УДК 332.13, 338.984

НАДЕЖНОСТЬ РЕГИОНАЛЬНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА[1]

В.В. Добродей, к.э.н., доцент
зав. сектором ИЭ УрО РАН
Г.Б. Коровин, к.э.н.
с.н.с. ИЭ УрО РАН

Ключевые слова: топливно-энергетический баланс, региональная экономика, экономические прогнозы

Статья посвящена проблеме использования регионального топливно-энергетического баланса как инструмента анализа энергетического фактора в экономике. Рассматривается методология, модельный инструментарий, а также отечественный опыт формирования прогнозных балансов. Предлагается методический подход к формированию прогнозного регионального топливно-энергетического баланса и оценки его надежности.

Успехи в реализации долгосрочных региональных программ и стратегий в существенной мере зависят от выбора эффективных направлений развития территориальной инфраструктуры, основу которой составляет, наряду с транспортным, топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Качество выбранных решений определяется объективностью информации, полученной из соответствующих прогнозов. Значительные сложности проблема прогнозирования развития территорий приобретает в условиях трансформации хозяйственного комплекса. Структурные сдвиги в хозяйственных комплексах регионов определяются главным образом общими закономерностями преобразований в экономике России, но обладают существенными территориальными особенностями.

Для обоснования прогнозов развития регионального ТЭК необходимы методики и модели, корректно и достаточно полно отражающие специфические характеристики территориальных экономических систем. Необходимо надежное информационное обоснование региональной энергетической политики, стимулирующей экономический рост, отвечающей задачам прогрессивной структурной перестройки экономики, создания благоприятного предпринимательского и инвестиционного климата, обеспечения стабильных и эффективных взаимоотношений энергетики и экономики территорий, преодоления горизонтальной и вертикальной несбалан-

[1] Статья подготовлена при поддержке гранта РГНФ-Урал 08-02-83214а /У «Развитие экономико-математического инструментария для анализа проблем формирования прогнозного территориального топливно-энергетического баланса (ТЭБ)»

сированности энергопотоков и обеспечения энергетической безопасности регионов.

Топливно-энергетический баланс (ТЭБ) как инструмент анализа энергетических проблем выполнения социальных, экономических, интеграционных программ получил широкое применение. Необходимость его использования при разработке механизмов реализации программ, методов и мероприятий по их реализации определяет актуальность развития соответствующих методик и моделей. Такой подход, доказавший свою практическую значимость в странах с развитой рыночной системой, получивший локальное развитие на уровне крупных корпораций, должен быть реализован и на территориальном уровне.

Для характеристики текущего ТЭБ региона, прогноза балансов важнейших топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и оценки эффективности прогнозного ТЭБ, для оценки энергетических аспектов региональных программ и стратегий необходима структуризация общей концептуальной модели ТЭБ как основы интегрального анализа взаимосвязанных проблем развития территориального социально-экономического комплекса и энергетической инфраструктуры.

Основные методологические принципы формирования прогнозных ТЭБ направлены на корректный учет взаимодействия в системе "энергетика в экономике", причем первый этап прогноза ориентирован на оценку параметров социально-экономического развития страны и регионов, что определяет предварительные оценки перспективного спроса на ТЭР. Формирование ТЭБ предполагает непосредственные расчеты параметров первого этапа (как это принято в методике ИНЭИ РАН[1]) или использование имеющихся вариантов такого прогноза. В некоторых прикладных системах предусмотрена также оценка влияния энергетической инфраструктуры на динамику экономики территорий и страны в целом. Существующая российская практика территориальных прогнозов обычно не предусматривает формальный учет этого обратного воздействия энергетики на экономику.

Закон "О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации" от 23.06.1995г. установил порядок разработки прогнозов и программ регионального развития, в соответствии с которым ежегодными постановлениями Правительства РФ определяются основные этапы формирования прогнозных документов и состав исполнителей прогноза. Все сводные прогнозные документы основаны на прогнозах социально-экономического развития субъектов РФ, разрабатываемых по установленным показателям с обязательным согласованием сценарных условий с параметрами на уровне РФ. Показатели к сценарным условиям определяются Минэкономразвития РФ и Министерством финансов РФ и имеют агрегированный (интегральный) характер.

[1] См. материалы сайта Интернет http://www.energo21.ru/methology.

Методологические и методические аспекты прогнозов определяются организациями, которым Правительство РФ поручает разработку прогнозных документов[1]. Система регионального прогнозирования пока не получила общепризнанной методической и инструментальной базы, что приводит к несопоставимости прогнозов отдельных субъектов РФ между собой и с предварительным прогнозом Минэкономразвития РФ, не отработаны также методики согласования региональных и федерального прогнозов.

Весьма многочисленны научные разработки в области построения различных типов экономических моделей для использования в прогнозах, но их практическое применение ограничивается из-за информационных и методических проблем, а разнообразие моделей и несопоставимость эмпирических результатов затрудняют выбор прогнозного инструментария. Широкое применение в прикладных системах нашли современные модели временного ряда, которые в методическом отношении весьма совершенны. Среди наиболее известных разработок можно указать модели Хольта – Уинтерса, авторегрессии, Бокса – Дженкинса, Брауна и их модификации. Они являются мощным инструментом прогнозирования, часто используются в качестве дополнительных средств анализа сценариев, что позволяет существенно увеличить достоверность прогнозов и расширить область их применения[2], но требуют значительного объема ретроспективной информации.

Модели межотраслевого типа, как теоретические, так и прикладные, отражают материально-вещественные и финансовые взаимосвязи отраслей региона, воспроизводственные циклы и параметры принятых сценариев развития территорий[3]. Однако информационные проблемы, а также затруднения при создании моделей равновесного типа (из-за многообразия внешних взаимосвязей региона), препятствуют их применению в региональных прогнозах. Как отмечает академик Гранберг А.Г., главными трудностями в реализации региональных межотраслевых моделей являются не только неполнота и низкое качество региональной статистики, но и проблемы формирования эффективной воспроизводственной динамики, т.е. детализации сбалансированных с рыночных позиций траекторий развития экономики региона. Построение равновесных моделей основано на предположениях о наличии совершенной конкуренции, что не имеет места в современной России. Этому препятствует также открытость экономики региона, наличие основных конкурентов за его пределами, фрагментарный характер некоторых производственных процессов, имеющих завершение и извлечение конечного эффекта за пределами региона и др.

---

[1] Сводный экономический прогноз разрабатывается Минэкономразвития РФ.

[2] Развернутая характеристика современных моделей временных рядов дана, например, в книге: С. И. Шелобаев. Математические методы и модели в экономике, в финансах, в бизнесе. – М.: ЮНИТИ, 2001. С. 144 - 180.

[3] Гранберг А.Г. Динамические модели народного хозяйства. – М.: Экономика, 1995. – 430 с.

Современные модели имитационного типа, в которых экзогенные параметры задаются экспертно или в виде функций времени, являются адаптивными, их структура и содержание причинно-следственных взаимосвязей уточняются в ходе вариантных расчетов. Так определяется зависимость получаемых решений от параметров, которые не рассматриваются как эндогенные или значения этих параметров характеризуются высокой неопределенностью. Это позволяет уточнять гипотезы о тенденциях развития, учитывать неопределенность и стохастичность рыночных параметров, поэтому имитационная технология стала ведущим направлением в исследовании сложных систем на уровне регионов, экономика которых подвержена структурным и организационным изменениям[1]. Имитационные модели часто содержат блоки, включающие стохастические параметры, их использование в экономике исторически связано с методами системной динамики Дж. Форрестера[2].

Для эконометрических моделей достоверность прогноза определяется корректностью спецификации моделей, полнотой отражения временных и пространственных аспектов, специфики отраслей и видов деятельности, качеством используемой статистической информации, наличием ретроспективных и будущих структурных переломов динамики, возникновением новых перспективных факторов и изменением влияния на динамику экономических процессов факторов базового периода.

Примером региональной эконометрической модели, которая учитывает межотраслевые взаимодействия, общие параметры сценариев развития экономики страны и региона, является модель региона Филадельфии (США), разработанная в рамках Уортонской ассоциации эконометрического прогнозирования. Структура модели предусматривает экзогенные переменные на уровне народного хозяйства, региона, блоки демографической динамики, отраслевой, заработной платы и занятости, цен, доходов, инвестиций, торговли и банковского дела, органов государственного управления. Опыт применения этой модели был распространен на другие регионы. Использование подобных моделей на региональном уровне в России затруднительно из-за отсутствия информации и прикладных систем.

Практические работы по созданию и применению модельных комплексов для целей регионального прогнозирования ориентированы на задачи краткосрочного и среднесрочного прогнозов. Эти работы координируются Министерством экономического развития и торговли РФ[3]. Преимуществом современных прикладных систем прогнозирования является широкое применение информационных технологий: автоматизации коли-

---

[1] Харин Ю.С., Малюгин В.И., Кирлица В.П. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. Учеб. Пособие. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 228 с. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 558 с.

[2] Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.

[3] Методические рекомендации к разработке показателей прогнозов социально-экономического развития субъектов Российской Федерации / Мин-во экон. развития и торговли РФ. – М., 2001.

чественных расчетов, методов компьютерной имитации, диалоговых процедур проверки гипотез, автоматического формирования и использования баз данных, формирования аналитических оценок качества прогноза, гибкой настройки структуры моделей и др.

В качестве примеров такой системы можно сослаться на комплекс "Прогноз", разработанный компанией "Стерлинг Групп Прогноз"[1], основная модель которого – динамическая имитационная рекуррентного типа. Примером прикладного комплекса, схема расчетов в котором предусматривает согласование с территориальным прогнозом по РФ, является разработка ИЭиОПП СО РАН. Основная модель этой системы аналогична применяемой в комплексе "Прогноз" и содержит, кроме балансовых условий, индикаторы социально-экономического развития региона и финансовый блок, детализированный по сферам деятельности (субъектам рынка)[2].

Используемые в моделях гипотезы не всегда представляются приемлемыми, например, предположения о полной доступности (для каждого агента рынка) информации о параметрах рыночной конъюнктуры, о близости условий рынка к модели свободной конкуренции. Принимаемые сценарные значения экзогенных переменных не гарантируют получение допустимых по экономической логике решений, либо эти решения могут быть неэффективными. Итерационные процедуры получения сбалансированных региональных прогнозов (цен на продукцию и услуги с объемами конечного спроса), согласованных с федеральным прогнозом, имеют формальный характер – может существовать множество таких вариантов, и оценка близости принятого прогноза к реальным ситуациям не осуществляется.

Недостатком динамических рекуррентных моделей является отсутствие инструментальных средств задания сценарных условий. Не менее существенная проблема связана с объективностью задаваемых в сценариях экзогенных параметров и адекватности их целям развития социально-экономических систем. Примером модельного комплекса, в котором предусмотрены средства формирования сценарных условий, является система динамического сценарного анализа, разработанная в ИНП РАН[3] (модель "RIM" − Russian Interindustry Model). Структура модели разработана в рамках международного проекта "INFORUM" (Мерилендский университет, США), возглавляемого профессором К. Алмоном и не предусматривает регионального разреза.

---

[1] Ушаков А., Рязанова А., Андрианов Д. и др. Разработка прогнозов социально-экономического развития регионов с использованием комплексной имитационной модели // Рос. экон. журнал. – 2000. – №2. – С. 72 – 78.

[2] Суспицын С. Методические проблемы прогнозирования приоритетов и последствий государственной региональной политики. // Рос. экон. журнал. – 2000. – № 2. – С. 57 – 71.

[3] Серебряков Г.Р. Опыт построения динамической межотраслевой равновесной модели российской экономики // Проблемы прогнозирования, 2000, № 2.

Сбалансированные сценарии развития имеют высокую информационную значимость при разработке региональной социально-экономической политики. Региональный анализ позволяет уточнить уровень соответствия сценариев конкретным целям региона, провести их рейтинговую оценку, выявить возможные перспективные диспропорции развития, ограничительные и сдерживающие факторы, кризисные ситуации, которые затруднительно исследовать в рамках единых макромоделей.

Примером высокотехнологичной прикладной системы регионального уровня является территориальная автоматизированная информационная система "АИС-Прогноз", разработанная в департаменте экономического развития и инвестиций Администрации Самарской области[1]. В прогнозной модели широко применяются экспертные оценки и прогноз осуществляется с шагом в один год. Очевидно, что высокий уровень вариантности и автоматизации расчетов не снимает проблемы объективности экспертно подбираемых экзогенных параметров. Существующие прикладные системы регионального уровня могут эффективно использоваться только для краткосрочных горизонтов (1-3 года) – имитация построена на базе производственных функций, экстраполирует тенденции прошлого и настоящего на будущее. Такие системы не позволяют реализовать технологию выработки долгосрочных стратегий с учетом последствий их реализации.

Это проблема характерна для управления территорией, на которой осуществляются долгосрочные инвестиционные проекты. Вне компетенции прикладных систем оказывается проблема источников развития территорий по мере исчерпания невоспроизводимых природных ресурсов. Отсутствие прямого учета ограниченности ресурсов независимо от их территориального распределения сужает спектр рассматриваемых сценариев.

Современные подходы к прогнозированию территориального энергопотребления используют общую методологическую основу, но их методические и модельные разработки различаются, что приводит к расхождениям в перспективных оценках. Эмпирический фон здесь незначителен, исследования ориентированы главным образом на анализ частных вопросов энергопотребления (отдельных сфер деятельности, населения, отраслей или технологий, видов продукции, услуг).

На уровне народного хозяйства подобные расчеты, кроме уже упомянутой прикладной системы ИНЭИ РАН, проведены в ИНП РАН по модели RIM[2]. Комплексное исследование проблем развития энергетики России на долгосрочную перспективу, предпринятое в рамках некоторых прикладных систем, основывалось на чрезмерно оптимистических гипотезах,

[1] Цыбатов В.А., Дубровин Д.В. Методы, модели и системы прогнозирования регионального развития. – Самара: Изд-во Самарской государственной экономической академии, 2003. – 246 с.

[2] Шанин С.А. Влияние энергосберегающей политики на темпы развития отраслей материального производства. (на примере электроэнергетики) // Проблемы прогнозирования. 2004. № 6. Шанин С.А. Экономическая оценка влияния НТП на потенциал энергосбережения в отраслях народного хозяйства // Сборник научных трудов ИНП РАН. − М.: МАКС Пресс, 2003.

и этот вывод обусловлен не только текущим кризисом мировой экономики. Предусмотренные в сценариях темпы роста ВВП (8% – 10% в 2011 – 2020 гг.) представлялись завышенными и в докризисный период[1]. Очевидна необходимость введения временного лага в результаты расчетов.

Вхождение России в ВТО и высокий уровень конкуренции высокотехнологичной продукции на мировом рынке предопределяют сильный дрейф российской экономики в сторону сохранения за Россией роли топливно-сырьевой базы. Предполагаемое в прогнозах сокращение доли добывающих отраслей в ВВП к 2025 г. на 30% вряд ли возможно как результат воздействия факторов рыночной эффективности. В лучшем случае это будет результатом реализации государственных инновационных проектов, в худшем - следствием истощения природных ресурсов и соответствующего снижения объемов производства в сырьевых отраслях. При высоких темпах экономического роста проблема ресурсных ограничений на уровне отдельных регионов России может существенно обостриться, и ТЭР становятся стратегическим ограничителем, определяющим территориальное развитие.

Поэтому даже с коммерческих позиций необходимо сдерживание объемов производства и экспорта нефти и газа, учитывая тенденцию роста стоимостной оценки первичных не возобновляемых ресурсов[2]. Долгосрочный прогноз динамики производства нефти и газа оценивается около 2% в год, и для достижения 7%-8% годового экономического роста неизбежно сокращение экспорта ТЭР даже при самых оптимистических гипотезах снижения энергоемкости уже в среднесрочной перспективе.

По-видимому, наиболее амбициозной и гибкой системой прогноза регионального энергопотребления следует признать АИС-ТЭБ, разработанную ОАО «Волгаинформсеть» совместно с Департаментом экономического развития и инвестиций Администрации Самарской области[3].

Основной продукт системы АИС-ТЭБ – регулярно составляемый отчетный и прогнозный ТЭБ. Предполагается, что использование АИС-ТЭБ обеспечит оптимизацию территориально-производственной структуры ТЭК и регулирование процессов ценообразования на региональном рынке ТЭР, оптимизацию расходов регионального бюджета на оплату потребностей объектов социальной сферы в топливе и энергии. Очевидно, что для реализации этих целей необходимо, чтобы прогноз ТЭБ осуществлялся на долгосрочную перспективу и, следовательно, опирался на долгосрочный прогноз социально-экономического развития территории, что не обеспечивается применением указанной ранее системы АИС-Прогноз. Предусмат-

[1] Экономическое, социальное и политическое пространство России в глобализирующемся мире. Отчет о выполнении исследований том IV. Программа фундаментальных исследований Отделения общественных наук РАН. – М., 2003.

[2] Ивантер В.В., Кузык Б.Н. Будущее России: инерционное развитие или инновационный прорыв? – М.: Институт экономических стратегий, 2005. – 144 с.

[3] http://www.vis.ru/site/tais.nsf/wpages1/010701

риваемый учет инвестиционной, налоговой и ценовой политики предполагает оценку динамики цен на энергоресурсы, объемов их платежеспособного спроса по потребителям. Решение этой проблемы на региональном уровне связано со значительными трудностями, как и исследование доступности различных видов топлива. Остаются открытыми также вопросы согласования прогнозного ТЭБ региона в рамках ТЭБ РФ, а также учета параметров периодически разрабатываемых электробалансов региона и РФ.

Кроме того, экспертные характеристики субъектов региона в сфере энергопотребления не должны противоречить действующим правилам принятия балансовых решений на уровне регионов и РФ. Как эти вопросы учтены в АИС-ТЭБ − неизвестно, отсутствует также информация о конкретных расчетах. Действующая на законодательной основе модель разработки регионального электробаланса ориентирована на максимальный учет фактических данных[1]. Применение этой информации в разработке прогнозных ТЭБ региона необходимо для согласования и мониторинга получаемых показателей. Использование данных электробаланса на уровне субъектов РФ увеличивает их соответствие (сопряженность) с общим ТЭБ России, так как территориальные электробалансы на предстоящий год согласованы в рамках сводного электробаланса РФ. Надежность электробаланса обеспечивается строгой регламентацией процедур оценки текущего спроса на электроэнергию, учета ближайших изменений в его структуре, оценки наилучших с системных позиций вариантов его удовлетворения.

Перспективы развития методологии ТЭБ связаны с поиском форм и методов более адекватного учета ресурсного фактора и его динамики, оценки эффективности различных сценариев распределения ограниченных ТЭР с учетом платежеспособного спроса, а также с разработкой показателей надежности прогнозных ТЭБ. В инструментальной поддержке процедур формирования сценариев необходима ориентация на современные варианты общемировых прогнозов развития ТЭК, включая все их важнейшие аспекты – технологические, финансовые, социально-политические, экологические и др.

На региональном уровне решающим фактором при выборе конкретных форм модели ТЭБ стало наличие ретроспективных данных, отражающих параметры воспроизводственных процессов. Развитие моделей регионального ТЭБ в направлении учета натуральных и стоимостных показателей принципиально увеличивает уровень технологичности расчетов и расширяет возможности их эффективного практического использования. Необходимо рассмотрение долгосрочных сценариев, в которых предусмотрены параметры энергоэффективности и энергоемкости.

[1] Приказ Федеральной службы по тарифам от 4 сентября 2007 г. N 225-э/4 "Об утверждении порядка формирования сводного прогнозного баланса производства и поставок электрической энергии (мощности) в рамках единой энергетической системы России по субъектам Российской федерации"

Используемые при формировании прогнозных ТЭБ Свердловской области методы в совокупности представляют комплексный подход, основанный на модифицированном методе экстраполяции, учитывающем особенности информационной базы и, прежде всего, доступность показателей долгосрочных планов крупнейших потребителей. Применялись экспертные оценки корпоративных специалистов и различные типы регрессионных моделей. Анализ показателей крупных и долгосрочных проектов получил отражение в Схеме развития и размещения производительных сил Свердловской области на период до 2015 года (Схема-2015)[1]. Показатели инновационного сценария Схемы-2015, смещенные во времени, соответствуют инвестиционному сценарию стратегии социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 г[2]. Материалы Схемы-2015 использовались для формирования сценарных объемов производства продукции (работ, услуг), и, с учетом изменений энергоемкости продукции, для определения сценарного спроса на ТЭР. Кроме этого, учитывались пропорции и динамика энергопотребления области за период 2001 – 2005 гг. из ретроспективных ТЭБ. Последовательность расчетов при использовании методики Минпромэнерго с ориентацией на прогнозные показатели Схемы 2015 отражена на рисунке 1.

Эмпирические исследования показали, что применение методики Минпромэнерго представляется наиболее приемлемым подходом для регионального уровня с позиций информационной обеспеченности прогнозов. Структура видов продукции (агрегатов) и отраслей отражена в таблице 1. Однако необходим поиск возможностей дальнейшей детализации некоторых направлений распределения ТЭР. Использованную модель ТЭБ можно отнести к типу полудинамических балансовых моделей. Возможность оптимизация баланса зависит от взаимозаменяемости видов ТЭР у потребителей, изменений в приходной части ТЭБ, в технологии использования ТЭР и производстве продукции и др.

Потребности в ТЭР по видам продукции на рассматриваемый год прогноза определяются следующими соотношениями.

$$y_{it} = y_i^{баз} q_{it},\ i \in \overline{1,m};\ t \in \{2010;\ 2015\} \qquad (1)$$

$\boldsymbol{y_i^{баз}}$, $\boldsymbol{y_{it}}$ – объемы продукции базового и прогнозного года; $\boldsymbol{q_{it}}$ – сценарные индексы изменения объемов к базовому году; $\boldsymbol{t}$ – прогнозный год. Спрос на электроэнергию, теплоэнергию и топливо в базовом году

$$A_{i1}^{баз} = a_{i1}^{баз} y_i^{баз},\ A_{i2}^{баз} = a_{i2}^{баз} y_i^{баз},\ A_{if}^{баз} = a_{if}^{баз} y_i^{баз}; \qquad (2)$$

[1] Схемы развития и размещения производительных сил Свердловской области (до 2015 года) / Правительство Свердловской области, Министерство экономики и труда Свердловской области, Том 3. Отраслевой раздел. – Правительство Свердловской области, Министерство экономики и труда Свердловской области, 2001. – 231 с.

[2] Постановление Правительства Свердловской области от 27.08.2008 №873-ПП "О стратегии социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года" // Собрание законодательства Свердловской области, 30.10.2008, № 8-1 (2008), ст. 1274.

Структура спроса на топливо и ее базовые пропорции

$$A_{ij}^{баз} = a_{ij}^{баз} y_i^{баз},\ \lambda_{ij} = \frac{A_{ij}^{баз}}{A_{if}^{баз}};\ j \in \overline{3,n};\ i \in \overline{1,m}; \qquad (3)$$

Перспективная энергоемкость продукции

$$a_{i1t} = a_{i1}^{баз} r_{i1t},\ a_{i1t} = a_{i2}^{баз} r_{i2t}, a_{ift} = a_{if}^{баз} r_{ift}, i \in \overline{1,m};\ t \in \{2010; 2015\} \qquad (4)$$

Сценарный спрос на ТЭР по видам продукции и его детализация

$$A_{i1t} = a_{i1t} y_{it},\ A_{i2t} = a_{i2t} y_{it}; A_{ift} = a_{ift} y_{it}; A_{ijt} = a_{ijt} y_{it} = A_{ift} \lambda_{ij};$$
$$j \in \overline{3,n}; i \in \overline{1,m};\ t \in \{2010;2015\} \qquad (5)$$



Рисунок 1 - Последовательность расчета вариантов ТЭБ

Ограничиваясь рассмотрением фрагмента ТЭБ, который отражает распределение ТЭР, можно сформулировать оптимизационную задачу для оценки рациональной структуры источников топлива в приходной части модели. В перспективе возможны замещения газа углем, включение в баланс новых источников (например, Печорских и Канско-Ачинских углей), и изменения в структуре потребления местных ТЭР.

Таблица 1 - Виды продукции (работ, услуг) и отрасли, учитываемые в расчетах ТЭБ

№ п/п	Виды продукции
1	Электроэнергия, выработанная электростанциями, работающими на котельно-печном топливе (без БАЭС), тыс. кВтч
2	Теплоэнергия, выработанная электростанциями (без БАЭС), Гкал
3	Теплоэнергия, выработанная промышленно-производственными и районными котельными, Гкал
4	Агломерат железорудный и марганцевый, т
5	Окатыши железорудные, т
6	Чугун, т, Доменное дутье (при t=20 С и Р=1,4, Обогрев кауперов, литье чугунное
7	Сталь мартеновская, т
8	Сталь кислородно-конвертерная (без учета кислорода), т
9	Электросталь, т
10	Электроферросплавы, т
11	Прокат черных металлов (включая поковки из слитков), т
12	Трубы стальные, т
13	Руда железная товарная (обогащение и производство концентрата), т
14	Алюминий первичный (вкл. глинозем), т
15	Медь рафинированная, т
16	Медь черновая, т
17	Добыча угля, (0211+0212), т
18	Кокс 6% влажности, (коксохимическое производство), т
19	Огнеупорные изделия, т
20	Кислород, тыс. куб м
21	Сжатый воздух (при t=20 С и Р=1,4 атм), тыс. куб. м,
22	Клинкер, т
23	Цемент, т
24	Заготовка и первичная переработка древесины, тыс. куб. м
25	Сушка пиломатериалов, куб. м
26	Целлюлоза - всего, т.
27	Бумага, т.
28	Картон, т.
29	Ткани шерстяные, тыс. кв. м
30	Мясо (включая субпродукты 1 категории), т.
31	Хлеб и хлебобулочные изделия, т.
32	Транспортировка газа по магистральным газопроводам, млн.куб.м/км
33	Электротяга поездов железных дорог МПС, производственные и эксплуатационные нужды ЖД электротранспорта, 10 тыс ткм брут
34	Работа тепловозов и дизельпоездов МПС и Работа тепловозов промышленного железнодорожного транспорта, 10 тыс. ткм брут
35	Авиатранспорт, пассажирооборот, тыс. пассажиро-км
36	Грузовой автомобильный транспорт (грузооборот),тыс. т-км
37	Пассажирский автомобильный транспорт (пассажирооборот), тыс. пассажиро-км
38	Коммунально-бытовое потребление, чел.
39	Отпущено населению, ЖФ, тыс. кв. м
40	Подъем и подача воды (исключая коммунально-бытовые нужды), тыс. куб. м
41	Очистка сточных вод, тыс. куб. м
42	Перекачка воды для мелиорации и водоснабжения, тыс. куб. м
43	Отопление теплиц, кв. м
44	Прочее потребление, усл. ед.

Выделяя из общего спроса A_{ijt} группы взаимозаменяемых ТЭР, задачу упрощенно можно представить соотношениями (6) – (10). Ограничения

на объемы поставляемого топлива: x_{ijt} – объемы поставок; D_{jt} – суммарные ограничения на поставки по видам ТЭР.

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ijt} \le D_{jt},\ j \in \overline{3,n};\ i \in \overline{1,m}; \tag{6}$$

R_{kit} – потребность в полезном топливе по группе kit взаимозаменяемых ТЭР; $kit \in L_{it}$, λ_{ijt} – коэффициент полезного использования;

$$\sum_{j \in kit} \lambda_{ijt} x_{ijt} \ge R_{kit},\ i \in \overline{1,m}; \tag{7}$$

потребность в полезном топливе R_{ijt} на ТЭР, не относящиеся к взаимозаменяемым

$$\lambda_{ijt} x_{ijt} \ge R_{ijt},\ i \in \overline{1,m};\ j \in \overline{3,n};\ j \notin kit \tag{8}$$

ограничения на структуру взаимозаменяемого топлива

$$\lambda_{ijt} x_{ijt} \ge \delta_{ijt} R_{kit},\ i \in \overline{1,m};\ j \in ki, kit \in L_{it} \tag{9}$$

Основной критерий в модели – суммарные топливные затраты потребителей в прогнозных ценах, включающие издержки на покупку C_{ijt} и использование топлива b_{ijt}

$$\sum_{\substack{t=\overline{tádàç} \\ i \in \overline{3,n}}}^{T} (C_{ijt} + b_{ijt}) x_{ijt} \to \min \tag{10}$$

В критерии (10) дисконтирование денежных потоков представляется спорным в силу значимости его социальной составляющей.

Структурная сложность модели ТЭБ определяется не только проблемами оценки перспективного спроса на ТЭР, но также их прогнозным распределением по направлениям. Объемы источников ТЭР определяются по статьям "Остаток на начало года", "Произведено на территории", "Поступило со стороны" и разделятся на группы:

1. "Природное топливо" (нефть, газ природный, угли, дрова, торф и др.), обозначение X_1;

2. "Электроэнергия"; обозначение X_2;

3. "Теплоэнергия", обозначение X_3.

4. "Продукты переработки в другие виды топлива" (кокс металлургический, мазут, бензин, керосин, газ сжиженный и коксовый и др.), обозначение X_4;

5. "Природные энергетические ресурсы" (атомная энергетика – электроэнергия и тепловая энергия, гидроэнергия), обозначение $XAЭ$, XAT ;

6. "Горючие побочные энергоресурсы" (газ доменный, газ ферросплавный и др.), обозначение $X_{поб}$.

Распределение ТЭР определяется по статьям (i – индекс группы ресурсов, i =1, 2, 3, 4, $AЭ$, AT, $поб$):

Распределение ТЭР определяется по статьям (***i*** – индекс группы ресурсов, ***i*** =1, 2, 3, 4, ***АЭ***, ***АТ***, ***поб***):

1. На переработку в электро- и теплоэнергию – в создание объемов X_2, X_3; распределение X_{i2}, X_{i3};

2. На переработку в другие виды топлива (кокс, дизтопливо и т.п.) – в создание объемов X_4; распределение X_{i4};

3. Непосредственно в качестве топлива или энергии – распределение $X_{iн}$;

4. Прочее потребление – распределение X_{inp};

5. Потери – Y_n;

6. Вывоз за пределы области – $Y_в$;

7. Остаток на конец года – $Y_{ост}$.

Сумму статей 5 – 7 обозначим через Z, распределение X_{iz}.

Агрегированные балансовые связи отдельных групп ТЭР.

Баланс первичного (природного) топлива (X_1).

Используем обозначения:

X_{12}, X_{13}, X_{14} , $X_{1н}$, $X_{1пр}$, X_{1Z} – распределение природного топлива (X_1) по соответствующим направлениям; $X_{1пр}$ – прочее потребление; X_{1Z} – сумма распределения по статьям 5 – 7.

$$X_1 = X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{1н} + X_{1пр} + X_{1z} \qquad (11)$$

Баланс электроэнергии (X_2):

$$X_2 = k_{12}X_{12} + k_{42}X_{42} + X_{АЭ} + X_{2S} = X_{23} + X_{2н} + X_{2пр} + X_{2z} \qquad (12)$$

здесь k_{12} , k_{42} – интегральные коэффициенты преобразования природного и переработанного топлива в электроэнергию; X_{2S} – объем электроэнергии, поступившей со стороны. Величина X_{23} (преобразование в теплоэнергию) незначительна, существенны прочее потребление и потери.

Баланс теплоэнергии (X_3):

$$X_3 = k_{13}X_{13} + k_{23}X_{23} + k_{43}X_{43} + X_{АТ} = X_{3н} + X_{3пр} + X_{3z} \qquad (13)$$

k_{13}, k_{43}, k_{23} – интегральные коэффициенты преобразования соответственно топлива и электроэнергии в теплоэнергию. Существенны и весьма разнообразны потери (X_{3z}) и прочее потребление тепла ($X_{3пр}$).

Необходимо различать продукты собственной переработки и поставки со стороны (обозначим через X_{4s}). На преобразование в электро- и теплоэнергию (X_{42} и X_{43}) идет в значительной доле мазут и несущественно коксовый газ. На дальнейшую переработку идет в небольших объемах (X_{44}) газ коксовый; основное использование этой группы – непосредственно в качестве топлива или энергии (весь кокс, существенно мазут, дизтопливо, керосин, газ сжиженный и т.п.). Значительна также доля прочего потребления у некоторых видов – бензин, газ сжиженный, дизтопливо и др. К этой группе ресурсов относятся также побочные горючие продукты – доменный, колошниковый, ферросплавный газы, используемые практически полностью в соответствующих производствах (обозначение $X_{поб}$). k_{14} – интегральный коэффициент преобразования природного топлива.

$$X_4 + X_{поб} = k_{14}X_{14} + X_{4s} + X_{поб} = X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{4н} + \\ + X_{4пр} + X_{4z} + X_{поб\ н} \qquad (14)$$

Таким образом, распределяемые объемы электро- и теплоэнергии учитывают ресурсы X_{42} и X_{43} .

Надежность основных показателей качества ТЭБ – энергоемкости ВРП и продукции крупнейших потребителей (энергетики, металлургии, населения), динамики энергосбережения и др. зависит не только от достоверности используемой информации, но и от объективности применяемого прогнозного инструментария. Наиболее существенным параметром, который непосредственно влияет на все основные показатели ТЭБ, является прогноз спроса на ТЭР.

Показатели надежности (риска) в анализе ТЭБ обычно не исследовались, но в последнее время значительное внимание уделяется более широкой постановке проблемы – оценке энергобезопасности территорий. Исследование этой проблемы связано с оценкой доступности необходимых ресурсов (источников) ТЭР на рассматриваемый перспективный период с учетом их взаимозаменяемости. В рамках такой постановки варианты ТЭБ могут рассматриваться как инструмент, уточняющий пропорции спроса и конкретизирующий пороговые значения показателей энергобезопасности.

С методических позиций представляется целесообразным обобщенный вероятностный анализ показателей спроса, который основывается на характеристиках используемых сценариев – инерционного и сценария роста. Фактически рассмотрение двух крайних сценариев представляет собой экспертно-аналитический интервальный прогноз. Наделение параметров этого прогноза субъективными вероятностями их реализации является нестрогим применением положений математической статистики. Однако определение размаха вариации прогнозируемых показателей и вероятности их попадания в определенные диапазоны сценарного интервала – актуальная проблема для многих приложений. На основе практического опыта разработаны методики экспертного прогнозирования, позволяющие оценивать статистическое распределение прогнозируемых показателей[1].

Исходные стохастические параметры модели спроса на ТЭР – сценарные показатели объемов продукции (работ, услуг) и ее энергоемкости. Таким образом, объемы спроса на электроэнергию, топливо и теплоэнергию являются результатом парного произведения стохастических параметров. Наиболее часто применяемое предположение, что распределения прогнозируемых величин близки к нормальному, в действительности требует достаточного объема статистической информации для проверки этой гипотезы. При отсутствии возможностей использовать соответствующие тесты

[1] Е.М. Четыркин, Е.З. Демиденко. Анализ на проблемных сетях. – М.: Институт мировой экономики и международных отношений, Т. 1, 2, 1982.

обычно осуществляется анализ для двух "крайних" форм распределения – нормального и равномерного, и сопоставляются полученные результаты[1].

Предполагаем, что сценарные значения стохастических параметров распределены нормально и определяют диапазоны возможных их значений (и, следовательно, размах вариации), в которых с вероятностью близкой к единице окажутся фактические значения соответствующих характеристик – объемов производства продукции (работ, услуг) и ее энергоемкости. Тогда по доверительной вероятности ω можно обычным образом оценить диапазон прогнозных значений конкретного стохастического показателя и наоборот[2]. Аналогичный анализ может быть осуществлен в том случае, если стохастический параметр ξ является результатом суммирования k независимых случайных величин с нормальным законом распределения. Такой анализ полезен в случае агрегирования показателей.

Например, k видов продукции образуют агрегированный показатель, для которого рассчитываются прогнозные показатели энергоемкости. Тогда агрегированная случайная величина – объем продукции ξ_0 будет представлять сумму случайных составляющих ξ_i, $i = 1, 2,\ldots,k$. Диапазон возможных значений суммы определяется в зависимости от заданной доверительной вероятности соотношением $M_0 \pm z\sigma_0$, где z – нормированное отклонение от среднего. Однако следует учесть, что между слагаемыми может наблюдаться существенная корреляционная зависимость, причем для расчета коэффициентов корреляции отсутствует необходимая информация. В этом случае целесообразно воспользоваться приближенными оценками[3]. Границы диапазона значений для суммы ξ_0 и среднее значение определятся как суммы соответствующих характеристик слагаемых:

$$\underline{\xi}_0 = \sum_i \underline{\xi}_i,\ \overline{\xi}_0 = \sum_i \overline{\xi}_i \qquad (15)$$

Вероятности реализации прогнозных интервалов для каждого слагаемого $P[\underline{\xi}_i \le \xi_i \le \overline{\xi}_i]$ должны быть больше, чем заданная доверительная вероятность для суммы P_0 и определятся из соотношений:

$$P_0 = \prod_{i=1}^{k} P_i,\ P_i = \sqrt[k]{P_0},\ i = \overline{1,k} \qquad (16)$$

Используемая методика оценки спроса на ТЭР предусматривает парные произведения стохастических параметров: качественная характеристика (энергоемкость продукции) умножается на объемы выпуска. Предполагается, что для каждого сомножителя определен прогнозный диапазон

---

[1] Этот подход позволяет получить некоторые представления о размерах возможной методической погрешности анализа.

[2] Например, с вероятностью $\omega = 0{,}95$ стохастический параметр ξ находится в диапазоне $M(\xi) \pm 1{,}96\sigma$, и вероятности $(1-\omega) = 0{,}05$ соответствует возможная ошибка прогнозного интервала $\varepsilon = \pm 1{,}04\sigma$, а вероятность попадания параметра ξ в интервал $[\xi_1; \xi_2]$ из диапазона $M(\xi) \pm 3\sigma$ рассчитывается с помощью приложения "Анализ данных" MS Excel.

[3] Четыркин Е.М. Финансовый анализ производственных инвестиций. – М.: Дело, 2001. – 256с.

и спрос на ТЭР определяется не непосредственно, а на основе прогноза сомножителей. Используя известную взаимосвязь математического ожидания и дисперсии случайной величины можно рассчитать дисперсию произведения двух случайных величин. Например, для определения спроса на электроэнергию $A_{iIt} = a_{iIt} y_{it}$ дисперсия определится из соотношения:

$$D_A = D_a D_y + M_a^2 D_y + M_y^2 D_a \qquad (17)$$

Возможным способом расчета дисперсии произведения стохастических параметров, имеющих нормальное распределение, является также имитация с использованием встроенного в MS Excel генератора случайных чисел. Генерация достаточного объема значений случайных сомножителей и применения инструмента "Описательная статистика" позволяют оценить характеристики распределения.

Наиболее простой, и, соответственно, наименее строгий подход основан на предположении, что сценарные диапазоны суммарного спроса $\underline{B}_j \le B_j \le \overline{B}_j,\ j = \overline{1,m}$ на отдельные, существенные по их доле в ТЭБ, виды топлива, тепло и электроэнергию, охватывают с вероятностью близкой к единице возможные объемы фактического спроса B_j . Кроме этого, распределения объемов спроса B_j как случайных величин близки к нормальному типу. В этих предположениях типовые процедуры вероятностного анализа позволяют построить функциональную зависимость

$$F(B_j^*) = P[B_j \le B_j^*],\ j = \overline{1,m} \qquad (18)$$

Соотношение (18) позволяет дать приближенную оценку верхней границы спроса при заданной его вероятности (и наоборот). Как следствие определяются вероятностные характеристики относительных (удельных) показателей. Более строгий подход предусматривает рассмотрение сценарных показателей для объемов производства и энергоемкости продукции каждого вида как исходных стохастических параметров. При известных средних значениях и дисперсии вероятностные характеристики спроса на ТЭР могут оцениваться последовательно в соответствии с процедурами формирования ТЭБ. На этой основе могут анализироваться показатели:

- объемов спроса на ТЭР по видам продукции (работ, услуг);
- суммарного спроса на топливо, тепло и электроэнергию;
- суммарного спроса на отдельные виды топлива (газ, уголь и др.);
- суммарного спроса на ТЭР населения и коммунально-бытового хозяйства, электроэнергетики, металлургии и других крупнейших групп потребителей.

Комплексная оценка надежности прогнозного ТЭБ может осуществляться на основе стохастических моделей. Для этого виды продукции необходимо агрегировать таким образом, чтобы объемы производства и усредненные энергоемкости можно было рассматривать как независимые случайные величины. В предположении их нормального распределения и

заданного (сценарного) размаха вариации становятся доступными методы оценки надежности отдельных балансовых условий ТЭБ и модели в целом.

Этот подход можно проиллюстрировать на примере преобразованной модели (6) – (10). Для упрощения рассуждений полагаем, что распределения случайных параметров близки к нормальному типу (это относится и к параметру λ_{ijt}), соотношения модели преобразованы к неравенствам вида "≤", а функция цели – на максимум эффекта (снижения топливных затрат). Можно определить два взаимосвязанных детерминированных эквивалента (***Q*** и ***R***) порождаемой стохастической модели, используя классическую форму записи задач математического программирования (МП). Модели ***Q*** и ***R*** являются производными от общей формы Р-моделей, по-видимому, впервые предложенной Чарнесом А. и Купером В[1] для задач с вероятностными ограничениями.

Для анализа ТЭБ наибольшие возможности дает применение Р-модели, в которой рандомизированы не только ограничения, но и функция цели. Из этой общей постановки могут быть получены частные варианты. Используем Р-модель вида (19) – (20),

$$P(\sum_{j=1}^{n} C_j X_j \geq F_0) \geq \alpha_0 \rightarrow \max \qquad (19)$$

$$P\left[\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i\right] \geq \alpha_i, x_j \geq 0, i = \overline{1,m}; j = \overline{1,n} \qquad (20)$$

где F_0 – фиксированное (приемлемое) значение функции цели, α_0, α_i. – вероятности выполнения условий модели. Детерминированный эквивалент ограничений имеет "типовой" вид (21) для всех Р-моделей

$$\sum_{j=1}^{n} M[a_{ij}]\, x_j + t(\alpha_i)\sqrt{\sigma_{ij}^2 \overline{x_j}^2 + \sigma_i^2} \leq M[b_i], \quad x_j \geq 0, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n} \qquad (21)$$

σ_{ij}^2, σ_i^2 – дисперсия параметров a_{ij} и b_i соответственно; $t(\alpha_0)$ – функция обратного стандартного нормального распределения. Очевидно, однократное применение критерия максимизации вероятности α_0 с информационных позиций является недостаточным – заранее невозможно определить непротиворечивое и рациональное соотношение F_0 и α_0.

Введем в рассмотрение альтернативный ("зеркальный") критерий и, соответственно, ***R***-модель:

$$F_0 \rightarrow max \qquad (22)$$

при дополнительном условии

$$P(\sum_{j=1}^{n} C_j X_j \geq F_0) \geq \alpha_0 \qquad (23)$$

[1] Charnes A., Cooper W. Deterministic equivalents for optimizing and satisfying under chance constraints. Oper. Res., 1963. v. 11, № 1, p. 18 − 39.

и ограничениях (21); α_0 – заданная вероятность выполнения условия (23), параметр F_0 оптимизируется. Условие (23) заменяем детерминированным эквивалентом (24), где $\overline{C}_j$, σ_j^2 – математическое ожидание (среднее значение) и дисперсия коэффициентов функции цели.

$$\sum_{j=1}^{n}\overline{C}_j X_j \ge F_0 + t(\alpha_0)\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sigma_j^2 X_j^2} \qquad (24)$$

Условия (22), (24), (21) преобразуем к форме, в которой критерий явным образом зависит от управляемых переменных. Из (24) следует, что критерий (22) эквивалентен условию (25), следовательно, ***R***-модель определяется формулами (25), (21).

$$\sum_{j=1}^{n}\overline{C}_j X_j - t(\alpha_0)\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sigma_j^2 X_j^2} \to \max \qquad (25)$$

Критерий ***Q***-модели также преобразуется к форме явной зависимости от управляемых переменных. Используя детерминированный эквивалент ***Q***-модели, получим соотношения (26).

$$\boldsymbol{\alpha_0 \to max,}\ \sum_{j=1}^{n}\overline{C}_j X_j \ge F_0 + t(\alpha_0)\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sigma_j^2 X_j^2} \qquad (26)$$

С ростом α_0 функция $t(\alpha_0)$ возрастает строго монотонно и максимальному значению α_0 соответствует максимальное значение $t(\alpha_0)$. Следовательно, ***Q***-модель определяется известными формулами (27), (21).

$$\frac{\sum_{j=1}^{n}\overline{C}_j X_j - F_0}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sigma_j^2 X_j^2}} \to \max \qquad (27)$$

Исследование ТЭБ на основе Р-моделей существенно усложняет расчеты, но обеспечивает дополнительные возможности анализа стохастичности. Целесообразен вариантный анализ влияния стохастичности условий на получаемый прогноз. В рамках рассматриваемой задачи это позволяет построить эмпирическую зависимость эффекта от уровня неопределенности условий и требований к его надежности. Важным результатом расчетов является оценка необходимых резервов ресурсов $Z_i = t(\alpha_i)\sqrt{\sigma_{ij}^2 \overline{x_j}^2 + \sigma_i^2}$, ***i = 1, 2, …, m***, которые предотвращают снижение суммарного эффекта с заданной вероятностью α_i.

В вариантных расчетах изменяются показатели вариации K_j, K_{ij}, K_i, $i = \overline{1,m}$; $j = \overline{1,n}$, характеризующие неопределенность критерия, элементов матрицы основных ограничений модели, объемов доступных ресурсов, нижняя граница эффекта F_0, а также требования к надежности α_0, α_i.

Совместное использование ***Q***- и ***R***-моделей для вариантных расчетов обеспечивает построение эффективного компромисса по схеме "суммар-

ный эффект ↔ вероятность (надежность)", и такой подход аналогичен известным подходам финансового (например, портфельного) анализа. В схему расчетов в качестве предварительного шага полезно включить оценку верхней грани возможных значений параметра $\boldsymbol{F_0 = F_{supr}}$[1].

Рассмотрим иллюстративную Р-модель, вытекающую из линейной детерминированной модели МП, параметры которой рассматриваются как математические ожидания соответствующих случайных величин.

$$
\begin{aligned}
& F = 60\,X_1 + 70\,X_2 + 120\,X_3 + 130\,X_4 \Rightarrow \max \\
& X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \le 16 \\
& 6X_1 + 5X_2 + 4X_3 + 3X_4 \le 110 \\
& 4X_1 + 6X_2 + 10X_3 + 13X_4 \le 100 \\
& X_j \ge 0;\ j = \overline{1,4}
\end{aligned}
\qquad (28)
$$

В расчетах использованы для $\boldsymbol{i = 1, 2, 3, j = 1,2,\ldots,4}$ единые коэффициенты вариации $\boldsymbol{K_j}$, $\boldsymbol{K_{ij}}$, $\boldsymbol{K_i}$ соответственно стохастических параметров $\boldsymbol{c_j}$, элементов матрицы ограничений $\boldsymbol{a_{ij}}$,объемов доступных ресурсов $\boldsymbol{b_i}$, единый уровень вероятности $\boldsymbol{\alpha_i}$ выполнения ограничений по ресурсам. Указанные упрощения не снижают общности предлагаемой схемы расчетов и получаемых выводов. Применены значения $\boldsymbol{\alpha_0}$ = 0,8**;** $\boldsymbol{\alpha_i}$ = 0,85**;** коэффициентов вариации $\boldsymbol{K_j}$ = 0,1 и $\boldsymbol{K_{ij}} = \boldsymbol{K_i}$ = 0,15; рассматривается также вариантное изменение этих параметров. Условная интерпретация ресурсов – "мощности", "сырьё", "финансовые". Детерминированный эквивалент основных ограничений после оптимизации показан в таблице 2, где символ $\boldsymbol{w}$ обозначает радикал в формуле (21). В таблице 3 показаны используемые параметры и результаты расчета по альтернативным моделям.

Таблица 2 Состояние ресурсных ограничений в точке компромисса

Ресурсы	$\sigma_{ij}^2 x_j^2$				Сумма	σ_i^2	W	$t[\alpha_i]W$	левая часть	M[b]
мощности	1,51	0,00	0,53	0,00	2,04	5,76	2,79	2,90	16,00	16
сырьё	54,45	0,00	8,52	0,00	62,97	272,2	18,31	18,98	87,75	110
финансовые	24,20	0,00	53,24	0,01	77,44	225	17,39	18,02	100,00	100

Таблица 3 Параметры формирования компромисса

α_i	0,85	Максимум вероятности α_0 достижения $F \ge F_0$ при заданном F_0 = 1010,0	
$t[\alpha_i]$	1,036	Граница левого хвоста распределения $t[\alpha_0]$	0,9308
		Максимальное значение вероятности α_0	0,8240
		Максимум F_0 при заданной вероятности α_0 = 0,8240	1010,0

Приведенные в таблицах значения показателей иллюстрируют вариант совпадения результатов количественных расчетов при использовании альтернативных критериев, аналогично тому, как это имеет место, например, в одноиндексной модели У. М. Шарпа для формирования эффектив-

[1] Для количественного расчета $\boldsymbol{F_{supr}}$ достаточно установить в ***Q***-модели, например, коэффициенты вариации случайных параметров равными нулю, либо параметры $\boldsymbol{\alpha_0}$ и $\boldsymbol{\alpha_i}$ равными 0,5; $\boldsymbol{i=1, 2, \ldots, m}$.

ного портфеля ценных бумаг[1]. Причина такого совпадения очевидна – значение F_0 , равное 1010, при заданных коэффициентах вариации удовлетворяет одновременно следующим условиям:

- максимум вероятности α_0 достижения $F \geq F_0$ при заданном F_0 = 1010 равен α_0 = 0,8240;
- максимум F_0 при заданной вероятности α_0 = 0,8240 равен F_0 = 1010.

Такой результат является следствием взаимно однозначного соответствия критериальных показателей Q- и R-моделей, одним из способов контроля корректности расчетов, и признаком эффективности получаемых компромиссных решений. Можно показать, что любому фиксированному сочетанию значений K_j, K_i, K_{ij} , α_i , $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{1,n}$ соответствует множество пар сопряженных значений (F_0^*, α_0^*), которые, принадлежат кривой эффективного компромисса θ "суммарный эффект ↔ вероятность эффекта", или, по сути тоже самое, кривой Ψ эффективных решений "эффект ↔ риск", если риск рассматривать как вероятность потери эффекта. Действительно, с ростом α_0^* строго монотонно снижаются риск и значение F_0^*, и наоборот[2]. На рисунке 2 показана кривая Ψ, полученная заданием последовательности допустимых значений дохода F_0 и расчета соответствующих значений риска (1- α_0^*), так что образуются пары (F_0^*,1- α_0^*).

Определенные затруднения в практической реализации P-моделей связаны с выбором рациональной последовательности расчетов. В общем случае произвольные сочетания параметров K_j, K_i, K_{ij} , α_i , $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{1,n}$, F_0, α_0 могут быть недопустимы либо соответствовать неэффективным решениям. Применение ***R***- и ***Q***-моделей позволяет исключить из рассмотрения неэффективные компромиссные решения и снизить общую трудоемкость анализа. Общую схему анализа стохастичности следует структурировать таким образом, чтобы выявить совместное влияние случайных параметров. Ограничиваемся рассмотрением двух иллюстративных примеров: оценка совместного влияния параметров α_i, α_0 на суммарный эффект (рисунок 3); оценка зависимости эффекта от совокупного влияния требований к вероятности его достижения α_0 и коэффициентов вариации функции цели K_j (рисунок 4 и 5).

Полученный результат соответствует выводам относительно эффективности формируемых решений. Сечения поверхности $F_0(\alpha_i, \alpha_0)$ плоскостями, параллельными плоскости (F_0, α_0), дает кривые эффективного компромисса (F_0^*, α_0^*), что отражено на рисунках 4 и 5.

---

[1] Уильям Ф. Шарп, Гордон ДЖ. Александер, Джеффри В. Бэйли. Инвестиции. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 1024 с.

[2] Из взаимно однозначного соответствия получаемых сопряженных пар значений (F_0^*, α_0^*) вовсе не следует единственности образующего их решения x_j^*, j = 1, 2, …, n. Совокупность таких решений для всех пар (F_0^*, α_0^*) образует эффективное множество решений X^* (не улучшаемых решений).

Значительное число работ, направленных на определение достаточных условий выпуклости детерминированных эквивалентов, позволило расширить список распределений, для которых обеспечиваются формальные условия достижения глобального экстремума[1], включая, кроме нормального распределения, такие широко используемые, как равномерное и гамма-распределение, экспоненциальное распределение и распределение Вейбулла. В этих случаях имеются принципиальные возможности формирования эффективных вычислительных процедур.

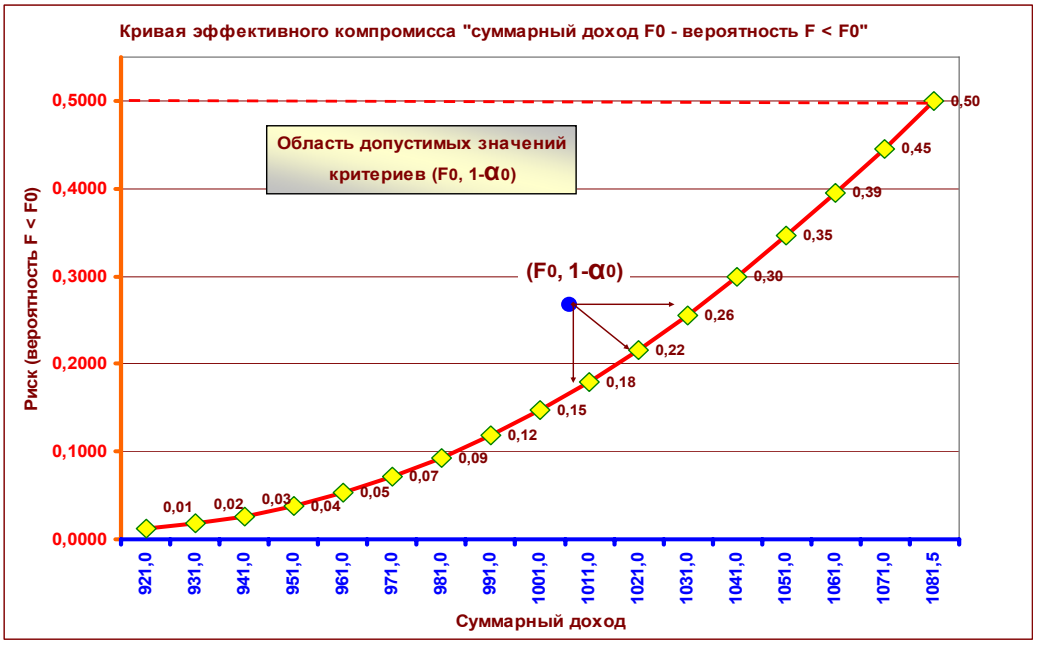


Рисунок 2 - Кривая эффективного компромисса "доход – риск".

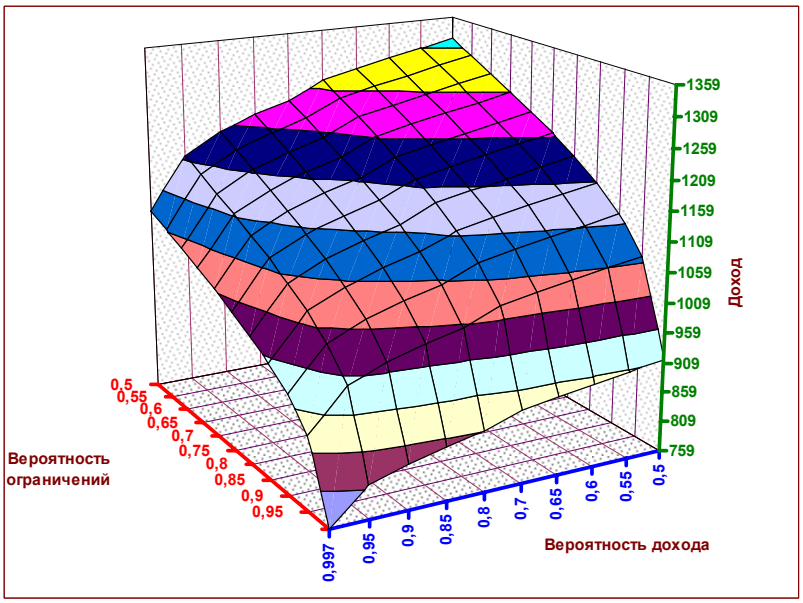


Рисунок 3 - Влияние требований надежности на гарантированный доход.

[1] Юдин Д.Б., Юдин А.Д. Экстремальные модели в экономике. – М.: Экономика, 1979. – 288 с.

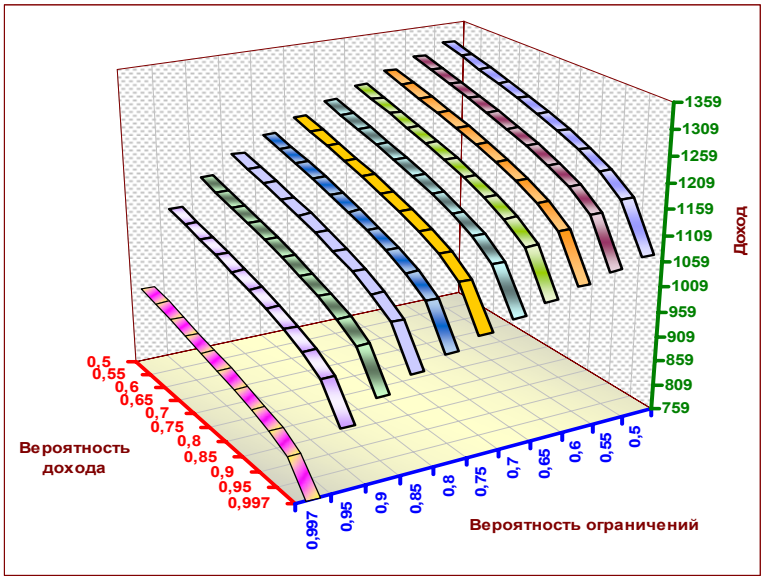


Рисунок 4 - Кривые эффективного компромисса "доход − вероятность дохода" в зависимости от требований к выполнению ограничений.

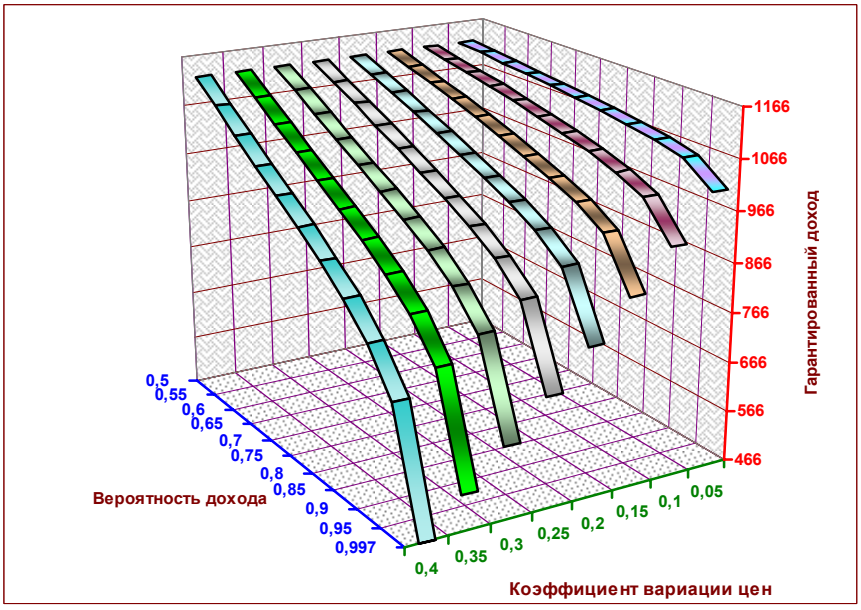


Рисунок 5 - Кривые эффективного компромисса "доход − вероятность дохода" в зависимости от коэффициентов вариации функции цели.

Имеющийся опыт практических расчетов по формированию отчетных ТЭБ Свердловской области и эмпирический анализ вариантов прогнозного ТЭБ выявили ряд проблем при обосновании перспективных показателей. Значительное влияние на объективность прогноза оказывает выбор методов учета неопределенности важнейших параметров ТЭБ и исследования в этом направлении должны быть продолжены. На данный момент имеются фактические ТЭБ Свердловской области за 2001-2006 гг., а также прогнозные проработки до 2015 г. В качестве дальнейших задач предполагается по имеющейся информации, с учетом новых данных кризисного пе-

риода 2008-2009 гг., оценить интервальные характеристики прогнозного ТЭБ на перспективу.