**Математическое моделирование и оптимизация элементов тепловой схемы энерготехнологического блока**

Реферат по курсу математического моделирования выполнил студент: Ильиных А.А.

Новосибирский Государственный Технический Университет

Кафедра ТЭС

Новосибирск-2002

**Методика оптимизации развития КАТЭКА при использовании в ЭС энерготехнологических блоков.**

Рассматриваются две группы задач. Первая связана с определением технико-экономических характеристик энерготехнологических блоков, расходов материальных затрат, экологического воздействия, параметров схем, конструктивных решений. Вторая группа задач связана с определением перспективных типов энерготехнологических блоков и рациональных масштабов их применения в развивающемся топливно-энегретическом комплексе и предполагает изучение эффективности использования перспективных энерготехнологических блоков при различных системных факторах. Так как энерготехнологические блоки являются многоцелевыми, имеют сложную структуру, то затруднительно обеспечить сопоставимость альтернативных вариантов по выходу энергопродуктов и расходу ресурсов. Использование при оценке энерготехнологических блоков замыкающих затрат на энергопродукты и ресурсы может привести к большим погрешностям, так в зависимости от масштабов внедрения отдельных перспективных энерготехнологических блоков замыкающие затраты могут существенно измениться. Поэтому для измерения полных затрат и результатов, связанных с реализацией конкретных энерготехнологических блоков, и для выявления системных факторов на эффективность этих энергоблоков целесообразно применение моделей, содержащих балансы распределения ресурсов и энергопродуктов и отражающих производственные и экономические связи энерготехнологических блоков.

Решение этих вопросов для КАТЭКа требует рассмотрение технико-экономических связей трех уровней.

На верхнем — рассматриваются связи КАТЭКа с другими отраслями народного хозяйства, учитывающие потребление ограниченных народнохозяйственных ресурсов, связи со смежными отраслями, потребителями энергопродуктов.

На среднем — рассматривается цепочка производственных связей КАТЭКа с детализацией типов энерготехнологических блоков и ассортимента конечных энергопродуктов, вопросов качества и взаимозаменяемости энергопродуктов.

На нижнем уровне рассматриваются внутрирайонные связи КАТЭКа с другими объектами хозяйства по использованию природных и трудовых ресурсов, услуг производственной и социально-бытовой инфраструктуры и строительной базы, по выполнению экологических условий.

Схема обмена информацией между моделями предусматривает передачу из моделей верхнего уровня в модели отраслевого уровня заданий по потреблению топлива по отдельным группам потребителей. В результате решения задач отраслевого уровня при выполнении установленных заданий и минимизации суммарных приведенных затрат на добычу, переработку и транспортировку, подготовку и использование топлива определяется рациональная структура производства и потребления различных видов топлива. Эти данные служат входными параметрами для оптимизации развития энергосистемы с энерготехнологическими блоками, в результате чего получается оптимальный набор вариантов развития энергосистемы с этими энергоблоками и формируются первоначальные решения о перспективных типах энерготехнологических блоков. При формировании структуры энергосистемы рассматриваются различные варианты развития и реконструкции функционирующих энергоблоков, а также ввода новых. Формирование вероятных состояний развития энергосистемы осуществляется в виде определенного многофакторного набора параметров, характеризующего исходное состояние и направления развития энергосистемы в зависимости от особенностей и величин электрических и тепловых нагрузок, динамики роста, длительности периода развития, типов существующих и предполагаемых к вводу энергоблоков.

Определение рациональных направлений использования производится по модели баланса котельно-печного топлива страны, разработанной во ВНИИКТЭПе. Объектами планирования приняты отдельные месторождения угля, нефтеперерабатывающие заводы, узлы сети газопроводов (месторождения газа прикрепляются к узлам сети), пункты производства и добычи прочих видов топлива. Рассматриваются следующие виды энергоресурсов: энергетические угли (каменный рядовой и сортовой, бурый рядовой и сортовой, антрацит и отсевы угля); природный и попутный газ; топочный мазут; прочие виды топлива (торф, сланцы, коксовый газ и др.). Каждая топливная база представляется в виде нескольких способов, отражающих добычу топлива на действующих, реконструируемых, строящихся и предполагаемых к строительству предприятиях. Рассматриваются два вида магистрального транспорта топлива: железнодорожный для углепродуктов и топочного мазута и трубопроводный для газа. Выделяются 11 экономических районов страны (в том числе Восточная Сибирь). Каждый регион представляется как совокупность топливоиспользующих установок. Внутри региона потребители группируются по функциональному признаку: электростанции, котельные, коммунально-бытовые и промышленные установки. Для оценки новых технологий комплексной переработки н использования КАУ в модель были введены дополнительные переменные и ограничения, описывающие условия производства и потребления новых видов углепродуктов. Наряду с плазмотермической газификацией угля в энерготехнологических блоках был рассмотрен ряд перспективных направлений переработки углей:

— термооблагораживание с получением термобрикетов для коммунально-бытового хозяйства;

— пиролиз (процессы высокоскоростного пиролиза, полукоксования в импульсном псевдоожиженном слое, с конверсией газа, с циклонным реактором, с твердым и газовым теплоносителями);

— гидрогенизация — каталитический процесс получения жидкого топлива;

— газификация с получением синтез-газа.

Задача оптимизации баланса котельно-печного топлива формулируется следующим образом.

При выполнения ограничений по ресурсам (возможности развития добычи и производства) по условиям транспортировки и по потребности и при минимизации приведенных затрат на добычу (производство), переработку, транспортировку и использование топлива определить:

1) объем добычи (производства) различных энергоресурсов по отдельным месторождениям (пунктам, нефтеперерабатывающим заводам);

2) объемы переработки различных видов топлива по отдельным пунктам, в том числе по установкам с новыми технологиями использования КАУ;

3)Распределение энергоресурсов между отдельными экономическими районами с предварительным распределением их внутри районов между основными категориями потребителей;

4) Объемы и направления перевозок различных видов топлива магистральным железнодорожным транспортом, газопроводами;

5) рациональные виды топлива для тепловых электростанций и котельных, работающих на органическом топливе.

Определение потребности в топливно-энергетических ресурсах проводятся по четырем энергоносителям: электроэнергии, теплоте, котельно-печному и моторному топливам. При определении потребностей топлива на ТЭС учитывается: потребность народного хозяйства в электроэнергии и теплоте; уровень развития атомной и гидроэнергетики; уровень развития источников теплоснабжения; технико-экономические показатели (режимы работы, удельный расход топлива) установленного на ТЭС оборудования; ограничения по использованию на ТЭС различных видов топливно-энергетических ресурсов сравнительная экономическая эффективность различных видов топлива для конкретных электростанций.

Рассматривались: персонально каждая электростанция мощностью более 10 МВт; топливоиспользующее оборудование; степень освоения установленной мощности и достижения проектных показателей; влияние разных видов топлива на суммарный удельный их расход; режимы использования установленной мощности.

Учитывалось, что промышленные и районные котельные выступают как замыкающий поставщик теплоты в народном хозяйстве. Это означает, что после определения потребности в теплоте на перспективу по стране в целом и в разрезе экономических районов, покрытие потребности осуществляется сначала за счет ТЭЦ и атомных котельных. И только недостающая часть покрывается за счет котельных на органическом топливе.

При определении перспективных уровней потребности котельных в котельно-печном топливе проводилась группировка промышленных и отопительных котельных по паропроизводительности, видам используемого топлива и по типу используемого оборудования;

Рассматривались раздельно нормы расхода топлива для групп котельных по паропроизводительности.

Расчет потребности в котельно-печном топливе на производственные нужды сельского хозяйства производится по отдельным видам потребителей. При расчетах потребности в топливе коммунально-бытового хозяйства учтены обобщенный и частновладельческий жилой фонд, коммунально-бытовые предприятия, общественные здания и учреждения, которые не входят в группы централизованного теплоснабжения. Отдельно рассматривалась группа промышленных предприятий. В расчетах учтены также запасы топливно-энеретических ресурсов для бесперебойного топливоснабжения народного хозяйства.

Сделав прогноз потребности в топливно-энергетических ресурсах( в территориальном разрезе, по направлениям расхода, энергоносителям и первичным энергоресурсам) и сопоставив его с показателями производства топливно-энергетических ресурсов в рамках топливно-энергетического баланса, в случае необходимости, предполагается вернуться к первому шагу расчетов и уточнить гипотезы развитии и размещении производительных сил страны и объёмах экспорта топливно-энергетических ресурсов.

Практические расчеты направлены не на получение одного хотя и сбалансированного по многим показателям, решения, а на расчёт различных вариантов, отличающихся как гипотезами развития народного хозяйства, так и отраслей ТЭК. При этом каждому уровню потребностей в электроэнергии и теплоте (т.е. разным вариантам развития народного хозяйства) соответствует своя структура энергоносителей и своя стратегия развития топливных баз страны.

Цель проведения экспериментальных расчетов заключав разработке такой стратегии развития ЭС КАТЭКа, которая соответствует, с одной стороны, гипотезам развития КАТЭКа, заложенным в модель , а с другой —структуре энергоносителей развитию народного хозяйства, полученных из модели БКПТ. Следует отметить, что модель БКПТ работает в составе модельного комплекса с оптимизационной межрегиональной межотраслевой моделью (ОМММ), разработанной в ИЭ и ОПП С0 РАН. Набор условий и факторов, отраженных в ОМММ, соответствует следующему кругу вопросов: анализ и технико-экономическая оценка природных ресурсов и условий развития, обоснование хозяйственной специализации и темпов развития производства, оценка экономической эффективности намеченных направлений развития и размещения производственных сил. Так как в модели баланса котельно-печного топлива потребности в топливе по категориям потребителей и регионам являются экзогенными параметрами, то в расчетах по этой модели и по ОМММ необходимо исходить из одинаковых посылок об отраслевой структуре потребителей топлива и о величине потребления топлива по регионам.

Полученные в ОМММ решения используются в модели при формировании для КАТЭКа данных по потреблению электроэнергии и теплоты, газа и угля, среднегодовому приросту этих показателей и структуре потребителей топлива.

Реализована следующая схема информационного обмена.

По результатам решения 1-й группы задач задается (с учетом экологических ограничений) количество энергоблоков того или иного типа и приведенные удельные затраты по типам энергоблоков и новым технологиям использования КАУ в модели баланса котельно-печного топлива (БКПТ). Затем решается задача БКПТ и уточняются типы энергоблоков, в том числе и с новыми технологиями использования угля, соответствующие объемы потребления КАУ и среднегодовые темпы потребления энергопродуктов в моделях 1-й группы задач.

Математически это означает, что возможны последовательные отображения

В свою очередь, можно установить обратную связь от модели БКПТ к задачам 1-и группы, используя решение для уточнения типов энергоблоков, в том числе энерготехнологических блоков и среднегодовых темпов потребления энергопродуктов. На основе этой информации при решении задач 1-й группы получается новое решение, уточненное с позиции народнохозяйственных интересов.

Таким образом, модели разных уровней будут согласованными.

**Технико-экономический анализ и комплексная оптимизация паротурбинных энерготехнологических блоков**

Обоснованный выбор схемы и параметров паротурбинных энерготехнологических блоков с плазменной газификацией КАУ имеет большое значение в плане крупномасштабного внедрения энерготехнологий на ТЭС КАТЭКа. '

К числу наиболее важных факторов, влияющих на выбор схемы и параметров ППТУ, относятся: стоимость КАУ, условия использования в энергосистеме КАТЭКа, условия водоснабжения электростанций, экологические условия. По сравнению с топливом для районов европейской части страны КАУ дешевле, что будет снижать роль экономии топлива и повышать роль экономии капиталовложений и эксплуатационных затрат на энергооборудование. Для будущей эксплуатации энерготехнологического блока в режиме с высоким числом часов использования номинальной мощности (6500...7000ч/год) может быть рассмотрена целесообразность участия в покрытии переменной части графика нагрузки и изменении номинальной мощности в диапазоне 0,7...1,1. Высокая будущая экологическая напряженность КАТЭКа ставит вопросы об энергетической и экономической устойчивости оптимальных решений при изменении ПДВ. Важное значение при определении оптимальных параметров и профиля оборудования ППТУ имеет обоснованный выбор уровня его единичной мощности.

Анализ влияния указанных факторов на параметры и профиль ППТУ осуществляется с использованием ЕС ЭВМ и системы математических моделей, имитирующих функционирование энерготехнологических блоков. Проведено несколько серий расчетов на ЕС ЭВМ, которые отличаются по дискретным признакам типов и схем энерготехнологических блоков (с плазмопаровой и плазмокислородной газификацией, с плазмотермической газификацией, с внутрицикловой плазмопаровой газификацией) и альтернативных угольных энергоблоков (с прямым сжиганием КАУ и с предварительной термической подготовкой его перед сжиганием, энергоблоков с плазменной подсветкой при сжигании КАУ).

Каждая серия расчетов включает:

- многовариантные расчеты при заранее заданных сочетаниях значений параметров каждого типа энергоблоков;

- вариации значений каждого параметра в технически допустимых пределах при заданных значениях остальных параметров;

- крмплексную оптимизацию параметров каждого типа энергоблоков на основе алгоритма нелинейного программирования;

вариации параметров в зоне их оптимальных значений.

Указанный объем разнохарактерных расчетов позволяет более подробно учесть инженерную специфику сравниваемых вариантов, определить основные закономерности влияния параметров на эффективность энерготехнологического блока и оценить ее снижение для различных отступлений от оптимума по тем или иным инженерным соображениям.

Для каждого расчетного варианта энерготехнологического блока, т.е. для заданных конструкций, материалов и вида тепловой схемы, совместному выбору подлежали следующие параметры:

— начальное температура и давление пара;

—температура промежуточного перегрева пара;

—температура питательной воды (при оптимально сопряженной температуре уходящих газов парогенератора);

— конечное давление пара;

— температура реакции (при оптимально сопряженном времени реакции) в реакторе газификации КАУ;

—температура термической подготовки газовзвеси КАУ в термической ступени реактора;

— температура перегрева плазмообразующего пара;

—температура сероочистки синтез-газа.

Диаметры труб для пакетов пароперегревателя, экономайзера, газоподогревателя экранных труб топки реактора, воздухоподогревателя приняты в соответствии со стандартами к результатам расчетов и оптимизации конструктивных параметров реактора. Кроме указанных независимых термодинамическнх параметров, оптимальные значения получают многочисленные термодинамические и расходные зависимые параметры вошедшие в систему балансовых уравнений.

Для каждого расчетного варианта энерготехнологического блока на ЭВМ выполнены с совместной увязкой: расчет тепловой схемы и внутреннего относительного КПД турбины; теплобалансовый и стоимостной расчёты парогенератора, регенеративных подогревателей питательной воды и конденсатора, основных трубопроводов, частей высокого, среднего и низкого давления турбины: расчет мощности и стоимости агрегатов собственных нужд; стоимостные расчеты систем топливоподачи пылеприготовления, технического водоснабжения, золошлакоудаления удаления: тепловой, гидравлический, аэродинамический и стоимостный расчеты реактора и поверхностей теплообмена реактора.

С этой целью использованы после приведения к виду для применения на ЕС ЭВМ, соответствующие разделы нормативного метода расчета котлоагрегатов и различных теплообменных аппаратов; уравнения для расчета параметров водяного пара ; методика СПИ расчета внутреннего относительного КПД частей высокого, среднего и низкого давления турбины, материалы РоТЭП, НоТЭП, ЦКТИ и прейскуранты для оценки удельных стоимостных показателей по различным элементам энерготехнологического блока, механизмам собственных нужд, систем водоснабжения, топливного хозяйства и топливоподготовки и шлакоудаления, а также строительной части.

Основная часть расчетов проведена для энерготехнологических паротурбинных энергоблоков 800 МВт при одном промышленном перегреве пара с одновальной турбиной. Варианты турбины и стоимостная оценка приняты по данным ЦКТИ применительно к схемам ЛМЗ. Стоимостная оценка парогенератора проводилась по методике ЦКТИ с использованием данных РоТЭП, НоТЭП. Расчетные формулы преобразованы применительно к прямоточным однокорпусным парогенераторам. Число часов использования номинальной мощности 6500...7000 ч/год при участии в покрытии минимума электрической нагрузки 1500 ч/год и рассчитанном и рассчитанном при этих условиях по методике СПИ числе часа участия в покрытии максимума нагрузки. Для всех вариантов ППТУ рассмотрена система технического водоснабжения с вентиляторными сухими градирнями. Теплобалансовые и стоимостные оценки, схемные решения выполнялись по данным региона работы. Относительная цена топлива для ряда серий расчетов принималась в диапазоне 1..3.В качестве вариантов резервных установок в различных сериях расчётов рассматривались ГЭС, КЭС, полупиковые энергоблоки (по схеме СЭИ СО РАН, но при работе на синтез-газе), ГТУ. Предельные допустимые выбросы в расчетах принимались в интервале 0,3...0,7 от ПДК. В настоящее время ежегодные приведенные затраты на сокращение вредных выбросов дороги, а затраты в экологическую инфраструктуру занижены при данном составе реципиентов (в основном лес и сельскохозяйственные угодья). Существующие методики не позволяют учесть воздействие на окружающую самих вредных ингредиентов (окислы серы, азота, зола), а продуктов их трансформаций и оценить увеличение ущерба, наносимого окружающей среде засорением водоемов, почвы и т. д. Уровень цен на прогнозируемом этапе является одним из главных факторов, влияющих на природоохранную стратегию. Поэтому целый ряд серий расчетов выполнен при варьировании относительных затрат в экологическую инфраструктуру в пределах 1...3. Затраты в производственную и социальную инфраструктуру приняты на основе данных СПИ. Основная часть расчетов выполнена для вариантов с замещаемым химическим производством синтез-газа. Проведена серия расчетов оценки влияния на приведенные затраты замещаемого химического производства технического углерода и серосодержащего сырья. Удельные затраты химического продукта в замещаемое химическое производство приняты по данным оптимизации теплоснабжающей системы] и Сибгипромеза. В соответствии с содержанием расчетов полная система совместно работающих программ для ЕС ЭВМ включает процедуры: определения термодинамических параметров воды и водяного пара; теплового расчета схем энерготехнологических и угольных блоков; теплового, гидравлического, аэродинамического, конструктивного и стоимостного расчетов реактора плазмотермической газификации КАУ; технико-экономического расчета энерготехнологических и угольных блоков при недетерминированной информации; перебора расчетных вариантов параметров, изменения типа и схемы энергоблоков и режимных и экологических условий их функционирования; комплексной оптимизации параметров методом нелинейного программирования. Последние две процедуры входят в управляющую программу и работают поочередно согласно заданию.

Газопарогенераторная часть, в том числе:

- парогенераторные установки,

-плазмотермические реакторные установки,

- плазмотроны,

- системы снижения производства оксидов азота,

- системы сероочистки

- оборудование очистки синтез-газа от золы,

- топливное хозяйство,

- дымовые трубы

- система золошлакоудаления и отпуска потребителю золошлаков,

транспортное хозяйство, внешние коммуникации и прочее

Рассмотрим в качестве примера один из параметров объекта оптимизации.

Выбор единичной мощности.

Разработанный алгоритм предусматривает выбор более предпочтительной (знак < ) единичной мощности при одинаковых мощности энергосистемы N и условиях Gh и при оптимальных (для каждого

варианта) параметрах, т.е.



Nh+1 более предпочтительна, чем Nh, если вероятные минимальные удельные приведенные затраты 3min(w)h+1 более предпочтительны, чем 3min(w)h , и одновременно-вероятная экологическая зона функционирования всех энергоблоков с единичной мощностью, Nh+1 энергосистемы(включая резервные установки) FТЭС(Nh+1) более предпочтительна, чем FТЭС(Nh+1).

На рис.1. приведены в зависимости

от единичной мощности показатели ППТУ с плазмотермическим реактором при 30-процентном отпуске синтез-газа потребителям. Из этих данных следует, что энергоблоки 500 и 800 МВт более предпочтительны, чем 300 МВт. В основном это обусловлено меньшим удельными капиталовложениями

Рис.1 Зависимость показателей ППТУ с плазмотермическим реактором от единичной мощности энергоблока: 1 — относительные вероятные удельные приведенные затраты (Зmin) на отпускаемую электроэнергию; 2,3 —

эксергетический КПД на отпускаемые электроэнергию и синтез-газ; 5 — структурный коэффициент (); 6 — вероятная суммарная экологическая зона функционирования энергоблоков (FТЭС), 7 — вероятные коэффициенты резерва в энергосистеме (Up) в эти энергоблоки по сравнению с энергоблоками 300МВт. Оптимальная эксергетическая и технико- экономическая (3min) эффективности энергоблоков 500 и 800 МВт, вероятная экологическая зона их функционирования практически одинаковы (с учетом доверительного интервала). Однако энергоблоки 800 МВт обеспечивают более высокие темпы ввода генерирующих мощностей.

С учетом экономико-экологической равноценности энергоблоков 500 и 800 МВт и отмеченных выше обстоятельств целесообразно принять в качестве более предпочтительного ППТУ-800 с плазмотермическим реактором.

**Заключение.**

При выполнены вероятностных системных исследований энерготехнологических блоков электростанции КАТЭКа с новыми технологиями использования угля впервые были полученные результаты системных исследований паротурбинных и парогазовых энерготехнологических блоков с плазмотермической газификацией КАУ в составе конденсационных и теплофикационных электростанций КАТЭКа, позволившие разработать и сформировать рекомендации по масштабам их применения в составе электростанций КАТЭКа и оптимальным схемам и параметрам.

Экологически перспективный энерготехнологический блок — паротурбинный мощностью 500...800 МВт на начальные параметры пара 17,5...23,5 МПа, 510...540 С (соответственно при 30..10-процентном отпуске потребителю синтез-газа) при температуре промперегрева 540 С, температуре питательной воды 270...275 С, с парогенератором на синтез-газе, с системой технического водоснабжения с сухими вентиляторными градирнями при давлении пара в конденсаторе 0,007...0,010 МПа; в технологической части — с паровым плазмотермическим реактором при температурах реакции 1480.. .1510 К, перегрева плазмообразующего пара 1010...1070 К, при степени газификации 0,82...0,84, с газоаккумуляторов 40...110 тыс.м3 (при 10... 30-процентном отпуске потребителю синтез-газа); или — парогазовый на базе оптимального паротурбинного энерготехнологического блока 500...800 МВт и газотурбинного — ГТЭ-150 со сбросом отработавших газов в топку парогенератора с дожиганием синтез-газа; для ТЭЦ — паротурбинный энерготехнологический блок 135/165...250/300 МВт на начальные параметры пара 13...17 МПа, 510 С при температуре питательной воды 200...275 С (при отпуске 0,08...0,16 млрд.м3 /год синтез-газа) и коэффициенте теплофикации 0,6..0,7, с плазмотермическим реактором в технологической части при температурах реакции 1440...1500 К, перегрева плазмообразующего пара 800...1070 К, со степенью газификации 0,72...0,86, без газоаккумуляторов.

Вероятная удельная экономия приведенных затрат от реализации на КАТЭКе экологически перспективных энерготехнологических блоков с плазмотермической газификацией КАУ, отнесенная к затратам на тонну рядового угля, составит (по сравнению с пылеугольными энергоблоками) 30...40 % Для ГРЭС и 40...50 % для ТЭЦ.

Совокупность полученных результатов составляет научную основу системных исследований многоцелевых энерготехнологических комплексов с новыми технологиями использования угля.

**Список литературы**

Ноздренко Г.В. «Эффективность применения в энергетике КАТЭКа экологически перспективных энерготехнологических блоков электростанций с новыми технологиями использования угля». НГТУ-1992,250с.

Журнал «Энергетика», №4,5/99, №8/2000, №11/2000.

Попырин Л.С. «Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок»- M.:Энергия-1978.