных конструктивных узлов энергетических котлов на основе анализа ретроспективной информации и экспертных оценок, позволяющий предотвратить аварийные отказы.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в обобщении и развитии научной методологии экономического обоснования и прогнозирования технико-экономических показателей энергетических объединений и энергетического оборудования. Наиболее существенные научные результаты, полученные автором и выносимые на защиту:

- система мониторинга показателей производственно-хозяйственной деятельности и тарифной политики энергетического объединения;
- методика исследования динамики удельного веса затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции;
- методика краткосрочного прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения на основе статистических моделей и адаптивного метода;

- методология комплексного анализа и прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения на основе имитационного моделирования;
- принципы учета экологических факторов при разработке производственной программы энергетического объединения;
- методика обоснования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического предприятия в условиях неопределенности исходной информации;
- методика обоснования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения на основе использования теории нечетких множеств;
- методология учета системы показателей надежности в технико-экономических расчётах при проектировании энергетического оборудования;
- определение свойства живучести применительно к энергетическому оборудованию и практические рекомендации по её экономической оценке и выбору конструктивных решений на стадии проектирования энергетического оборудования;
- методика оценки и прогнозирования технико-экономических показателей аварийных ремонтов энергетического оборудования;
- методические основы оптимального планирования периодичности ремонта энергетического оборудования;
- метод определения технико-экономических показателей замен основных конструктивных узлов энергетических котлов на основе экспертных оценок.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования выражается в формировании методологических подходов и методов обоснования и прогнозирования технико-экономических показателей энергетических объединений и энергетического оборудования, которые могут быть использованы в энергетических объединениях при разработке тарифной политики, формировании производственной программы, а также в организациях и на промышленных предприятиях электро- и энергомашиностроительных отраслей при выполнении технико-экономических обоснований технических решений нового энергетического оборудования.

Результаты диссертационного исследования получены при выполнении хоздоговорных работ с ОАО «Ленэнерго», ВНИИЭлектромаш, НПО ЦКТИ в соответствии с отраслевыми планами научно-исследовательских работ Минэнерго СССР, РАО «ЕЭС России», с координационными планами АН СССР по темам 1.9.2.3. «Принципы и методы комплексного определения оптимальной надежности и резервирования больших систем энергетики» и 1.9.6.3. «Разработка общих методических основ системной надежности в энергетике», программой ГКНТ СССР 0.Ц.008 Т2а.03.02 «Разработать методику оценки экономической эффективности унифицированных котлов

при сжигании канско-ачинского угля и полукокса» Материалы диссертационного исследования используются в учебном процессе в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете, при обучении студентов по направлениям 080100 «Экономика», 080500 «Менеджмент», 140500 «Энергомашиностроение», а также слушателей программ МВА (Магистров бизнес администрирования).

Достоверность и обоснованность научных положений, основных выводов и рекомендаций диссертационного исследования подтверждается:

- использованием принципов системного анализа к задачам управления технико-экономическими показателями энергетических систем и энергетического оборудования;

- внедрением разработанных подходов и методов в практике управления энергетических и промышленных предприятий;

- широким использованием в учебном процессе при подготовке специалистов энергетических и энергомашиностроительных специальностей.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационного исследования докладывались на многих научных и научно-практических конференциях и семинарах международного и национального уровня, в научных центрах Москвы, Ленинграда - Санкт-Петербурга, Иркутска, Киева, Кишинёва, Минска, Праги, Риги, Ташкента, Фрунзе и др.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 6 монографиях, 11 учебных пособиях, 67 статьях и докладах.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованной литературы, приложений.

II. Основное содержание работы

Во введении приводится обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи, объект, предмет, теоретико-методологическая и информационная база исследования, представлены основные результаты, выносимые на защиту, и дана характеристика их научной новизны, теоретической и практической ценности.

В первой главе «Разработка системы мониторинга показателей производственно-хозяйственной деятельности и тарифной политики энергетического объединения» рассмотрены методические вопросы организации постоянного наблюдения за важнейшими показателями деятельности энергетического объединения.

Энергетическое объединение представляет собой большую динамическую систему, характеризующуюся: целенаправленностью функционирования; большим числом показателей, определяющих эффективность процесса функционирования системы; иерархичностью структуры; динамичностью, многообразием внешних связей.

В этой связи при создании эффективной системы мониторинга необходимо руководствоваться основными принципами системного анализа, а именно: конечной цели, изменения, единства, связности, модульного построения, иерархии, развития, децентрализации и неопределенности.

Разработанная автором система мониторинга ППХД и тарифной политики энергетического объединения включает в себя следующие этапы: выбор основных наблюдаемых показателей и установление их взаимосвязи, оценка объема информации, оснащение вычислительной техникой, создание базы данных по основным наблюдаемым показателям, статистическая обработка и анализ показателей, расчет динамических характеристик показателей и выработка рекомендаций по повышению эффективности функционирования и совершенствованию тарифной политики.

В соответствии с вышеизложенным, в работе проведена классификация ППХД энергетического объединения и определены их взаимосвязи по следующим группам:

I группа – производственные, характеризующие производственную программу энергетического объединения: выработки электро- и теплоэнергии, полезный отпуск электро- и теплоэнергии, перетоки электроэнергии, технологический расход энергии на собственные нужды и передачу её по сетям и т.п.

II группа – расходные: топлива и материалов, воды, запасных частей для ремонта и т.д.

III группа – экономические: объём реализованной продукции, себестоимость энергии, прибыль, налоги и отчисления от прибыли в бюджет и фонды экономического стимулирования, в том числе дивиденды.

IV группа – экологические, характеризующие уровень загрязняющих веществ и вредных выбросов от электростанций (выбросы твёрдых частиц, оксидов углерода, ванадия и т.д.).

V группа – оценочные: безаварийность работы оборудования, экономия материальных ресурсов и т.п.

VI группа – социальные: уровни заработной платы, медицинского обслуживания, условий труда и т.д.

На основе первой группы показателей образуется система балансовых уравнений: баланс электроэнергии и мощности; баланс теплоэнергии.

Показатели второй группы – расходы материальных ресурсов – в значительной степени зависят от производственной программы энергетических предприятий. Так расход топлива на тепловой электростанции определяется состоянием оборудования и его режимными характеристиками: суммарной выработкой электроэнергии, выработкой электроэнергии по теплофикационному циклу, отпуском тепла из отборов, отпуском тепла из пиковых водогрейных котлов либо из редуционно-охладительных установок.

На расход запасных частей для ремонта оказывает влияние, прежде всего, техническое состояние оборудования и длительность его эксплуатации.

Показатели третьей группы (реализация товарной продукции, суммарные затраты на выработку энергии, прибыль) связаны с показателями первой и второй групп через систему алгебраических уравнений, коэффициентами в которых являются цены, тарифы, экономические и прочие нормативы.

Показатели четвертой группы (экологические) связаны с показателями первой и второй групп через расходы различных видов ресурсов, а с показателями третьей группы - через стоимостные оценки вредных выбросов потребляемых ресурсов и загрязняющих веществ.

Относительно оценочных и социальных показателей можно отметить, что они связаны с вышеуказанными группами косвенным образом, но могут оказать на них значительное воздействие через систему материального и морального стимулирования.

Совокупность балансовых, алгебраических и регрессионных уравнений, связывающих ППХД энергетического объединения, представляют экономико-математическую модель энергетического объединения, на основе которой могут проводиться исследования по оценке влияния различных факторов на результаты деятельности энергетического объединения и прогнозирование ППХД.

Оснащение плановых отделов современной вычислительной техникой позволило создать базу данных ППХД энергетического объединения, а также широко использовать математические методы анализа и прогнозирования. Это позволило повысить точность и обоснованность плановых решений, а также повысить их оперативность и снизить трудоемкость.

Особое место в экономическом анализе принадлежит этапу исследования структуры и динамики ППХД.

Анализ ППХД разбивается на несколько последовательно выполняемых этапов, среди которых можно отметить следующие:

1. Сбор и первоначальная обработка исходной информации, формирование представительной выборки динамического ряда.
2. Выявление и анализ структуры изучаемого показателя.
3. Анализ полученного динамического ряда изучаемого показателя.
4. Построение математических моделей оценка адекватности и точности полученных прогнозов по выбранной модели.
5. Оценка перспектив изучаемого показателя другими методами.
6. Выводы и предложения.

В работе выполнены оценки характеристик динамических рядов по тепловой и электрической энергии за 1993-2001г. ОАО Ленэнерго для следующих показателей: полезный отпуск, расход условного топлива, удельный расход условного топлива, суммарные затраты, реализации, тариф на энергию, прибыль (убыток), рентабельность.

Проведенный анализ динамики технико-экономических показателей по тепловой и электрической энергии энергокомпании позволяет отметить следующее (рис.1-2).

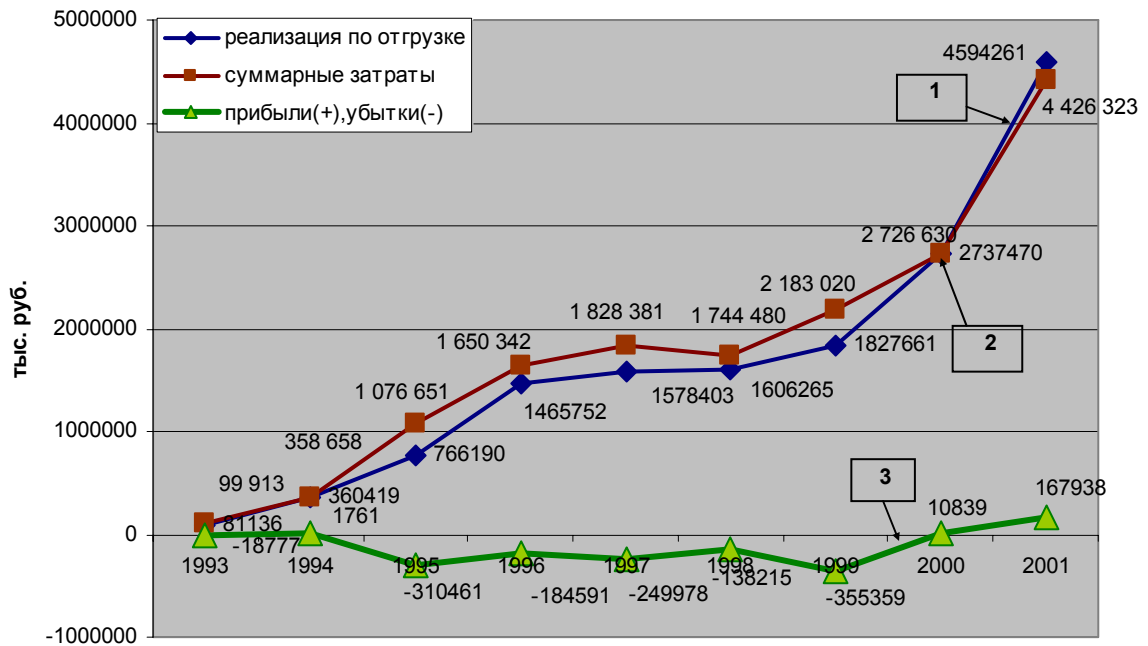


Рис.1 Динамика основных показателей производственно-хозяйственной деятельности ОАО «Ленэнерго» по теплоэнергии: 1 - реализации; 2 - суммарных затрат; 3 - прибыли (+), убытка (-).

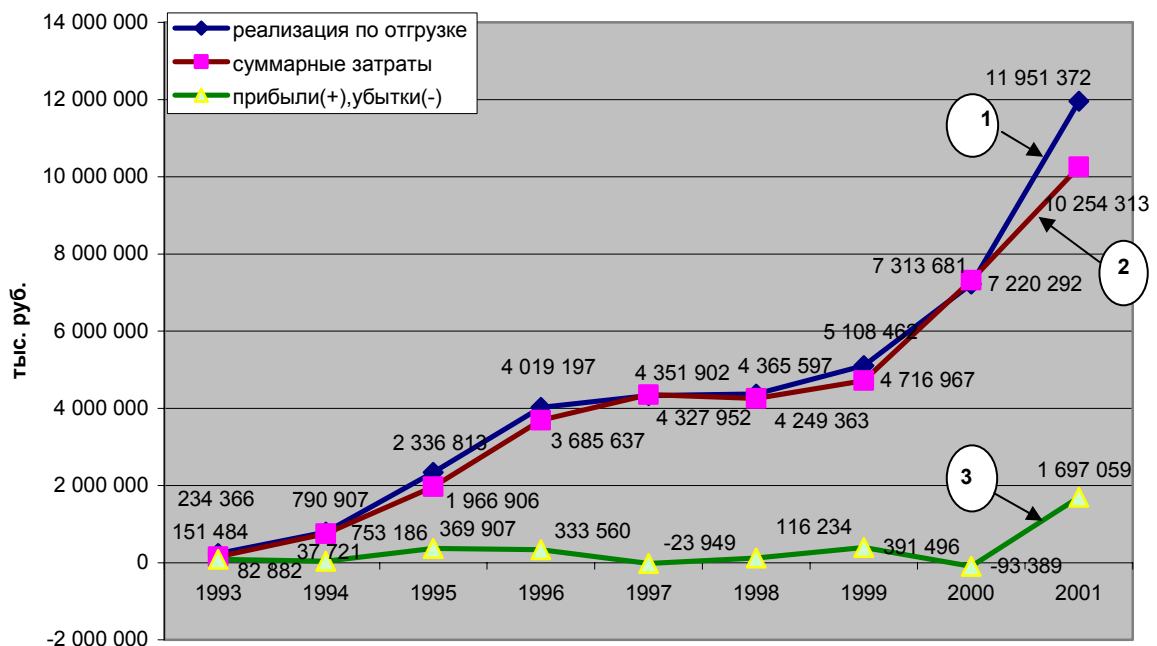


Рис.2 Динамика основных показателей производственно-хозяйственной деятельности ОАО «Ленэнерго» по электроэнергии: 1 - реализации; 2- суммарных затрат; 3- прибыли (+), убытка (-).

За рассмотренный период времени энергокомпания имела незначительную прибыль по электроэнергии практически по итогам каждого года, в отличие от тепловой энергии, производство которой было убыточным. Показано, что рост тарифов на тепловую энергию не позволил достичь необходимого для покрытия суммарных затрат уровня реализации

теплоэнергии и умеренной рентабельности. Повышение тарифов на электрическую энергию обеспечило лишь выживание энергокомпании (наличие убытков или низкой прибыли). Метод распределения затрат между электро- и теплоэнергией от ТЭЦ, используемый в настоящее время в ОАО «Ленэнерго» с 1996 г., в условиях развивающегося конкурентного энергетического рынка не позволяет объективно устанавливать тарифы на энергию, экономически выгодные для энергокомпании.

Таким образом, по результатам проведенного анализа динамики технико-экономических показателей энергокомпании ОАО «Ленэнерго» за 1993-2001 гг. можно сделать вывод, что величина тарифов на электроэнергию и теплоэнергию недостаточна. Эффективность деятельности энергокомпании формируется под влиянием не только внутриэкономических отношений, но и факторов внешней экономической среды, в которой она функционирует: энергетические рынки, поставки топлива и оборудования, научно-технический прогресс и др. Успех энергокомпании, зависит от комплексного проведения рыночных преобразований в ее внутрихозяйственном механизме, в частности, для повышения конкурентоспособности ТЭЦ необходим ряд мер, важнейшими из которых являются:

- совершенствование механизма ценообразования;
- предоставление акционерному обществу права самостоятельно выбирать метод распределения затрат комбинированного производства, исходя из местной рыночной конъюнктуры.

Во второй главе "Анализ динамики удельного веса затрат на электроэнергию в стоимости выпущенной продукции промышленных потребителей" обобщены результаты исследований по оценке влияния тарифов на электроэнергию на себестоимость промышленной продукции.

Проведение таких исследований позволяет проводить тарифную политику, обеспечивающую сбалансированность между спросом на электроэнергию и предложением.

Анализ электропотребления промышленных потребителей проводился на основе энергетических балансов абонентов ОАО «Ленэнерго» в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Выделены следующие основные особенности электропотребления промышленностью среди других абонентов энергообъединения: значительная доля электропотребления в Санкт-Петербурге (39%) и Ленинградской области (73%); возможность использования разных энергоресурсов; значительная энергоемкость и электроемкость промышленности, в частности, следующих отраслей: черной металлургии, нефтепереработки, бумажной и картонной промышленности, производства алюминия, производства цемента; растущая доля затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции; превышение фактического отпускного тарифа для промышленных потребителей над среднеотпускным тарифом на электроэнергию регионального энергообъединения; разнообразие форм расчета; зависимость работы промышленных предприятий (а, значит, и

количества потребленной и оплаченной ими электроэнергией) от состояния спроса на рынке сбыта на выпускаемую ими продукцию – товары промышленного назначения и товары широкого назначения.

Основным показателем, влияющим на экономические взаимоотношения энергосистемы и промышленных потребителей электроэнергии, является растущая сегодня в целом по промышленности доля затрат на электроэнергию в стоимости выпущенной продукции, которая определяется по следующей формуле:

$$s = \frac{S_e}{S} = \frac{WT}{QЦ} = \frac{W}{Q} \cdot \frac{T}{Ц} = d \frac{T}{Ц}, \quad (1)$$

где: S_e – стоимость электроэнергии, тыс.руб.; S – стоимость выпущенной продукции, тыс.руб.; W – количество потребленной электроэнергии, тыс. кВт·ч; T – тариф на электроэнергию, руб/(кВт·ч); Q – количество выпущенной продукции (в натуральных единицах); $Ц$ – цена выпущенной продукции, в рублях на натуральную единицу; d – расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч на натуральную единицу.

Отношение количества потребленной электроэнергии к количеству выпущенной продукции представляет собой расход электроэнергии на единицу продукции. Такое преобразование формулы позволяет использовать не абсолютные, а удельные показатели, а именно – удельный расход электроэнергии на единицу натуральной продукции.

Доля затрат на электроэнергию в стоимости выпущенной продукции зависит от следующих факторов: стоимости потребленной электроэнергии, определяемой количеством потребленной электроэнергии и тарифом на нее; стоимости произведенной продукции, определяемой количеством этой продукции и ценой на нее; расхода электроэнергии на единицу продукции; темпов изменения тарифа на электроэнергию и цен на произведенную продукцию.

Динамика удельного веса затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции построена на основании ранжирования абонентов по величине годового электропотребления. Для промышленных абонентов с электропотреблением выше 70 млн. кВт·ч в год динамика доли стоимости электроэнергии в стоимости выпущенной продукции представлена лишь для неосновных производственных процессов, что не позволяет судить об общей тенденции работы таких абонентов. Соответствующие данные представлены в табл. 1.

Для абонентов с годовым электропотреблением выше 70 млн. кВт·ч были рассмотрены удельный расход электроэнергии для производства основных видов продукции и доля затрат на продукцию прочего производственного потребления.

Для абонентов с годовым электропотреблением ниже 70 млн. кВт·ч рассмотрена преимущественно доля затрат на электроэнергию в стоимости выпущенной продукции. В данной группе наблюдалась тенденция к росту удельного веса стоимости электроэнергии в течение 1992-1996 гг. Так, доля

стоимости электроэнергии в стоимости выпущенной продукции с 1992 по 1996 г. в машиностроении возросла в 1,83 раза, легкой промышленности – в 3,44, пищевой промышленности – в 1,43, промышленности строительных материалов – в 1,17 (показатель 1995 г. по отношению к 1992 г.), деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности – в 2,82, других промышленных производствах – в 7,14 раза.

Таблица 1

Удельный вес затрат на электроэнергию в стоимости продукции по отраслям промышленности, %

Год	Отрасли промышленности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1992	8,68	6,78	49,36	3,82	1,70	2,64	15,10	6,92	2,95	1,77
1993	10,59	9,49	20,17	5,03	2,40	4,12	-	9,82	2,76	4,62
1994	5,56	9,98	-	8,28	2,91	4,53	21,37	4,98	2,92	5,00
1995	6,24	11,60	30,19	8,57	1,52	5,86	18,29	7,36	3,13	4,27
1996	5,89	12,38	36,02	10,75	2,43	9,07	-	7,20		12,63

Примечание: 1 и 2 – машиностроение и металлообработка с годовым потреблением электроэнергии соответственно выше и ниже 70 млн. кВт·ч; 3 и 4 – химическая и нефтехимическая промышленность с годовым потреблением электроэнергии соответственно выше и ниже 70 млн. кВт·ч; 5 – пищевая промышленность; 6 – легкая промышленность; 7 и 8 – деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность с годовым потреблением электроэнергии соответственно выше и ниже 70 млн. кВт·ч; 9 – промышленность строительных материалов; 10 – другие промышленные производства.

Чрезвычайно актуально не только выявление факторов, влияющих на долю затрат на электроэнергию в стоимости выпущенной продукции (и их оценка), но и определение темпов роста и прироста количества потребленной электроэнергии, произведенной продукции, ее цены, а также тарифов на электроэнергию.

Изменение доли затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции в течение ряд лет можно определить по формуле

$$\Delta s = \frac{\Delta S_s}{\Delta S} = \frac{\Delta W \Delta T}{\Delta Q \Delta \Pi} = \frac{\Delta W}{\Delta Q} \cdot \frac{\Delta T}{\Delta \Pi} = \Delta d \frac{\Delta T}{\Delta \Pi}, \quad (2)$$

где: $\Delta S_s = S_{s,n} - S_{s,n-1}$; $\Delta S = S_n - S_{n-1}$; $\Delta W = W_n - W_{n-1}$; $\Delta T = T_n - T_{n-1}$; $\Delta Q = Q_n - Q_{n-1}$; $\Delta \Pi = \Pi_n - \Pi_{n-1}$; n – текущий год; $n-1$ – предшествующий год.

На примерах промышленных предприятий, рассматриваются все варианты изменения доли электроэнергетических затрат промышленности в стоимости продукции, зависящие от темпов изменения влияющих на нее показателей.

При этом выявлено, что рост доли затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции вызван следующими факторами:

- 1) спадом производства (при прежних постоянных издержках, переменные затраты сокращаются);
- 2) неэффективностью использования оборудования (холостой ход оборудования и дополнительные пуски-основы из-за нерегулярности заказов);
- 3) изменением структуры энергопотребления (рост использования электроэнергии при сокращении других энергоресурсов);

4) отсутствием однозначного учета затрат электроэнергии на технологический процесс, в связи с обретением подразделениями одного предприятия экономической самостоятельности;

5) опережающим темпом роста тарифа на электроэнергию над темпом роста цен на выпускаемую продукцию;

А снижение доли затрат на электроэнергию в стоимости промышленной продукции обусловлено следующими причинами:

1) изменением структуры энергопотребления (сокращение использования электроэнергии при увеличении использования других энергоресурсов);

2) внедрением более экономичного оборудования;

3) более интенсивным использованием оборудования и введением трехсменной работы;

4) опережающим темпом роста цен на выпускаемую продукцию над темпом роста тарифа на электроэнергию;

5) снижением стоимости электроэнергии на двухставочных промышленных потребителях при переводе работы из часов максимум нагрузки энергосистемы.

Основной причиной, повлиявшей на рост доли затрат на электроэнергию в стоимости продукции, является сокращении объема выпуска продукции промышленными предприятиями. В работе оценена степень загрузки оборудования по отношению к присоединенной мощности. В машиностроении, например, с 1992 по 1996 г. она упала на 10%, в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности на 6%. Лишь в пищевой промышленности не обнаружено значительных изменений загрузки оборудования.

Проведенный анализ структуры энергопотребления в промышленности обнаружил некоторые важные для энергообъединения тенденции, в частности, рост собственного производства энергии и доли собственных энергоресурсов в энергопотреблении на промышленных предприятиях, имеющих возможность самостоятельно производить энергию.

В третьей главе "Методы прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетических объединений" показана роль прогнозирования ППХД в задачах управления энергетическими объединениями, выполнен анализ статистических методов и моделей прогнозирования, построены статистические модели прогнозирования электропотребления по группам потребителей. Для построения статистических моделей использовался метод наименьших квадратов с построением уравнений множественной регрессии следующего вида:

$$W_{\text{прог.}j}(t) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \varepsilon, \quad (3)$$

где: x_1 – текущее время с начала анализируемого периода; x_2 – средне-месячная температура наружного воздуха; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ - коэффициенты регрессии; j – номер группы потребителей; ε – случайная составляющая с нулевым средним.

С целью повышения точности прогнозирования электропотребления на основе статистических моделей разработаны адаптивные процедуры, позволяющие скорректировать коэффициенты регрессионной модели электропотребления в соответствии с динамикой временного ряда, что существенно уменьшает ошибки получаемых прогнозов.

На основе полученных моделей адаптивного прогнозирования электропотребления, а также массивов значений тарифных ставок по группам потребителей построена модель прогнозирования ожидаемой реализации в энергетическом объединении.

Выражение для прогноза суммарной реализации имеет вид

$$PP_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{э.пр}} u_{i\text{э}} + \sum_{i=1}^m Q_{i\text{T}} u_{i\text{T}} + \sum_{i=1}^k W_{\text{пр}i}^{\text{пер}} u_i^{\text{пер}} + \Delta S_{\text{пр}} + S_{\text{к.р}} + \Delta S_{\text{у}}, \quad (4)$$

где: $W_{\text{э.пр}}$, $u_{i\text{э}}$ – прогноз объема полезного отпуска электроэнергии и средней цены электроэнергии по группам потребителей; $Q_{i\text{T}}$, $u_{i\text{T}}$ – то же, по группам потребителей тепловой энергии; $W_{\text{пр}i}^{\text{пер}}$, $u_i^{\text{пер}}$ – прогноз отпуска электроэнергии по перетокам в ЦДУ и на экспорт электроэнергии и средней цены на перетоки; $\Delta S_{\text{пр}}$ – прогноз изменения абонентской задолженности платежей за товарную продукцию энергетического объединения: $\Delta S_{\text{пр}} = \Delta S_{\text{э}} + \Delta S_{\text{T}} + \Delta S^{\text{пер}}$, здесь $\Delta S_{\text{э}}$, ΔS_{T} , $\Delta S^{\text{пер}}$ – прогноз изменения абонентской задолженности за электроэнергию, тепловую энергию и перетоки соответственно; $S_{\text{к.р}}$ – стоимость капитального ремонта оборудования, выполненного хозспособом; $S_{\text{у}}$ – стоимость промышленных услуг.

Для целей оперативного прогнозирования построены статистические модели себестоимости электроэнергии и удельного расхода условного топлива в энергетическом объединении на основе уравнений множественной регрессии. Следующего вида

$$u = A x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} x_3^{\alpha_3} x_4^{\alpha_4} x_5^{\alpha_5} x_6^{\alpha_6}, \quad (5)$$

где: u – себестоимость электроэнергии, коп/10 кВт·ч; x_1 – отпуск электроэнергии с шин в целом по системе, тыс. кВт·ч; x_2 – отпуск электроэнергии с шин ГЭС, тыс. кВт·ч; x_3 – теплофикационная выработка, тыс. кВт·ч; x_4 – покупная электроэнергия, тыс. кВт·ч; x_5 – технологический расход энергии на ее транспорт в сетях, тыс. кВт·ч; x_6 – цена 1 т условного топлива, руб/т у.т.

Полученная модель позволяет провести анализ и выявить факторы, в наибольшей степени влияющие на себестоимость электроэнергии. Можно расположить факторы по силе их влияния на себестоимость в порядке снижения модулей численных значений параметров, так как для степенной модели коэффициенты эластичности, показывающие, на сколько процентов изменится функция при изменении аргумента на 1%, равны параметрам при соответствующих аргументах.

В четвёртой главе «Совершенствование принятия решений при краткосрочном и перспективном планировании показателей производственно-хозяйственной деятельности (ППХД) энергетического объединения». Изложены общие принципы и основные этапы разработки имитационных моделей, описана разработанная имитационная модель для анализа и прогнозирования ППХД энергетического объединения, приведены результаты исследования по оценке влияния различных факторов на величину среднего тарифа на электроэнергию. Основой разработанной имитационной модели служит совокупность балансовых, регрессионных и алгебраических уравнений, которые обеспечивают взаимосвязь основных ППХД энергетического объединения.

Для разработанной модели нижним иерархическим уровнем является энергопредприятие, в качестве которого может быть электростанция любого типа или предприятия электрических и тепловых сетей. Интервалом прогнозирования в модели является год, но может быть квартал, месяц и сутки. Модель имеет блочную структуру. Основные блоки модели и их взаимосвязь представлены на рис. 3.

Первым этапом разработки прогноза ППХД энергетического объединения является определение спроса на электрическую и тепловую энергию. Исходными данными при прогнозировании энергопотребления являются ретроспективные данные, на основе которых рассчитываются регрессионные уравнения энергопотребления по группам потребителей. Методика расчета этих уравнений изложена во второй главе.

Использование модели позволяет значительно расширить возможности экономического анализа при выработке плановых решений. Проведены исследования по оценке влияния различных факторов на величину среднего тарифа на электроэнергию, в том числе: объема и структуры полезного отпуска электроэнергии, тарифа на покупную энергию, цен на топливо, тарифа на покупную энергию и других.

Результаты выполненных исследований показали, что использование имитационного моделирования на базе ПЭВМ позволяют оперативно и с минимальной трудоёмкостью оценивать влияние различных технико-экономических факторов на показатели производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения, а также проводить оптимизационные расчеты.

Актуальность автоматизации плановых и прогнозных расчетов постоянно возрастает, так как в условиях перехода к рыночной экономике отмечается значительная нестабильность цен на топливо и материалы, тарифов на энергию и т.п., что вызывает необходимость в частом пересмотре тарифов на энергию, а следовательно, рассмотрение многих вариантов и проведение соответствующих трудоёмких расчетов.

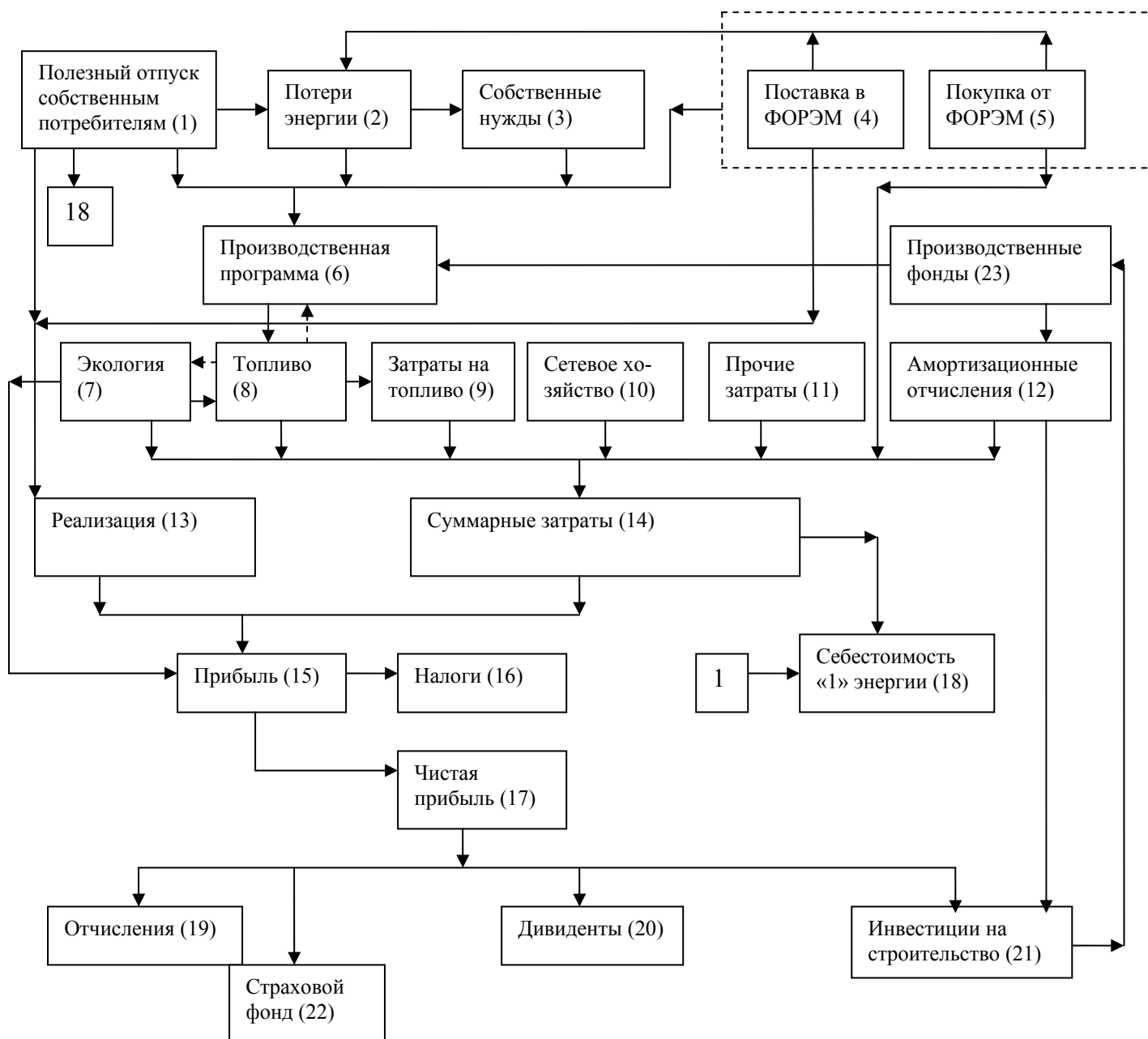


Рис. 3. Структурная схема модели прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения

Принятие плановых решений на основе прогнозных расчетов ППХД осуществляются в условиях многообразия ситуаций, возникающих при функционировании энергетического объединения и определяющих их факторов. Предлагается разбить все факторы на следующие группы: окружающая среда; производственные факторы; экономические факторы; социальные факторы. Производственные, экономические и социальные подразделяются далее на внешние и внутренние. Внешние факторы учитывают связи энергетического объединения с потребителями, ФОРЭМ, блок-станциями, поставщиками топлива и материальных ресурсов, государственными и региональными органами управления и т.п.

Внутренние факторы обусловлены состоянием оборудования,

нормативной базой энергетического объединения и т.п. Составлен перечень важнейших факторов по группам и описаны ситуации, создаваемые данными факторами.

Многообразие факторов и обусловленных ими ситуаций создают проблему выбора решения в условиях неопределенности исходной информации. При этом возможны следующие случаи: первый – известна вероятность исходной информации; второй – могут быть указаны лишь граничные значения исходной информации.

В первом случае выбор решения может быть осуществлен по критерию минимума математического ожидания затрат (либо максимума математического ожидания прибыли). Однако при выборе плановых значений ППХД эти критерии практически невозможно использовать из-за отсутствия данных о вероятности значений исходной информации в планируемом периоде.

Во втором случае, выбор решения связан с неоднозначностью использования критериев, разработанных в теории принятия решений, в качестве которых могут использоваться минимум средних затрат, минимаксных затрат, минимального риска, пессимизма-оптимизма и другие.

В работе выполнен пример использования критериев при выборе среднего тарифа на электроэнергию, в условиях неопределенности исходной информации по ценам на топливо и тарифов на покупную электроэнергию. Для определения конкретного значения среднего значения тарифа на электроэнергию составляется матрица эффектов по следующей формуле:

$$\Pi_{pij} = T_{zi} * W_{ij} - I_{ij}, \quad (6)$$

где: Π_{ij} – прибыль от реализации электроэнергии; T_{zi} – средний тариф на электроэнергию; I_{ij} – затраты на производство электроэнергии; i – стратегии; j – условия.

Выполненные в работе расчеты средних значений тарифов на электроэнергию показывают, что использование перечисленных выше субъективных критериев приводят к различным результатам. Это вызывает необходимость принимать компромиссные решения или использовать другие методы выбора решений, например, методы с использованием теории нечетких множеств.

Теория нечётких множеств позволяет использовать опыт и интуицию специалистов, что обеспечивает уменьшение неопределённости при выборе решений.

Чёткое множество описывается характеристической функцией принадлежности, принимающей лишь два значения: 0 и 1. Значение 0 соответствует тому, что данный элемент не входит в множество, а 1 - элемент входит в множество. При этом под множеством, как обычно, понимается совокупность элементов, обладающих некоторым общим свойством. В теории нечётких множеств принадлежность каждого элемента может быть охарактеризована любым числом из отрезка $[0,1]$. Это число выражает степень уверенности в принадлежности данного элемента данному нечёткому множеству. Например, пусть $X = [x_i]$ некоторое четкое множество, которое

называют универсальным. Нечеткое множество A в X определяется как совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x универсального множества и соответствующей степени принадлежности (или уверенности) $\mu_A(x) \in [0,1]$:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X, \quad (7)$$

где: μ_A - функция, заданная на множестве X и принимающая значение из отрезка $[0,1]$.

Над нечёткими множествами выполняются те же операции, что и над обычными, т.е. операции разности, дополнения, объединения и пересечения множеств. Это позволяет получать дополнительную информацию о функциях принадлежности итоговых показателей и тем самым уменьшить неопределённость при выборе решений.

На основе вышеизложенного метода выполнен прогноз среднего тарифа на электроэнергию в ОАО «Ленэнерго» по следующему алгоритму:

1. Выбираются основные показатели, определяющие средний тариф на электроэнергию. К ним отнесены: цена мазута, доля мазута в структуре сжигаемого топлива ТЭС, тариф на покупную электроэнергию.

2. Разрабатывается форма опросного листа, в котором экспертам предлагалось дать ответ о диапазоне изменения факторов и их функциях принадлежности.

3. По правилам выполнения операции с нечёткими числами определяются результирующие экспертные оценки по диапазонам изменения факторов и их функциях принадлежности.

4. Рассчитываются зависимости изменения средних значений тарифов на электроэнергию при варьировании цен на мазут, доли мазута в структуре сжигаемого топлива и тарифа на покупную электроэнергию в пределах, полученных на основе обработки опросных анкет.

5. Строятся функции принадлежности среднего тарифа на электроэнергию в диапазонах изменения каждого исследуемого фактора.

6. Рассчитывается суммарная экспертная оценка среднего тарифа на электроэнергию, которая определяется на основе использования двух видов зависимостей: 1) изменение среднего тарифа на электроэнергию от цены мазута, структуры топлива и тарифов на покупную электроэнергию; 2) суммарной экспертной оценки цены на мазут, структуры топлива и тарифа на покупную электроэнергию.

Выполненные расчеты показывают, что, несмотря на определённые недостатки, методы теории нечётких множеств позволяют снизить неопределённость при прогнозировании показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетических объединений и могут быть рекомендованы к использованию.

Другой сложной проблемой при выборе плановых значений ППХД является то обстоятельство, что имеется ряд важных показателей, экономическая оценка которых затруднительна или невозможна. К таким

показателям относятся: влияние на окружающую среду (выбросы твердых частиц, оксидов серы, ванадия, азота), расходы дефицитных ресурсов, надежность работы оборудования, социальные факторы. В этой связи возникает необходимость в использовании методов многокритериальной оптимизации.

В настоящее время разработано достаточно большое количество методов решения многокритериальных задач. Эти методы решения дают возможность последовательно агрегировать частные критерии при помощи приданных им значений в суммарное выражение. Общей сутью этих методов является присваивание каждому критерию определенного значения (степени важности), качественно выражающего относительную важность, и тем самым, преобразование многокритериальной задачи в однокритериальную.

Все разработанные методы многоцелевой оптимизации используют опыт и интуицию специалистов, поэтому найденные решения являются субъективными. Однако это не исключает полезности применения методов многокритериальной оптимизации при выборе решений, которые позволяют агрегировать многие критерии в один результирующий.

На основе разработок отечественных и зарубежных ученых по многокритериальной оптимизации выполнены расчеты производственной программы ОАО «Ленэнерго» при учете следующих критериев: вероятность отказа энергетического оборудования, суммарные затраты на производство энергии, расход топлива (газа, мазута, угля, расход воды, выбросы твердых частиц, оксидов серы, ванадия, азота). Для оценки важных критериев привлекались специалисты ОАО «Ленэнерго» и СПбГПУ. Для выбора решения использовалась аддитивная сверка критериев:

$$E = \sum v_i * e_i = \max, \quad (8)$$

где: v_i – весовые коэффициенты, определяющие ценность i -го критерия;
 e_i – степень достижения цели в рассматриваемом варианте.

Кроме того, выполнены расчёты с использованием алгоритма, предложенного профессором Ногиным В.Д.

Результаты выполненных расчетов показали, что на выбор ППХД энергетического объединения существенное влияние оказывают экологические факторы и показатели надежности энергетического оборудования.

В пятой главе “Методические основы технико-экономических расчетов при проектировании энергетического оборудования с учетом показателей надежности” излагается концепция учета показателей надежности при стадии проектирования энергетического оборудования с позиций системного подхода.

Особенности разработанной методики заключаются: а) в совместном рассмотрении основных свойств надежности, а именно, безотказности, долговечности и ремонтпригодности;

б) в учете затрат в энергосистеме при любых изменениях показателей надежности энергетического оборудования.

Ниже приводятся основные положения разработанной методики.

С точки зрения надежности любую машину можно представить в виде системы, состоящей из последовательно и параллельно соединенных конструктивных элементов. Конструктивные элементы в свою очередь могут состоять из большого количества деталей. Здесь и далее под машиной понимается основное энергетическое оборудование.

Параллельное соединение конструктивных элементов в машинах практически имеет место только в схемных решениях оборудования. Конструкция самой машины с точки зрения надежности представляет собой цепочку последовательно соединенных конструктивных элементов. Поэтому отказ любого конструктивного элемента приводит к отказу машины и ее наработка на отказ будет равна наработке на отказ того конструктивного элемента, у которого она минимальна, т.е.

$$T_n = \min[T_i], i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

где: n - число последовательно включенных элементов.

Ресурс конструктивного элемента зависит от его начальной прочности, скорости изменения прочностных свойств, уровня действующих нагрузок и их вариации.

Ресурс конструктивного элемента может быть увеличен за счет повышения начальной прочности (увеличения коэффициента запаса) при заданных физико-химических свойствах материала и использования материалов с улучшенными физико-химическими свойствами, а также снижением уровня действующих нагрузок.

Следовательно, повышение ресурса конструктивного элемента, как правило, приводит к увеличению его стоимости:

$$C_{кэ} = f(\tau), \quad (10)$$

где: $C_{кэ}$ - стоимость конструктивного элемента; τ - ресурс конструктивного элемента.

Повышение ресурса конструктивного элемента при заданном сроке службы машины приводит к уменьшению затрат на восстановление прочностных свойств конструктивного элемента. При этом прочностные свойства конструктивного элемента могут быть восстановлены ремонтом либо заменой на новый конструктивный элемент.

Наиболее общим является случай, когда ресурс конструктивного элемента - случайная величина. Это обусловлено переменными условиями эксплуатации, а также тем, что практически невозможно обеспечить одинаковое качество изготовления конструктивных элементов.

Так как ресурс конструктивного элемента - случайная величина, то для его оценки должны использоваться числовые характеристики случайной величины, а именно, математическое ожидание и дисперсия.

При заданном законе распределения ресурса может быть определена вероятность безотказной работы конструктивного элемента:

$$p(t) = 1 - \int_0^t f(\tau) d\tau = \int_t^{\infty} f(\tau) d\tau, \quad (11)$$

где: $f(\tau)$ - плотность распределения ресурса; $q = \int_t^{\infty} f(\tau) d\tau$ - вероятность отказа;

t - расчетная продолжительность работы конструктивного элемента до плановой замены, равная

$$t = T/(k+1), \quad (12)$$

где: T - нормативный срок службы машины, определяемый, как правило, моральным износом; k - число плановых замен (плановых ремонтов).

Из формул (11), (12) следует, что вероятность безотказной работы конструктивного элемента зависит от плотности распределения ресурса и продолжительности работы конструктивного элемента от начала эксплуатации до восстановления его прочностных свойств. Таким образом, при экономическом обосновании необходимо рассматривать совместно показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности.

Вероятность безотказной работы машины равна произведению безотказной работы последовательно соединенных конструктивных элементов: $p_m = p_1 p_2 \dots p_n$.

Отсюда следует, что изменение вероятности безотказной работы любого конструктивного элемента обуславливает пропорциональное изменение вероятности безотказной работы машины и блока в целом.

Изменение вероятности безотказной работы блока оказывает влияние на величину аварийного резерва, так как надежность электроснабжения должна оставаться неизменной, и на величину затрат на пуск блока.

При работе резервных агрегатов изменяется также себестоимость электроэнергии в энергосистеме, так как в качестве резервных обычно используются менее экономичные агрегаты.

В том случае, когда изменение показателей надежности конструктивного элемента влияет на показатели надежности остальных конструктивных элементов и на параметры машины (к.п.д., реактивные сопротивления и т. п.), необходимо перейти от расчета оптимальных показателей отдельных конструктивных элементов к решению общей задачи выбора оптимальной конструкции машины.

Критерием выбора оптимальной конструкции машины является условие минимума приведенных суммарных затрат на приобретение машины и ее дальнейшую эксплуатацию в течение нормативного срока службы:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\text{пер } p} + I_{\text{пл } p} + I_{\text{ав } p} + Z_{\text{ав рез}} + I_{\text{пр } z} + I_{\text{п}} + Z_{\text{рем рез}} + Z_{\text{п}} \rightarrow \min, \quad (13)$$

где: $Z_{\text{пер } p}$ - первоначальные затраты на машину с учетом затрат на ее транспортировку, строительные и монтажные работы и реновацию; $I_{\text{пл } p}$ - ежегодные затраты на плановый ремонт машины; $I_{\text{ав } p}$ - ежегодные затраты на аварийный ремонт машины; $I_{\text{п}}$ — ежегодные затраты на пуск блока; $Z_{\text{ав рез}}$ - приведенные затраты на аварийный резерв; $Z_{\text{рем рез}}$ - приведенные затраты на

ремонтный резерв; $I_{прз}$ - приращение затрат в электроэнергетической системе из-за изменения себестоимости электроэнергии в электроэнергетической системе при работе резервных агрегатов; $Z_{п}$ - затраты в электроэнергетической системе, обусловленные изменением параметров машины (к.п.д., реактивности и т. п.).

Изложенная методика учета системы показателей надежности на стадии проектирования энергетического оборудования использована при решении ряда практических задач, в том числе:

- оптимизации показателей надежности конструктивных элементов системы непосредственного водяного охлаждения мощных турбогенераторов;
- технико-экономического обоснования направлений унификации энергетических котлов по топливу;
- оценка экономической эффективности предварительной сероочистки мазута.

Результаты проведенных исследований показали, что учет показателей надежности оказывает значительное влияние на выбор технических решений.

В диссертационной работе показана необходимость учета на стадии проектирования энергетического оборудования свойства живучести. Предложено определение свойств живучести энергетического оборудования как способности противостоять разрушению при воздействии на него экстремальных нагрузок.

В шестой главе “Ремонтопригодность как одно из определяющих свойств надежности” представлены результаты разработок методов оценки и прогнозирования технико-экономических показателей ремонта энергетического оборудования. Актуальность этих работ заключается в том, что энергетическое оборудование относится к группе высоконадежных технических систем с высоким уровнем безотказности. Современные конструктивные решения, а также исследования в области создания новых материалов позволили улучшить качественные характеристики и свойства многих конструктивных элементов и узлов энергетического оборудования, что дает основание считать, что показатели безотказности его работы в настоящее время уже достаточно высоки. Поэтому наиболее эффективные направления повышения надежности энергетического оборудования связаны в основном с улучшением показателей ремонтопригодности.

Ремонтопригодность определяется как свойство системы, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сокращение потерь от ненадежной работы оборудования связано в первую очередь с сокращением длительности плановых и неплановых ремонтов. Это может быть достигнуто как за счет изменения показателей, характеризующих работу системы технического обслуживания и ремонта, так и за счет изменения показателей ремонтопригодности

энергетического оборудования. Следовательно, уровень ремонтнопригодности должен существенным образом влиять на выбор конструктивных решений энергетического оборудования.

Уровень ремонтнопригодности во многом определяет длительность нахождения энергетического оборудования в ремонте, а следовательно, определяет величину аварийного резерва и потери из-за перерасхода топлива на резервных агрегатах, определяет общие затраты на проведение ремонтных работ.

Уровень ремонтнопригодности оказывает значительное влияние и на трудоемкость ремонта, численность ремонтного персонала. Значение этого фактора постоянно возрастает в связи с требованиями повышения эффективности использования трудовых ресурсов.

Таким образом, ремонтнопригодность совместно с другими свойствами надежности определяет стоимость эксплуатации, резервы, объем ремонтных средств, то есть определяет эффективность функционирования энергетического оборудования.

В перспективе к уровню ремонтнопригодности энергетического оборудования будут предъявляться еще большие требования в связи с ограничением численности ремонтного персонала, увеличением стоимости ремонтных работ, а также удорожанием топлива, расходуемого резервными электростанциями.

В работе выполнен анализ существующих методов оценки ремонтнопригодности машин. Основными методами, используемыми для оценки показателей ремонтнопригодности машин являются: метод сравнений с аналогом, метод экспертных оценок, графоаналитический метод, методы расчета показателей ремонтнопригодности с использованием зависимостей регрессионного вида, аналитически-исследовательские методы, базирующиеся на нормативах и хронологических данных. Сложность и уникальность конструкций энергетического оборудования, а также недостатки в существующей системе сбора и накопления информации по показателям ремонтнопригодности затрудняют использование существующих методов. Особенно большие трудности возникают при оценке технико-экономических показателей неплановых ремонтов.

Под технико-экономическими показателями непланового ремонта понимаются оперативная продолжительность, трудоемкость и стоимость ремонтов. Предлагается использовать для оценки технико-экономических показателей неплановых ремонтов энергетического оборудования нормативно-вероятностный метод. При использовании данного метода технико-экономические показатели неплановых ремонтов определяются на основе нормативного метода расчета вышеуказанных показателей и статистических данных по отказам конструктивных элементов по следующим формулам:

$$T^{c2} = \sum_{i=1}^N T_{Hi} * Q_i^{c2}; \quad (14)$$

$$T_p^{c2} = \sum_{i=1}^N T_{pni} * Q_i^{c2}; \quad (15)$$

$$C^{c2} = \sum_{i=1}^N C_{ni} * Q_i^{c2}, \quad (16)$$

где: T_{ni} , T_{pni} , C_{ni} - нормативные значения продолжительности, трудоемкости и стоимости непланового ремонта i -го конструктивного элемента; T^{c2} , T_p^{c2} , C^{c2} - среднегодовые значения соответственно продолжительности, трудоемкости и стоимости непланового ремонта i -го конструктивного элемента; Q_i^{c2} - среднее число отказов в год i -го конструктивного элемента; N -число рассматриваемых конструктивных элементов.

Первоначально определяются нормативные значения продолжительности, трудоемкости и стоимости непланового ремонта при отказе любого конструктивного элемента рассматриваемого вида оборудования.

Для определения нормативных значений продолжительности, трудоемкости и стоимости непланового ремонта конструктивного элемента составляются сетевые графики ремонтных работ. В график должны входить только те работы, которые необходимы для устранения отказа.

На основе норм времени на выполнение каждого вида работ, входящих в график, и оптовой стоимости одного человека-часа определяются нормативные значения трудоемкости, продолжительности и стоимости неплановых ремонтов. При этом продолжительность ремонта определяется суммарной продолжительностью работ, лежащих на критическом пути сетевого графика, а при расчете трудоемкости берется сумма трудоемкостей всех работ, входящих в график. Нормативные значения стоимости рассчитываются путем суммирования затрат на расходуемые запасные части, вспомогательные материалы, заработную плату с начислениями и амортизационных отчислений от стоимости приспособлений.

Значения Q_i^{c2} принимаются на основе обработки статистических данных по отказам каждого рассматриваемого конструктивного элемента по всем единицам оборудования данного типоразмера за весь рассматриваемый период, то есть:

$$Q_i^{c2} = \frac{m_i^0}{\sum_{t=1}^k n_t}, \quad (17)$$

где: m_i^0 - общее число отказов i -го конструктивного элемента всех единиц оборудования данного типоразмера за весь период эксплуатации, исключая период приработки; n_t - число единиц оборудования данного типоразмера, эксплуатирующегося в t -й год рассматриваемого периода; k - число лет в периоде.

По предложенной методике был разработан алгоритм и составлена программа расчета на ЭВМ среднегодовых значений показателей

продолжительности, трудоемкости и стоимости непланового ремонта турбогенератора.

На основе ретроспективной информации об отказах конструктивных элементов рассматриваемого оборудования определяются значения продолжительности, трудоемкости и стоимости непланового ремонта, приходящиеся на единицу оборудования за каждый год эксплуатации. Полученный таким образом динамический ряд может являться исходной информацией для прогнозирования этих показателей. Для прогнозирования среднегодовых значений продолжительности, трудоемкости и стоимости неплановых ремонтов турбогенераторов использован метод экспоненциального сглаживания, являющийся обобщением метода скользящего среднего.

В качестве исходных данных был взят временной ряд значений показателей непланового ремонта, приходящихся на один генератор в год за период нормальной эксплуатации, полученный в результате расчетов по предложенному методу. Длительность рассматриваемого периода была принята равной 12 годам.

При использовании метода экспоненциального сглаживания для прогнозирования среднегодовых значений продолжительности, трудоемкости и стоимости неплановых ремонтов турбогенераторов рассматривалось три модели: постоянная, линейная и квадратичная. Результаты расчетов показали, что постоянная модель наиболее точно отражает общую тенденцию ряда, поэтому она и была принята в качестве экстраполирующей функции на прогнозируемый период. Общая форма записи принятой модели следующая:

$$\tilde{x}_t(t) = a_0(t) = S_t(x); \quad (18)$$

$$S_t(x) = \alpha \cdot x(t) + \beta \cdot S_{t-1}(x), \quad (19)$$

где: \tilde{x}_t - прогнозируемый показатель; a_0 - оценка коэффициента прогнозирующего полинома; $S_t(x)$, $S_{t-1}(x)$ - скользящие средние; α - параметр сглаживания; $\beta = 1-\alpha$, $0 < \alpha < 1$. В качестве начального значения $S_0(x)$ выбирается первое значение ряда, то есть x_1 .

Рассчитанные по предложенной методике значения продолжительности неплановых ремонтов практически совпадали с отчетными. Это позволяет сделать вывод о том, что предлагаемая методика может быть использована для оценки продолжительности, трудоемкости и стоимости неплановых ремонтов.

Современное состояние исследований в области надежности энергетического оборудования не позволяет на стадии проектирования определять значения параметра потока отказов конструктивного элемента. Поэтому были использованы статистические методы прогнозирования технико-экономических показателей неплановых ремонтов.

Предлагаемый метод позволяет:

- на основе ретроспективной информации об отказах энергетического оборудования оценить показатели продолжительности, трудоемкости и стоимости непланового ремонта;

- получить прогнозные значения вышеуказанных показателей.

Метод может быть использован при решении задач оптимизации конструктивных решений и ремонтного цикла, а также при перспективном планировании для оценки затрат и численности ремонтного персонала на неплановые ремонты не только турбогенераторов, но и другого энергетического оборудования.

Выполненные исследования показали, что для оценки технико-экономических показателей плановых ремонтов энергетического оборудования может быть использован множественный корреляционный анализ, который позволяет оценить степень влияния факторов на используемые показатели, а также установить взаимосвязи и взаимовлияния самих факторов.

В работе приводятся результаты исследований, которые выполнялись на основе отчетных материалов Ленэнергоремонта по капитальным и средним ремонтам паровых котлов и паровых турбин ТЭС “Ленэнерго”. Показано, что материальные и трудовые затраты на капитальные ремонты зависят в основном от двух факторов: паропроизводительности для котлов, мощности для турбин и возраста этого оборудования.

При исследовании затрат на средние ремонты выяснено, что парные и множественные коэффициенты корреляции незначимы. Полученные уравнения множественной регрессии также незначимы. В связи с этим предлагается использовать в данном случае средние значения удельных затрат.

Более точные нормативы материальных и трудовых затрат могут быть получены на основе анализа затрат на ремонт отдельных конструктивных элементов. Выполненный анализ затрат по узлам энергетических котлов позволил выявить наиболее трудоемкие работы и проанализировать динамику изменения их в зависимости от возраста оборудования.

Проведены исследования по применению авторегрессионных моделей для перспективного и текущего планирования стоимости и трудоемкости ремонтных работ основных конструктивных узлов энергетических котлов при капитальных ремонтах.

Авторегрессионная модель представляется в виде уравнения

$$Z_t = a_1 Z_{t-1} + a_2 Z_{t-2} + \dots + a_k Z_{t-k} + \varepsilon_t, \quad (20)$$

где: коэффициенты a отражают общую тенденцию развития и периодические колебания изучаемого процесса и величина ε_t — случайное отклонение от тенденции.

Такие модели были определены для следующих конструктивных узлов паровых котлов: парогенерирующих поверхностей, пароперегревателей, барабанов, водяных экономайзеров, воздухоподогревателей, горелок, трубопроводов, арматуры, тягодутьевых установок газозвоухопроводов, калориферов, пароохладителей.

Динамика технико-экономических показателей капитальных и средних ремонтов подвергается прямому и косвенному воздействию человека, поэтому экстраполяция установленной тенденции на более длительный срок

(более 2 лет) не гарантирует получение достоверных результатов. Анализ рядов динамики должен время от времени повторяться с использованием дополнительных наблюдений.

В седьмой главе “Методические основы технико-экономического обоснования периодичности планово-предупредительных ремонтов энергетического оборудования” выполнен анализ опубликованных работ, посвященных проблемам оптимального планирования и диагностики при определении объемов и периодичности ремонтов теплоэнергетического оборудования.

Анализ показал, что, несмотря на значительное число работ, задача выбора оптимального межремонтного периода является недостаточно разработанной. Здесь, прежде всего, необходимо отметить неполный учет принципов системного подхода при выборе критерия выбора межремонтного периода теплоэнергетического оборудования. Это проявляется в неполном учете затрат в энергетической системе, обусловленных простоями оборудования в ремонте.

Исходя из анализа методик оптимизации межремонтных периодов теплоэнергетического оборудования, в работе уточнен критерий выбора межремонтного периода теплоэнергетического оборудования, который учитывает как изменение тепловой экономичности в процессе эксплуатации, так и изменение характеристик безотказности оборудования.

Таким образом, для оптимального планирования ремонтов основного оборудования на тепловых станциях необходима информация о динамике изменения тепловой экономичности и безотказной работы агрегатов электростанции, а также информация о требуемых материальных и трудовых ресурсах на ремонт.

Задача оптимизации объёмов и периодичности ремонта теплоэнергетического оборудования в значительной степени усложняется тем, что фактические ресурсы отдельных конструктивных узлов имеют значительный разброс и существенно зависят от условий эксплуатации, уровня технического обслуживания и ремонта. В этой связи исключительно важное значение приобретают вопросы прогнозирования индивидуального ресурса конструктивных узлов. Прогнозирование индивидуального ресурса конструктивных узлов возможно лишь при создании соответствующей материально-технической базы и специальных подразделений. Однако дополнительные затраты на прогнозирование ресурсов конструктивных узлов могут быть оправданы повышением безотказности оборудования и экономией материальных, трудовых и денежных затрат на ремонт.

Повышение надежности теплоэнергетического оборудования при использовании средств диагностирования достигается за счёт своевременного обнаружения отказов и перевода их из аварийных отказов в отказы-остановки, сокращения времени и стоимости ремонта. Наибольшего эффекта от применения технического диагностирования достигают в сочетании с методами прогнозирования будущего состояния объекта.

Выполненный обзор методов оптимального планирования объемов и периодичности ремонта теплоэнергетического оборудования показывает, что для решения данной задачи необходимо, прежде всего, располагать информацией:

а) о динамике изменения показателей экономичности оборудования;

б) о ресурсах основных конструктивных узлов и зависимостью интенсивности отказов узлов от длительности межремонтного периода. С целью накопления такой информации проведена работа по сбору статистических данных по динамике к.п.д. котельных агрегатов, по отказам и ресурсам основных узлов котельных агрегатов ТЭС "Ленэнерго".

Исследования статистических данных по значениям к.п.д. котельных агрегатов в межремонтный период показывают, что изменения к.п.д. могут достигать нескольких процентов за время между двумя капитальными ремонтами. Это позволяет сформулировать задачу выбора оптимальной периодичности планово-предупредительного ремонта по критерию минимума суммарных затрат на топливо и затрат на ремонт. Выполненные расчеты показывают, что оптимальная периодичность восстановления к.п.д. существенно зависит от стоимости ремонта и стоимости топлива. В то же время оптимизируемая функция имеет пологий характер при значениях длительности межремонтного периода менее 10 000 часов.

Для оценки ресурса отдельных конструктивных элементов котельных агрегатов, как наиболее трудоемкого оборудования, выполнен статистический анализ отчетов и смет по капитальным ремонтам, который позволил выявить наиболее повреждаемые конструктивные узлы, а также установить закономерности возникновения отказов основных конструктивных элементов в зависимости от возраста.

Проведены дополнительные исследования по определению зависимости времени безаварийной работы котельных агрегатов от режимных факторов. Выбраны следующие режимные факторы: суммарная выработка пара котельным агрегатом после капитального ремонта до возникновения отказа; число растопок котельного агрегата после капитального ремонта до возникновения отказа; неравномерность нагрузки котельного агрегата, т.е. разница между максимальной и минимальной выработкой в рассматриваемый период; суммарное время простоя в резерве котельным агрегатом после капитального ремонта.

Для выяснения взаимного влияния факторов на величину времени безаварийной работы котельных агрегатов после капитальных ремонтов применен множественный корреляционно-регрессионный анализ, для которого использованы стандартные программы.

Проведенный анализ показал, что на длительность безаварийной работы существенное влияние оказывают суммарная выработка пара котлоагрегатом и число растопок. Очевидно, эти факторы и должны приниматься во внимание при определении межремонтных периодов.

Учитывая сравнительно малую серийность тепломеханического оборудования станций в энергосистеме, относительно высокую его надежность, различия в условиях работы, трудность в регистрации абсолютно всех отказов и аварий, осуществление реконструктивных мероприятий и постоянной модернизации, а также другие факторы, сбор достаточно представительной выборки для установления закона распределения длительности безотказной работы агрегатов, представляет значительные трудности.

Однако даже при отсутствии точных данных уровень неопределенности принимаемых решений можно уменьшить благодаря использованию суждений специалистов. Использование подобной информации может быть наиболее эффективным, если для ее получения, обобщения и анализа применяются комплексы логических (и по возможности математико-статистических) процедур, получивших название методов экспертных оценок. Сущность экспертных методов состоит в проведении специалистами индуктивно-логического анализа рассматриваемой проблемы с последующей количественной оценкой их суждений и применении формализованных процедур для обработки результатов.

Целью проведенного экспертного обследования являлся сбор данных, о фактическом ресурсе работы основных конструктивных элементов (узлов) энергетических котлов, эксплуатирующихся на ТЭЦ РЭУ «Ленэнерго». В качестве экспертов выступали начальники производственно-технических отделов и котлотурбинных цехов обследуемых ТЭЦ. Была выбрана процедура экспертизы, известная под названием "анкетирование с участием интервьюера", т.к. этот способ обеспечивает повышение надежности результатов за счет личного контакта с экспертом и в то же время существенно сокращает длительность экспертизы.

Эксперту предлагалось заполнить "Анкету эксперта", которая состояла из двух вопросов и таблицы по каждому из типов энергетических котлов. На основе проведенной экспертизы была получена информация о ресурсах конструктивных элементов котельных агрегатов, массе и марках заменяемого металла, требуемой численности ремонтных рабочих, длительности и стоимости ремонтных работ.

Заключение.

Результаты выполненных исследований создают научно-методологическую базу для решения научных и практических проблем, имеющих важное народнохозяйственное значение, связанных с управлением технико-экономическими показателями энергетических систем и энергетического оборудования, которые определяют конкурентоспособность энергосистем и оборудования в рыночных условиях хозяйствования.

Перечень опубликованных автором работ Монографии и учебные пособия

1. Э.М. Косматов. «Экономическая оценка и прогнозирование показателей надежности энергетического оборудования». – Под редакцией д.э.н., профессора В. Р. Огорокова, - Анатолия, Санкт-Петербург, 2004, с. 279.
2. О.В. Новикова, Э.М. Косматов, С.Е. Голубев, С.Н. Романов. «Проблемы внедрения систем учета и повышения качества анализа технико-экономических показателей ТЭО» в монографии «Инновационное развитие топливно-энергетического комплекса: проблемы и возможности». Киев: Знания Украины, 2004, с. 349-352.
3. Квон Чен Сик, Э.М. Косматов. «Реализация энергосбережения в регионе». СПб, 2001, 74 с.
4. С.Е. Барыкин, Э.М. Косматов, В.Д. Ногин. «Инвестиционный менеджмент. Применение метода анализа иерархий для отбора инвестиционных проектов». – Учебное пособие, СПб: Издательство СПбГТУ, 2001, с. 66.
5. С.Е. Барыкин, Э.М. Косматов, В.Д. Ногин. «Инвестиционный менеджмент. Формирование оптимального портфеля реальных проектов». – Учебное пособие, СПб: Издательство СПбГТУ, 2001, с. 70.
6. Е.Е. Барыкин, Ю.А. Воропаева, П.П. Долгов, Э.М. Косматов, В.Д. Ногин. «Многокритериальность и неопределенность в задачах планирования экономической деятельности предприятий»– Учебное пособие, СПб.:Издательство СПбГТУ, 1998, с.40.
7. С.Е. Барыкин, Э.М. Косматов. «Инвестиционный менеджмент. Разработка бизнес- плана на базе программного обеспечения Project Expert». Учебное пособие, СПб.: 1998, с. 68.
8. О.Н. Адмакина, Е.Е. Барыкин, Ю.А. Воропаева, Э.М. Косматов, Г.М. Смирнова. «Планирование тарифов на электрическую и тепловую энергию в энергетическом объединении». – Учебное пособие, СПб: Издательство СПбГТУ, 1996, с. 52.
9. Е.Е. Барыкин, О.В. Зайцев, Э.М. Косматов, А.А. Миролюбов. «Методы анализа и прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения». - Монография, Энергоатомиздат, С-Пб отделение, 1994, с. 144.
10. Е.Е. Барыкин, Ю.А. Воропаева, Э.М. Косматов, Л.И. Малькова, А.А. Миролюбов. «Себестоимость, реализация и прибыль в энергетическом объединении». - Учебное пособие. СПб, СПбГТУ, 1992, с. 88.
11. П.П. Долгов, И. Клима, Э.М. Косматов, Т.В. Лисочкина, В.Р. Огороков. «Экономико-математические методы и модели принятия решений в энергетике». - Л., Издательство ЛГУ, 1991, с.222.
12. Э.М. Косматов. «Об учете живучести на стадии проектирования энергетического оборудования (на примере турбогенераторов)» в монографии «Методы и модели исследования живучести систем энергетики». – Ответственный редактор академик Ю.Н. Руденко, Новосибирск, «Наука», 1990, с. 266-268.
13. Э.М. Косматов, В.Г. Ионин. «Технико-экономическое обоснование параметров в электроэнергетических задачах». - Учебное пособие, ЛПИ, 1988, с. 48.
14. Э.М. Косматов. «Методические основы технико-экономических расчетов при проектировании энергетического оборудования с учётом показателей надёжности. - Учебное пособие, ЛПИ им. М.И. Калинина, 1979, с. 34.

Брошюры, научные статьи, доклады и методические указания

15. Э.М. Косматов «Методика учёта показателей надёжности в технико-экономических расчётах при проектировании энергетического оборудования». Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2004, с.105-111, С-Пб, Издательство СПбГПУ.
16. Н.А. Славина, Э.М. Косматов. «Метод расчета тарифов на энергию конкурентоспособных ТЭЦ». Известия РАН «Энергетика», 2002, № 4, с. 48-56.
17. Н.А. Славина, Э.М. Косматов, Е.Е. Барыкин. «О методах распределения затрат на ТЭЦ». Электрические станции, 2001, № 11, с. 14-17.
18. Е.Е. Барыкин, Э.М. Косматов, Н.А. Славина. «Исследование влияния на тарифы на энергию отклонений фактических значений показателей производственно-хозяйственной деятельности энергообъединений от запланированных». Финансовые проблемы РФ и пути их решения: теория и практика. Труды международной научно-практической конференции. СПб.: издательство «Нестор», 2000, с. 23-24.
19. Е.Е. Барыкин, А.В. Витушко, Э.М. Косматов, Л.И. Малькова «Разработка системы мониторинга реализации тарифной политики энергетического объединения». Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Будущее России – социально-экономический и экологические аспекты», - СПб, СПбГПУ, 1998, с. 281-282.
20. Е.Е. Барыкин, А.В. Витушко, Э.М. Косматов, Л.И. Малькова. «Исследование динамики удельных показателей электропотребления промышленных предприятий». Промышленная энергетика, 1998, № 8, с. 2-7.
21. Е.Е. Барыкин, А.В. Витушко, Е.М.Еремеев, Э.М. Косматов, Малькова Л.И. «Анализ поступлений платежей за электроэнергию от наиболее крупных предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области». Промышленная энергетика, 1997, № 2, с. 3-6.
22. Е.Е. Барыкин, Ю.А. Воропаева, Э.М. Косматов, Е.Э.Косматова. «Разработка системы принятия решений при краткосрочном и перспективном планировании показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения». Экономические проблемы обеспечения энергетической безопасности, часть 1, Киев, 1997, с.122-130.
23. Косматов Э.М., Малькова Л.И. «Совершенствование экономических взаимоотношений энергоснабжающей организации с потребителями энергии в условиях перехода к рыночной экономике» Тезисы докладов, часть 7, Российской научно-технической конференции «Инновационные наукоёмкие технологии для России», С-Пб, СПбГТУ, 1995, с. 38.
24. Воропаева Ю.А., Косматов Э.М. «Разработка системы принятия решений при краткосрочном и перспективном планировании показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения» Тезисы докладов, часть 7, Российской научно-технической конференции «Инновационные наукоёмкие технологии для России», С-Пб, СПбГТУ, 1995, с. 37.
25. Воропаева Ю.А., Косматов Э.М., Ногин В.Д. «Выбор стратегии при формировании тарифов на энергию в условиях неопределенности исходной информации» Тезисы доклада международной научной конференции «Системный анализ и экономические стратегии управления», С-Пб, СПбГТУ, 1994,с.101-102.
26. Воропаева Ю. А., Косматов Э. М., Ногин В. Д., Сосонкина А. В. «Использование теории нечетких множеств при прогнозировании показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения». Сб. научных трудов «Экономика и менеджмент» Труды СПбГТУ № 450, С-Пб, 1994, с. 49-85.

27. Барыкин Е. Е., Воропаева Ю. А., Косматов Э. М., Ногин В. Д. «Принятие решений о величине среднего тарифа на электроэнергию в условиях неоднозначности исходной информации» Электрические станции, № 12, 1994, с. 2-7.
28. Барыкин Е. Е., Воропаева Ю. А., Косматов Э. М. «Применение теории нечетких множеств при выборе стратегии функционирования энергетического объединения». Тезисы доклада научной конференции «Кризисные ситуации в энергетике: технико-экономическая оценка и моделирование решений по их нейтрализации», Киев, 1994.
29. Барыкин Е. Е., Зайцев О. В., Косматов Э. М. и др. «Анализ динамических характеристик итоговых экономических показателей энергетических объединений в системе налогообложения прибыли». Электрические станции, № 5, 1993, с. 55-60.
30. Ахмедов Д. Б., Бахарев А. А., Косматов Э. М. «Технико-экономический анализ направлений унификации энергетических котлов» Электрические станции, № 1, 1992 г, с. 55-59.
31. Барыкин Е.Е., Воропаева Ю.А., Косматов Э.М., Ногин В.Д., Харитонов Н.Е. «Оптимизация годовой производственной программы энергетического объединения». Электрические станции, № 4, 1991, с. 9-13.
32. Барыкин Е. Е., Воропаева Ю.А., Косматов Э. М., Миролюбов А. А. «Методика выбора варианта годовой производственной программы энергетического объединения с учетом экологических факторов и экономического риска». Тезисы доклада в сборнике к Всесоюзному научно-техническому совещанию (г. Кострома) «Экономические методы управления энергетическим объединением в условиях рыночной экономики», Л., 1991, с. 96-97.
33. «Экономические методы управления в энергетических объединениях в условиях рыночной экономики» Под редакцией Косматова Э. М. Краткие тезисы докладов к Всесоюзному научно-техническому совещанию (г. Кострома), Л., 1991, с. 105.
34. Е.Е. Барыкин, Э.М. Косматов, Л.И. Малькова, А.А. Миролюбов. «Прогнозирование электропотребления в энергетическом объединении с использованием ПЭВМ». - Методические указания для практических занятий. - Л., ЛГТУ, 1991, с. 35.
35. Бахарев А. А., Косматов Э. М. «Анализ экономической эффективности унификации котлов по топливу на базе новых способов сжигания». Сб. трудов VI Рижской Конференции Рига, 1990, Т.2, с. 82 -91.
36. Бурганов А. Д., Карелин А. А., Косматов Э.М., Легостаева В. И., Пискунова Г. П. «Совершенствование экономических методов управления ремонтом энергетического оборудования ТЭС». ЛНЦНТИ. Инф. листок № 233-90.
37. Ильченко С. А., Карелин А. А., Косматов Э. М. «Расчёт ресурсов для ремонтов энергооборудования с использованием вычислительной техники». Энергетик, 1990 г., № 8, с. 19-20.
38. Барыкин Е. Е., Косматов Э.М., Кох Л.В. «Агрегированная модель комплексного анализа и прогнозирования показателей районной энергетической системы» Сб. трудов 10 семинара (г. Иркутск, 1989 г.) «Имитационный подход в исследованиях систем электроэнергетики», Л., ЛПИ, 1990.
39. Бахарев А.А., Зайцев О.В., Косматов Э.М., Миролюбов А.А., Черных Г.И. «Методика и результаты экспресс-анализа уровня электропотребления промышленности региона в условиях энергосбережения». Тезисы доклада научно-практической конференции «Проблемы энергосбережения и эффективности экономики региона», Л., 1990, с. 46- 47.

40. Барыкин Е. Е., Косматов Э. М., Малькова Л. И., Миролюбов А. А. «Расчет на персональной ЭВМ уровня электропотребления при текущем планировании». Электрические станции, № 5. Энергоатомиздат, 1990, с. 84-85.
41. Барыкин Е. Е., Воропаева Ю. А., Косматов Э. М. «Прогнозирование деятельности энергосистемы с помощью ЭВМ» Энергетик, № 8. Энергоатомиздат, 1990, с. 11-13.
42. Барыкин Е. Е., Воропаева Ю. А., Косматов Э. М. «Исследование на экономико-математической модели влияния темпов роста электропотребления на фонды экономического развития» Тезисы доклада в сборнике к Всесоюзному научно-техническому совещанию «Проблемы управления энергосбережением и повышение эффективности региональной экономики», г. Минск, 1990, с. 122-123.
43. Косматов Э. М. «Система моделей анализа и прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности территориального энергетического объединения». Тезисы доклада Всесоюзного совещания «Пути повышения качества прогнозов», Гос. комитет по народному образованию, 1990, с. 70-71.
44. Бахарев А. А., Зайцев О. В., Косматов Э. М., Малькова Л. И., Миролюбов А. А. «Прогнозирование электропотребления промышленных комплексов региона». Тезисы доклада Всесоюзного совещания «Пути повышения качества прогнозов», Гос. комитет по народному образованию, 1990, с. 68-69.
45. Шевкоплясов П. М., Барыкин Е. Е., Косматов Э. М., Кох Л. В. «Анализ и прогнозирование показателей производственно-хозяйственной деятельности энергосистемы» Электрические станции. Энергоатомиздат, № 1, 1990, с. 10-13.
46. Е. Е. Барыкин, Ю. А. Воропаева, В. Г. Ионин, Э. М. Косматов, Л. И. Малькова, А. А. Миролюбов. «Анализ и прогнозирование показателей производственно-хозяйственной деятельности энергетического объединения с использованием ЭВМ». - Методические указания. Л., ЛПИ, 1990, с. 30.
47. Д.Б. Ахмедов, А.А. Бахарев, Э.М. Косматов, В.Н. Царёв. «Экономический анализ инженерных решений в котлостроении». - Методические указания, ЛПИ, Л., 1990, с. 51.
48. Воропаева Ю. А., Косматов Э. М., Малькова Л. И., Миролюбов А. А. «Разработка комплексной системы управления и анализа основных технико-экономических показателей на основе применения математических моделей и ЭВМ». Отчет по НИР ГР01870093519, Л., ЛПИ, 1989, с. 50.
49. Kosmatov E.M. "The Value Results and Basing of the Energeticall Equipment Parameters". Integrated Energy systems, Socioeconomic and Ecological Issues, Part Two, 1989, Prague, с. 274-277.
50. Бурганов А. Д., Карелин А. А., Косматов Э.М., Легостаева В. И., Пискунова Г. П. «Совершенствование планирование капитального ремонта тепломеханического оборудования ТЭС». ЛНЦНТИ. Инф. листок № 319-89.
51. Ахмедов Д. Б., Бахарев А. А., Косматов Э. М., Окорочков В. Р. «Методика экономического обоснования направлений реконструкции котлов ТЭС». Промышленная энергетика, № 1, 1988 г, с. 19- 21.
52. Барыкин Е. Е., Бурганов А. Д., Карелин А. А., Косматов Э.М. «Методы разработки нормативной базы для планирования материальных трудовых и денежных затрат на ремонт основных фондов производства». Труды Всесоюзного семинара г. Киев, 1988 г.
53. Барыкин Е. Е., Иванов Ю. И., Ковалева Л. В., Косматов Э. М. «Исследование динамики удельных расходов топлива по энергосистеме», Известия вузов. Энергетика, № 10, 1988, с. 119-123.

54. Бахарев А. А., Косматов Э. М. «Методика учета надёжности и экономических факторов при обосновании технических решений в теплоэнергетике». Тезисы докладов к Всесоюзному научно-техническому совещанию. Вопросы усовершенствования технико-экономических расчётов в энергетике, Л. 1987 г., с. 97 – 98.
55. Ахмедов Д. Б., Бахарев А. А., Косматов Э. М. «Метод экономического обоснования реконструкции котлов ТЭС» Ленинградский Межотраслевой территориальный центр научно-технической информации. Информационный листок № 1065-87.
56. Косматов Э. М., Кох Л. В. «Анализ функционирования сложной энергосистемы на основе имитационного динамического программирования», ВНИТИ, № 8161-887, 1987, с.11.
57. Ковалева Л. В., Косматов Э. М. «Исследование динамики удельного расхода топлива по энергосистеме в условиях проведения энергосберегающей политики». Тезисы республиканской научно-технической конференции, Ташкент, 1986, с. 29-31.
58. Барыкин Е.Е., Косматов Э. М., Кох Л.В. «Разработка моделей и программ расчета на ЭВМ себестоимости электроэнергии». Отчет по НИР ГР0184.0027964, Л., ЛПИ, 1986, с. 46.
59. Ковалева Л.В., Косматов Э. М., Миролюбов А.А. «Исследование динамики удельных расходов топлива по энергосистеме и тепловым электростанциям на основе статистических методов». Сб. докладов научно-технической конференции, Свердловск, 1986, с. 58-60.
60. Барыкин Е. Е., Ковалева Л. В., Косматов Э. М., Огороков В. Р. «Анализ и прогнозирование себестоимости электроэнергии в энергосистеме». Электрические станции, Энергоатомиздат, 1986, с. 6-7.
61. Барыкин Е.Е., Косматов Э.М. Совершенствование экономических методов управления энергоремонтного предприятия энергосистемы. Экономические и организационные проблемы интенсификации производства. Сборник научных трудов, Труды ЛПИ №146, Ленинград, 1986, с 107-110.
62. Ахмедов Д. Б., Бахарев А. А., Косматов Э. М., Огороков В. Р. «Методика оценки сравнительной экономической эффективности унификации конструкций энергических котлов в условиях снижения качества топлива. Известия вузов. Энергетика, 1985, № 11, с.111-114.
63. Алаев Ю.М., Ахмедов Д.Б., Бахарев А. А., Косматов Э. М. «Оценка экономической эффективности предварительной сероочистки мазута». Электрические станции, 1985 г., № 6, с. 26-28.
64. Быков В. М., Косматов Э. М., Легостаева В. И., Ростик Г.В. «Оценка ремонтпригодности конструктивных элементов турбогенераторов». Сб. «Методические вопросы и исследования надёжности больших систем энергетики», выпуск 25, Минск, 1984 г., с.127-130.
65. Косматов Э. М., Легостаева В. И., Савина В.И. «Технико-экономическая оценка показателей непланового ремонта турбогенераторов. Экономика технического процесса и развития тяжёлого электромашиностроения». Сб. научных трудов, ВНИИЭлектромаш, 1984 г., с. 85-92.
66. Алаев Ю.М., Косматов Э. М., Михайлов С. Я., Огороков В. Р. «Статистический анализ показателей капитальных ремонтов основного энергетического оборудования ТЭС». Сб. «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики», выпуск 27, 1984 г., Москва, с. 69-72.

67. Алаев Ю.М., Губанова Е.С., Карелин А.А., Косматов Э.М., Легостаева В.И. «Методы и определение стоимости, трудоёмкости ремонта энергетического оборудо-вания при перспективном планировании». Электрические станции, 1984, № 9, с. 39- 41.
68. Алаев Ю.М., Ахмедов Д. Б., Карелин А. А., Косматов Э. М. «Сравнительный анализ затрат на капитальные ремонты энергетических котлов». Энергомашиностроение, 1984 г., № 9, с. 35-37.
69. Алаев Ю.М., Косматов Э. М., Огороков В. Р. «Прогнозирование стоимости и трудоёмкости ремонтов энергетических котлов с помощью авторегрессионных моделей». Известия вузов. Энергетика, 1984 г., № 8, с.118-122.
70. Алаев Ю.М., Косматов Э. М., Михайлов С. Я., Огороков В. Р. «Совершенствование нормирования показателей ремонта энергетического оборудования». Сб. ЛИЭИ, 1984.
71. Алаев Ю.М., Боровков В. М., Косматов Э. М., Лавров А. Н. «Оптимизация межремонтного периода основного энергетического оборудования по условию тепловой экономичности». Известия вузов. Энергетика, 1984, № 6, с.116-119.
72. Косматов Э.М., Легостаева В.И., Савина В.И. «Оценка и прогнозирование технико-экономических показателей ремонтпригодности турбогенераторов». Сб. «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики», выпуск 29, Кишинев, 1984 г, с.30-34.
73. Алаев Ю.М., Карелин А.А. Косматов Э.М. «Статистический анализ затрат на ремонт теплоэнергетического оборудования тепловых электростанций». Известия вузов. Энергетика, 1983 г., № 12., с.91-94.
74. Жилиев В.В., Косматов Э.М., Легостаева В.И., Ростик Г.В. «Нормативный метод расчёта стоимости, трудоёмкости и длительности неплановых ремонтов турбогенераторов». Сб. «Вопросы надёжности и управления качеством изготовления мощных синхронных генераторов» ВНИИЭлектромаш, 1982, Л., с. 59-64.
75. Ахмедов Д.Б., Косматов Э.М., Огороков В.Р., Померанцев В.В., Шестаков С.М. «Повышение надёжности котельных агрегатов при низкотемпературном вихревом сжигании топлива и определение их экономической эффективности». «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики». Выпуск 26. СО АН СССР, Сибирский Энергетический Институт, А.Н. Литовской СССР Институт физико-технических проблем энергетики, Каунас, 1982, с. 146-150.
76. Косматов Э.М. «Алгоритм и программа расчета оптимальных показателей надёжности конструктивных элементов турбогенераторов». «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики». Выпуск 22. СО АН СССР Сибирский энергетический Институт, Иркутск, 1981, с. 166-168.
77. Быков В.М., Косматов Э.М. «Экономические характеристики надёжности системы непосредственного водяного охлаждения обмотки статора турбогенераторов». Сб. Проблемы развития и эффективности энергетического электромашиностроения. АН СССР, ВНИИЭлектромаш, Ленинград, «Наука», 1981, с. 49-58.
78. Косматов Э.М., Легостаева В.И. «Исследование влияния исходной информации на оптимальные значения показателей надёжности конструктивных элементов турбогенераторов». Сб. Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики. Выпуск 23, 1981 г., Иркутск, с.159-164.
79. Быков В.М., Косматов Э.М. «Методика оптимизации показателей надёжности мощных турбогенераторов». Сб. «Прогнозирование и оптимизация надёжности мощных турбогенераторов». ВНИИЭлектромаш, 1980 г.

80. Быков В.М., Косматов Э.М. «Исследование зависимостей технико-экономических показателей турбогенераторов от значений показателей надёжности конструктивных элементов турбогенераторов. Сб. трудов III Республиканской научно-технической конференции. «Современные проблемы энергетики», том 3, Киев, 1980, с.10-13.

81. Быков В.М., Косматов Э.М. «Методика расчета экономических характеристик надёжности конструктивных элементов турбогенераторов» Энергетика и транспорт, Изд. АН СССР, 1979, № 6, с. 31-37.

82. Быков В.М., Косматов Э.М. «Исследование экономических характеристик надёжности конструктивных элементов турбогенераторов». Сб. докладов «Исследование и расчёты надёжности энергосистем на этапах проектирования и эксплуатации. г. Фрунзе, 1978 г.

83. Коган В. О., Косматов Э. М., Поляков Р. С. «Установки для ускоренных ресурсных испытаний деталей и узлов крупных генераторов» Сб. Электросила, 1974 г. № 30, с. 101-104.

84. Быков В.М., Боровский Г. Н., Косматов Э. М., Колпаков З. А., Рейнус В.И. «Экспериментальные исследования герметичности стержней генераторов с непосредственным водяным охлаждением обмотки статора». Электротехническая промышленность серия «Электрические машины», выпуск 5 (27), 1973 г.