

**О ПРИМЕНЕНИИ ЕДИНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОНОМИКИ НА УРОВНЕ
СТРАНЫ И ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ**

Агафонов Глеб Владимирович

К.т.н., старший научный сотрудник, научный сотрудник,
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: gleb@isem.irk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты апробации нового подхода к моделированию взаимосвязей между энергетикой и экономикой, основанного на использовании теории систем при выполнении долгосрочного прогнозирования национальной экономики России. Автор описывает модель, дает схему взаимосвязей, уточняет последовательность модельных расчетов и делится опытом разработки модели на основе агрегированного представления национальной экономики России. Также оцениваются возможности использования разработанного подхода к моделированию экономики отдельных регионов и территорий и формулируются требования к исходным статистическим данным, необходимым для построения моделей.

Ключевые слова: теория систем, хозяйственный комплекс (ХК), прогнозные показатели, валовый выпуск, инвестиционная политика.

Цитирование: Агафонов Г.В. О применении единой динамической модели для прогнозирования развития энергетики и экономики на уровне страны и отдельных регионов // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 2 (14). С. 101–111. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-2-09

Введение. Важным инструментом в системе управления хозяйственным комплексом (ХК) является прогноз экономического развития страны и отдельных регионов. Существуют достаточно много методических подходов для разработки прогнозов, различающихся, во-первых, горизонтом прогнозирования, а во-вторых, приемами и методами прогнозных расчетов, включающих как формирование моделей, так и выполнение самих этих расчетов [6–10]. Необходимо отметить, что большинство известных подходов основано на использовании систем моделей, основным недостатком которых является субъективное отделение «экономики» от «отраслевых систем» [7–9]. Подобное деление приводит к неизбежному разрыву объективно существующих взаимосвязей между моделируемыми экономическими системами и в конечном итоге - к неполноте учета их реальных взаимосвязей. Это особенно важно при прогнозировании развития «систем энергетики» (отраслей топливно-энергетического комплекса - ТЭК), поскольку связи с ТЭК пронизывают все отрасли ХК. В данной статье автором рассматривается возможность использования для целей долгосрочного прогнозирования взаимосвязанного развития экономики и энергетики на базе подхода, изложенного в [11]. Этот подход основывается на формировании последовательности состояний ХК как макроскопической динамической линейной распределенной системы с одной степенью свободы. Модели, построенные в рамках этого

подхода, характеризуются системной взаимозависимостью большинства прогнозируемых показателей, причем все эти показатели рассчитываются совместно в рамках одной общей модели, а не системы моделей.

1. Исходные методические предпосылки. Долгосрочное прогнозирование – первая стадия системных исследований и обоснования перспектив развития энергетики, предваряющая разработку Энергетической стратегии России. В настоящее время такое прогнозирование выполняется посредством использования комплексов разного рода экономико-математических моделей и последующей увязке их решений в ходе итерационных расчетов. Подробный и содержательный обзор таких методов прогнозирования приводится в работе Кононова Ю.Д. [7, стр. 29-41]. Существенным недостатком такого подхода являются его громоздкость, трудоемкость практической реализации и довольно ограниченный горизонт прогнозирования - 15-25 лет. Даже при современном уровне развития вычислительных средств и наличии современных информационных технологий, которые дают возможность создавать комплексы моделей любой сложности, а также осуществлять автоматизацию расчетов на таких комплексах (что весьма сложно и трудно реализуемо), остается проблема отладки информационного взаимодействия таких комплексов моделей.

Представляется необходимым поиск иных подходов, при которых многомодельный комплекс удалось бы заменить единой моделью. В такой модели на каждом временном шаге должен рассчитываться широкий набор прогнозируемых показателей в их системном взаимодействии между собой, и эти рассчитанные значения должны быть исходными данными для следующего временного шага. Элементы такого подхода уже присутствовали в ряде работ, выполнявшихся в ИСЭМ [1–5].

В теории систем широко используется подход, позволяющий прогнозировать последовательность состояний динамических систем с помощью так называемого «уравнения перехода», связывающего значения переменных, описывающих объект в его предшествующем и текущем состоянии. Как показано в работе [11], ХК с его отраслями и регионами может быть отождествлен с одним из простейших, хорошо изученных объектов теории систем, а именно линейной макроскопической распределенной динамической системой с одной степенью свободы. Прогнозируя последовательность состояний такой системы, мы очевидным образом получаем последовательность состояний описываемого ею ХК.

Высокая степень взаимообусловленности прогнозируемых показателей существенно упрощает и саму процедуру прогнозирования, которая сводится к заданию исследователем инвестиций в каждую из моделируемых отраслей. Этот выбор распределения инвестиций между отраслями осуществляется с учетом тех или иных содержательных условий и ограничений, которые зависят от конкретных постановок содержательных задач. Перечисленные особенности позволяют оперативно подготавливать и реализовывать на модели множество разных имитационных расчетов с одновременной интерпретацией получаемых результатов.

С точки зрения описания связей между «экономикой и энергетикой» не требуется как-то «по-особому» организовывать их внутримодельное взаимодействие, потому что в макроскопической модели все отрасли (энергетические, неэнергетические – и вообще какие бы то ни было) совершенно равноправны, описываются одними и теми же уравнениями и,

лишь в зависимости от конкретно решаемой содержательной задачи, мы можем объединять уже полученные на очередном шаге прогнозные показатели отраслей в те или иные, нужные нам, агрегаты. Следует отметить, что на саму вычислительную процедуру прогнозирования такой «содержательный выбор» никак не влияет.

Макроскопический подход означает, что моделируемая система складывается из большого числа подобных ей неделимых «элементарных подсистем». В нашем случае роль такой элементарной подсистемы выполняет j -я отрасль (вид экономической деятельности) k -го региона ХК. Выполняя прогнозные расчеты валовых выпусков и всех видов затрат для каждой такой подсистемы, мы можем на каждом шаге получать прогнозные значения этих показателей для любой интересующей нас части ХК: как выделенной нами по территориально-региональному признаку, так и по содержательно-отраслевому.

2. Параметрическая идентификация и использование модели. Для формирования модели необходима предварительная работа по ее параметрической идентификации (подробнее см. в [11]) на основе имеющихся ретроспективных данных объекта, т. е. рассчитываются численные значения приростных инвестиционных отдач (ПИО), а также затратно-емкостей валовых выпусков отраслей.

В соответствии с формулировкой модели [11] объект моделирования описывается в ежегодной динамике следующими показателями:

- объём инвестиций;
- валовый выпуск.

Помимо этих показателей для формирования модели требуется комплекс всех видов удельных затрат, рассчитываемых по ретроспективным данным: общие, материальные и энергетические затраты на производство продукции, а также ретроспективные данные счетов производства.

Важнейшим и наиболее ответственным этапом при формировании модели и проведении расчетов является задание инвестиционных политик (задаваемых условий, сценариев развития). На уровне страны может рассматриваться множество сценариев долгосрочного развития экономики, различающихся, прежде всего, стратегическими целями, в частности - темпами роста валового внутреннего продукта (ВВП), а также величиной и распределением инвестиций в основной капитал по отраслям.

Для региона наряду с вышеупомянутыми стратегическими целями множество инвестиционных политик может быть дополнено детальным рассмотрением отдельных территорий: ТПК, кластеров и т.п. с выделением в них отдельных отраслей и видов деятельности (к примеру - отраслей энергетики, отраслей, обеспечивающих инновационное развитие территорий, крупных инфраструктурных проектов и т.п.) и соответственно задаваемых условий (сценариев) развития объектов ХК и ТЭК. Вместе с тем, модель предполагает широкое варьирование и других инвестиционных политик, которые могут определяться различными целями, как-то: экспортной ориентацией, расширением (сворачиванием) объемов производства в зависимости от ожидаемого появления новых технологий, складывающегося спроса и т.п. Заметим, что способ математического описания ввода новых технологий в отрасли детально изложен в [11].

Модель настраивается на задаваемые исследователем показатели, а расчеты на модели позволяют получить, наряду с прогнозом валового выпуска, целый комплекс выходных и расчетных прогнозных показателей:

- добавленную стоимость (ДС), которая рассчитывается как разность между валовым выпуском и материальными затратами, являясь важнейшей составной частью ВВП;
- валовую прибыль (рассчитывается как разность между валовым выпуском и общими затратами);
- затраты на топливо, электро- и теплоэнергию, а также их натуральное потребление (включая и оценки конечного потребления);
- оценку фонда заработной платы и численности занятых;
- показатели топливо-энергоёмкости ВВП и другие производные показатели.

Переход от стоимостных показателей к натуральным осуществляется посредством расчета цепочки индексов затрат с последующей подстановкой в качестве начального значения показателя натурального потребления соответствующего ресурса (а не его стоимостного эквивалента затрат, который использовался для расчета индексов).

Важно отметить, что доля вклада по видам деятельности и отдельным отраслям в валовый выпуск и в ВВП, а, следовательно, и во все остальные показатели ХК, не остаётся постоянной, потому что распределение ежегодных инвестиций между ними выбирается исследователем в зависимости от рассматриваемой политики. В силу этого отраслевая структура валового выпуска (а значит и ВВП, а также всех видов затрат – в том числе топливно-энергетических) будет получаться различной.

Полученные вышеописанным путём оценки показателей (т.е. валовых выпусков, затрат по их видам, добавленных стоимостей и валовых прибылей), скорее всего, будут иметь грубо-приближённый характер, т.е. проверочные расчеты ретроспективы могут дать отклонения от фактических данных на десятки процентов. Это объясняется очень высокой дисперсией (мерой рассеяния) практически всех статистически идентифицируемых удельных величин, которые, вместе с тем, не являются функциями времени (доверительные интервалы для коэффициентов корреляции содержат нулевую точку).

Некоторое повышение качества прогноза может быть достигнуто посредством агрегирования (суммирования) уже рассчитанных прогнозных показателей по какому-нибудь одному из номенклатурных признаков: «тип» (принадлежность к определённому виду деятельности), либо «месторасположение» (принадлежность к определённому региону). При суммировании по «типам» мы получим прогнозные показатели регионов (но уже без подразделения регионов на отдельные отрасли), при суммировании по «месторасположениям» – прогнозные показатели отраслей (но уже без подразделения отраслей на отдельные регионы).

Такое агрегирование носит вынужденный характер, оно приводит к потере мнимой «детализации» прогноза, но зато обеспечивается взаимная компенсация погрешностей при суммировании большого количества разнонаправленно искаженных величин. Расчеты подтверждают, что агрегированные прогнозные показатели лучше согласуются с фактическими данными, чем их отдельные не агрегированные составляющие.

Необходимо подчеркнуть, что агрегирование должно проводиться именно на завершающем этапе прогнозных расчетов, т.е. уже после получения «детализированной» прогнозной информации (но никак не на этапе предварительного расчета исходных удельных величин). Иначе рассчитываемые таким образом удельные величины окажутся зависящими от ежегодно меняющейся структуры отраслей и не будут пригодны для долгосрочного прогноза.

3. Возможные объекты моделирования и требования к исходной статистической информации. Важнейшим моментом, влияющим на степень трудоемкости формирования и работы с моделью ХК, является степень ее детализации, т.е. количество тех рассматриваемых подсистем ХК (далее – объектов модели), из которых складывается ХК в целом, как всей страны в целом (РФ), так и в случае отдельно взятого региона. В качестве таких объектов можно рассматривать: виды экономической деятельности в номенклатуре ОКВЭД с разной степенью их агрегации, отдельные отрасли и подотрасли в двухбуквенной номенклатуре ОКВЭД, а также государственные инновационные программы, особенно в области энергетики, крупные инвестиционные проекты и т.п. Определяющими моментами при выборе степени детализации объектов моделирования являются, во-первых, поставленные цели исследования и решаемые при этом задачи, а во-вторых, наличие исходной информации по этим объектам.

В качестве конкретного тестового объекта моделирования был взят хозяйственный комплекс Российской Федерации (ХК РФ), так как только для него удалось найти статистическую отчетность, охватывающую во всей совокупности все необходимые показатели для первичной идентификации параметров модели. При наличии аналогичной статистической отчетности по регионам России можно выполнить расчеты и для отдельно взятых регионов.

Источниками исходной статистической информации являлись имеющиеся в наличии сборники Госкомстата «Национальные счета России», «Инвестиции в России» и «Структура и основные показатели деятельности Хозяйствующих субъектов». Однако для использования вышеперечисленной информации требуются ее дополнительные преобразования, связанные с итерационным пересчетом вертикальных и горизонтальных невязок, возникающих при совмещении данных из разных сборников (посредством наложения структур), поскольку в первых двух сборниках представлена информация по полному кругу предприятий, а в третьем - только по крупным и средним. Получаемую в результате такого пересчета совмещенную отчетную форму можно охарактеризовать как «объединенный счет производства и образования доходов с детализированной номенклатурой промежуточного потребления и сведениями о получаемых инвестициях» (рис. 1).

Наименования видов деятельности	Инвестиции в основной капитал	Выпуск в основных ценах	в том числе											валовая добавленная стоимость	в том числе			
			промежуточное потребление (материальные затраты)	в том числе											оплата труда наемных работников	другие чистые налоги на производство	валовая прибыль экономики и валовые смешанные доходы	
				Электротреб-nergия	Теплоэнергия	Другие виды энергии	Уголь	Нефтепродукты	Газ	Другие виды топлива	Газ на отопление и нужды	Сырье и материалы	Прочие материальные затраты					
1																		
2																		
...																		
7																		
Всего																		

Рис. 1. Фрагмент совмещенной отчетной формы

Одной из дополнительных проблем, связанных с исходными данными, является частичное несовпадение представленной номенклатуры отраслей в отчетных данных трех сборников (инвестиций, валовых выпусков и затрат на производство) – что также затрудняет идентификацию параметров модели.

Это не только значительно затруднило работу над первичной исходной информацией, но главное – существенно ограничивало возможность максимальной детализации номенклатуры видов деятельности, что важно для полноты описания модели. По этой причине в качестве моделируемых объектов из рассмотрения исключался ряд таких видов деятельности, которые по своему содержательному смыслу тесно связаны с энергетикой и их наличие в модели было бы крайне желательно. Однако приходилось рассматривать их лишь в агрегированном виде в составе укрупненных видов деятельности.

Кроме этого, для окончательного перехода от расчетных стоимостных показателей ТЭР к натуральным требовалась информация по их конечному потреблению в детальной номенклатуре. В Российском статистическом ежегоднике (РСЕ) последних лет такая информация имеется в Балансах энергоресурсов, однако, лишь с расшифровкой только двух укрупненных видов экономической деятельности по ОКВЭД – **С**- добыча полезных ископаемых и **Д** - обрабатывающие производства, а большинство остальных видов представлены в агрегированном виде одной строкой. Учитывая трудоемкость процедуры первичной идентификации параметров модели ХК РФ, а также исходя из требований компактности экспериментальной модели было принято решение о формировании и апробации ее только по 7 агрегированным видам деятельности (табл. 1).

Таблица 1. Агрегирование видов экономической деятельности (ВД)

Номер ВД	Коды ВД	Наименование видов деятельности
1	Разделы (А+В)	СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ОХОТА И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, РЫБОЛОВСТВО, РЫБОВОДСТВО
2	Раздел С	ДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
3	Раздел D	ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ПРОИЗВОДСТВА
4	Раздел E	ПРОИЗВОДСТВО И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ГАЗА И ВОДЫ
5	Раздел F	СТРОИТЕЛЬСТВО
6	Раздел I	ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ
7	Разделы (G+H+J+K+L+M+N+O+P)	ПРОЧИЕ ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4. Апробация модели. После определения перечня объектов и расчета для них необходимых показателей формировалась и сама модель в виде цепочки рекуррентных зависимостей. На этой модели ХК РФ была проведена серия расчетов по ее апробации, целью которой были: проверка работоспособности модели, предварительная оценка ее возможностей и формулировка требований к необходимой для ее формирования исходной статистической информации. Процесс формирования модели и реализация расчетов осуществлялись следующим образом. На основе имеющегося официального макропрогноза экономики страны задается какой-либо из сценариев перспективного ее развития в форме показателей темпов роста ВВП для ХК РФ в целом, а также для каждого из 7 видов деятельности. Исходя из стратегических целей сценария, путем задания темпов инвестирования каждого объекта в отдельности формируется динамика распределения

общих инвестиций между рассматриваемыми объектами ХК и рассчитываются валовые выпуски по каждому объекту с выведением их на заданные параметры сценария. Инвестиции выбирались так, чтобы обеспечить заданные темпы роста ВДС.

Затем, с помощью нормативных коэффициентов, предварительно рассчитанных по ретроспективным данным, вычисляются все виды затрат на этот выпуск: общих затрат, затрат трудовых ресурсов, материальных затрат с выделением каждого из используемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), в данном примере это - 4 вида топлива и 3 вида энергии (рис. 2). Рассчитанные по каждому объекту в отдельности они затем суммируются, формируя итоговые показатели по ХК в целом. По полученным стоимостным характеристикам для каждого объекта и по каждому виду затрат (в частности 7 видов ТЭР), рассчитываются ежегодные индексы физического объема затрат.

Далее осуществляется переход от показателей в стоимостном измерении к натуральным. Расчет основывается на допущении о совпадении индексов физического объема материальных затрат с индексами физического объема потребления, что вполне допустимо в рамках неопределенности используемой в модели информации. Необходимо отметить, что здесь имеются как минимум три источника неопределенности прогноза: 1) неопределенность удельных величин, оценки которых получены по ретроспективным данным; 2) неопределенность будущих инвестиционных сценариев; 3) неопределенность времени начала и продолжительности периодов переходов рассматриваемых объектов на новые технологии. Первый и третий вид неопределенности могут быть частично устранены посредством детализации многовариантных прогнозных расчетов, а второй - путем привлечения математических методов оценки меры рассеяния идентифицированных удельных показателей и всех прогнозных величин, получаемых с их участием.

Для перехода к натуральным показателям берется начальное значение потребляемого ресурса (вида ТЭР, численности занятых и т.п.) и с помощью цепочки ежегодных индексов рассчитываются физические объемы их потребления в натуральных единицах измерения на любой из рассматриваемых периодов, в частности, до 2050 года. В результате получаются и показатели конечного потребления ТЭР.

Изменение соотношения между видами потребляемых ТЭР в ХК осуществляется моделью автоматически за счет изменений в структуре инвестиций, а значит, и в структуре соответствующих энергопотребляющих объектов. Напомним, что доля вклада по видам деятельности и отдельным отраслям в валовый выпуск (а, следовательно, и во все остальные показатели ХК) не остаются постоянными, потому что распределение ежегодных инвестиций между ними может варьироваться в зависимости от рассматриваемой политики различными темпами и соответственно - их объемами. Соответственно и структура отраслей будет получаться различной.

На этом примере были отлажены и апробированы различные варианты формирования показателей исходной информации:

- расчеты ПИО и удельных затрат различными способами, в частности, с использованием просто средних значений, или скользящей средней с различным охватом ретроспективы;
- задание различными способами инвестирования – по долям от прироста общих инвестиций, индивидуальными темпами инвестирования, а также варьированием темпов инвестирования по годам, отдельным интересующим периодам и т.п.

В таблицах 2 и 3 представлены результаты расчета по модели ХК РФ в сравнении с результатами расчетов по 5-летним периодам, взятыми из работы [8, стр. 175 и 183] – прогноз по 7 видам деятельности на 2050 год, данные валовых выпусков продукции и потребления электрической энергии.

Таблица 2. Динамика роста производства по видам деятельности к 2010 г., %

Вид деятельности	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2050 г.
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	110/0,95	121/0,82	132/0,85	145/0,88	160/0,9	211/1
Добыча полезных ископаемых	102/0,96	104/0,95	106/0,96	108/0,97	110/0,97	117/1
Обрабатывающие производства	118/1,08	139/0,93	164/0,91	194/0,9	230/0,91	380/1
Производство и распределение электроэнергии, газа, воды	106/1,05	113/0,97	120/0,95	127/0,94	135/0,93	160/1
Строительство	123/1,1	152/0,9	187/0,85	230/0,8	283/0,82	523/1
Транспорт и связь	116/1,09	134/0,97	154/0,95	177/0,94	204/0,94	306/1
Прочие	121/1,08	146/0,98	176/0,96	213/0,94	256/0,94	446/1
Всего по экономике	117/1,08	138/0,95	162/0,93	191/0,91	226/0,92	374/1

Примечание: в числителе - расчет по модели в %, в знаменателе - в долях единицы к прогнозу из [8]

Таблица 3. Динамика потребления электроэнергии рассчитанная на модели

	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2050 г.
Потребление электроэнергии, млрд кВт·ч	1114	1215	1326	1445	1573	2000
В долях единицы к прогнозу из [8]	1,014	0,999	0,993	1,032	1,002	1,000

Как следует из приведенных данных, отклонение полученных результатов не превышает 30 %, что вполне приемлемо, учитывая дальность горизонта прогнозирования.

Заключение. Апробация на примере ХК РФ показала, что полученные значения вышеприведенного комплекса показателей вполне удовлетворительно согласуются с аналогичными прогнозными значениями, приведенными в [8, стр. 175 и 183].

Достоинство предлагаемого подхода состоит в том, что модели, которые могут быть построены вышеописанным образом, обладают необходимой степенью системной взаимосвязанности и «балансовой непротиворечивости» – что вытекает из самого принципа их построения («всё зависит от всего»). Независимо от приоритетов, задаваемых той или иной конкретной постановкой задачи, в результате прогнозных расчетов получается большинство системно взаимосвязанных социально-экономических показателей. Важно также отметить, что этот же круг показателей традиционно отражается и в сборниках, издаваемых статистическими органами.

Существенным недостатком описанной реализации модели ХК РФ (но не самого модельного подхода) является то, что рассчитанные затратные характеристики в ряде подотраслей (объектов модели) не учитывают те энергоресурсы, которые используются в качестве сырья и материалов. Это связано с тем, что в имевшихся в нашем распоряжении показателях затрат были представлены лишь энергозатраты на конечное потребление. Другими словами – для полного учета потребления всех ТЭР (на преобразование в другие виды топлива и энергии, на нетопливную продукцию и на нетопливные нужды) необходима взаимно-сопоставимая детализация видов деятельности и видов затрат, то есть данная

экспериментальная модель с агрегированием в 7 видов деятельности позволяет получать прогноз ТЭР лишь в части их конечного потребления в рамках рассматриваемого ХК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов Г.В., Кузьмин Ю.Н., Цапах А.С. Технология прогнозирования энергетики и экономики региона с помощью замкнутых моделей // Труды Всероссийской конференции «Математические и информационные технологии в энергетике, экономике, экологии». Часть 1. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2003. С. 22–29.
2. Агафонов Г.В., Цапах А.С. Развитие подходов к долгосрочному прогнозированию энергетики и экономики // Труды XVIII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть 1. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2013. С. 65–70.
3. Корнеев А.Г., Агафонов Г.В., Цапах А.С. Применение рекуррентной имитационной модели для прогнозирования энергетики и экономики региона при разработке региональных энергетических программ // Труды Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии». Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2004. С. 53–62.
4. Корнеев А.Г., Агафонов Г.В., Цапах А.С. Моделирование и учет связей экономики и энергетики при прогнозировании социально-экономического развития региона // Пространственная экономика. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН. 2005. № 2. С. 80–92.
5. Корнеев А.Г., Агафонов Г.В., Цапах А.С. Моделирование связей экономики и энергетики и оценка социально-экономических последствий от реализации энергетических стратегий и проектов в регионе // Изв. РАН. Энергетика. 2006. №3. С. 127–133.
6. Кононов Ю.Д. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики / Ю.Д. Кононов, Е.В. Гальперова, Д.Ю. Кононов. Новосибирск: Наука. 2009. 178 с.
7. Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. Новосибирск: Наука. 2015. 147 с.
8. Макаров А.А. Системные исследования развития энергетики: курс лекций. М.: Издательский дом МЭИ. 2015. 280 с.
9. Методы и модели разработки региональных энергетических программ / Б.Г. Санеев, А.Д. Соколов, Г.В. Агафонов и др. Новосибирск: Наука. 2009. 178 с.
10. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ / ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука. 2010. С. 418–429.
11. Цапах А.С. Прогнозирование последовательности состояний хозяйственного комплекса как динамической линейной распределенной макроскопической системы с одной степенью свободы // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. Т. 7. № 3. С. 65–70. DOI: 10.21285/2227-2917-2017-3-65-70

THE APPLICATION OF SINGLE DYNAMIC MODEL TO FORECAST ENERGY AND ECONOMIC DEVELOPMENT AT THE NATIONAL AND REGIONAL LEVELS

Gleb V. Agafonov

PhD., Senior Researcher

Melentiev Energy Systems Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: gleb@isem.irk.ru

Abstract. The paper presents the testing results of a new approach to the modeling of interrelations between energy industry and economy with the use of the theory of systems in long-term forecasting of Russia's national economy. The authors briefly describe the model, give a scheme of interrelations, specify the sequence of model calculations, and share the experience of the model development based on the aggregate representation of Russia's national economy. The main results of the model testing concern the efficiency of the model. Also, the possibilities of using the developed approach to the modeling of the economies of certain regions and territories are assessed, and the requirements for the initial statistical data necessary for the construction of the models are formulated.

Keywords: the theory of systems, economic complexes, forecast indicators, Gross Domestic Product, investment policy

References

1. Agafonov G.V., Kuzmin Yu.N., Tsapakh A.S. Tehnologiya prognozirovaniya energetiki i ekonomiki regiona s pomoshyu zamknutih modelei [A technology for forecasting the regional energy sector and economy using closed models] // Proceedings of the All-Russian Conference "Mathematical and Information Technologies in the Energy, Economy, Ecology". Part 1. Irkutsk: ESI SB RAS. 2003. Pp. 22–29. (in Russian)
2. Agafonov G.V., Tsapakh A.S. Razvitie podhodov k dolgosrochnomu prognozirovaniyu energetiki i ekonomiki [Development of approaches to long-term forecasting of energy and the economy] // Proceedings of the XVIII Baikal All-Russian Conference "Information and Mathematical Technologies in Science and Management." Part 1. Irkutsk: ESI SB RAS. 2013. Pp. 65–70. (in Russian)
3. Korneev A.G., Agafonov G.V., Tsapakh A.S. Primenenie rekurentnoi imitacionnoi modeli dlya prognozirovaniya energetiki i ekonomiki regiona pri razrabotke regionalnih energeticheskikh program [Application of a recurrent simulation model for forecasting the regional energy sector and the economy to develop regional energy programs] // Proceedings of the Baikal All-Russian Conference "Information and Mathematical Technologies". Irkutsk: ESI SB RAS. 2004. Pp. 53–62. (in Russian)

4. Korneev A.G., Agafonov G.V., Tsapakh A.S. Modelirovanie i uchet svyazei ekonomiki i energetiki pri prognozirovanii socialno-ekonomicheskogo razvitiya regiona [Modeling and considering the relationship between the economy and the energy sector when forecasting the socio-economic development of the region] // Spatial Economics. Khabarovsk: ERI FEB RAS. 2005. No 2. Pp. 80–92. (in Russian)
5. Korneev A.G., Agafonov G.V., Tsapakh A.S. Modelirovanie svyazei ekonomiki i energetiki i ochenka socialno-ekonomicheskikh posledstviy ot realizatsii energeticheskikh strategii i proektov v regione [Modeling the relationship between the economy and the energy sector and assessing the socio-economic implications of energy strategies and projects in the region] // Proceedings of RAS. Power Engineering. 2006. No 3. Pp. 127–133. (in Russian)
6. Kononov Yu.D. Metodi i modeli prognoznih issledovaniy vzaimosvyazei energetiki i ekonomiki / U.D. Kononov, E.V. Galperova, D.U. Kononov [Methods and models for predictive studies of the relationship between the energy sector and the economy] / Yu.D. Kononov, E.V. Galperova, D.Yu. Kononov. Novosibirsk: Nauka. 2009. 178 p. (in Russian)
7. Kononov U.D. Puti povisheniya obosnovannosti dolgosrochnih prognozov razvitiya TEK [Ways to increase the validity of long-term energy development forecasts]. Novosibirsk. Nauka. 2015. 147 p. (in Russian)
8. Makarov A.A. Sistemnie issledovaniya razvitiya energetiki: kurs lektsii [Systems studies of energy development: a course of lectures]. M.: Izdatelskii dom MEI. 2015. 280 p. (in Russian)
9. Metodi i modeli razrabotki regionalnih energeticheskikh program / B.G. Saneev, A.D. Sokolov, G.V. Agafonov i dr. [Methods and models for the development of regional energy programs] / B.G. Saneev, A.D. Sokolov, G.V. Agafonov et al. Novosibirsk. Nauka = Science. 2003. Pp. 42–55. (in Russian)
10. Sistemnie issledovaniya v energetike: Retrospektiva nauchnih napravlenii SEI-ISEM / red. N.I. Voropai [Systems studies in the energy sector: A retrospective view of scientific areas of SEI-ESI] /ed. by N.I. Voropai. Novosibirsk. Nauka = Science. 2010. Pp. 418–429. (in Russian)
11. Tsapakh A.S. Prognozirovaniye posledovatelnosti sostoyaniy hozyastvennogo kompleksa kak dinamicheskoi lineinoi raspredelennoi makroskopicheskoi sistemi s odnoi stepenyu svobody [Forecast of the state flow in a household complex as a dynamic linear distributed macroscopic system with one level of freedom // Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate. 2017. vol. 7. No 3. Pp. 65–70. DOI: 10.21285/2227-2917-2017-3-65-70 (in Russian)