

Имитационное моделирование бюджетных процессов

План выступления:

1. Краткий (но долгожданный) обзор литературы.
2. Общая схема модели бюджета
3. Прогнозирование взносов на социальное страхование
4. Среднесрочный прогноз основных показателей бюджета

Цель магистерской диссертации: построение имитационной балансово-эконометрической модели бюджетной системы Российской Федерации, пригодной для среднесрочного сценарного прогнозирования.

Решаемые задачи:

- ✓ Изучение и анализ общей литературы по теме имитационного моделирования;
- ✓ Анализ существующих имитационных моделей экономики и определение основных принципов моделирования бюджетной сферы в указанных моделях;
- ✓ Системный анализ бюджета, составление логической схемы модели, выделение основных компонентов, входных и выходных переменных модели;
- ✓ Подготовка статистической базы для моделирования;
- ✓ Построение модели;
- ✓ Интеграция модели бюджета в общую модель ЦМАКП;
- ✓ Сценарное прогнозирование на основе построенной модели.

1. Обзор литературы

Классификация моделей экономики страны

		Методология моделирования		
		CGE- модели	Гибридные модели: CGEM + эконометрика	Макроструктурные (балансово- эконометрические) модели
Представление бюджета	Балансирующая статья - расходы		- Квартальная модель банка Англии BEQM (Банк Англии, 2005)	- Модель ЦМАКП (Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования, 2004)
	Балансирующая статья – дефицит (профицит)	- Модель RUSEC (ЦЭМИ, 1997) - CGE-модель с нейронными сетями (ЦЭМИ, 2005)	- Модель FRB/US (Федеральное резервное управление США, 1996) - Модель QPM (Банк Канады, 1994)	- Модель экономики США DRI (Управление по энергетической информации (EIA) США, 1993) - Модель BOF5 (Банк Финляндии, 1998)

CGE-модели

CGE-модель - система нелинейных уравнений, решением которой является общее экономическое равновесие, как правило, достигающееся с помощью равновесия спроса и предложения на различных рынках, представленных в модели.

- CGE-модели включают в себя экономических агентов, каждый из которых решает оптимизационную задачу, что в итоге приводит к установлению общего равновесия.
- CGE-модели включают в себя систему нелинейных уравнений, с помощью решения которой достигается равновесие на всех рынках, представленных в модели, в том числе на рынках товаров, услуг и факторов производства;
- CGE-модели выдают в конечном итоге количественные результаты, благодаря чему являются вычислимыми.

В основе CGE-моделей, как правило, лежит модель Эрроу-Дебре в той или иной модификации.

CGE модель социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями (модель Макарова)

1. Общее описание модели.

Таблица 2.

Общая характеристика экономических агентов CGE-модели социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями.

Экономический агент	Субъекты, входящие в состав экономического агента	Выполняемые действия
№ 1. Государственный сектор	Предприятия, доля госсобственности в которых >50%	- Производит: конечный продукт для домашних хозяйств и государства, инвестиционные товары, экспортные товары;
№ 2. Рыночный сектор	Легально существующие предприятия с частной и смешанной формой собственности	- Продает основные фонды (капитальные товары); - Покупает: рабочую силу, основные фонды и инвестиционные товары; - Платит налоги; - Размещает деньги в банках (нераспределенный бюджет).
№ 3. Теневой сектор	- Нерегистрируемые экономические единицы, производящие товары и услуги; - Скрытая деятельность легально существующих предприятий	- Производит конечный продукт для домашних хозяйств; - Покупает рабочую силу; - Размещает деньги в банках.
№ 4. Совокупный потребитель	Домашние хозяйства	- Покупает конечные продукты, производимые государственным, рыночным и теневым секторами; - Предлагает рабочую силу государственному, рыночному и теневому сектору; - Платит налоги; - Размещает деньги в банках; - Покупает иностранную валюту.
№ 5. Государство	Федеральное, региональное и муниципальное правительства и внебюджетные фонды	- Устанавливает налоговые ставки; - Определяет доли бюджета, идущие на субсидирование производителей и на социальные трансферты; - Закупает конечные продукты, произведенные государственным и рыночным сектором.
№ 6. Банковский сектор	Коммерческие банки и ЦБ	- Устанавливает ставки по депозитам для предприятий и физических лиц; - Осуществляет эмиссию денег.
№ 7. Внешний мир	Экономические агенты внешнего мира	- Покупает экспортные товары

Суммарное экономическое поведение в модели описывается совокупностью рынков, на которых взаимодействуют описанные в таблице агенты. Каждый рынок характеризуется товаром, ценой на этот товар и механизмом установления цены.

Для каждого рынка в модели определяется совокупный спрос и совокупное предложение. В процессе итеративного пересчета на каждом из рынков достигается равновесие с помощью механизмов, заложенных в модель для каждого вида цены (см. схема 1).

Схема 1.

Механизм уравнивания спроса и предложения в CGE-модели В.Л. Макарова.



2. Принципы работы модели.

Переменные:

- Экзогенные, в том числе:

заданные переменные;

переменные экономической политики;

- Эндогенные.

Значения экзогенных переменных определяются с помощью калибровки модели до начала пересчета. Процесс калибровки в общем виде представляет собой подгонку неизвестных параметров до тех значений, при которых интегральные модельные показатели (ВВП, инвестиции и т.д.) будут совпадать с фактическими данными за отчетный период.

Затем в процессе одновременного пересчета всех уравнений модели рассчитываются значения эндогенных переменных. На каждой итерации происходит корректировка долей бюджета и изменение цен на товары. Примерно на 10000 итерации достигается сходимость модели, когда на всех рынках, представленных в модели, достигается равновесие спроса и предложения.

3. Нейронные сети.

В модели применяются нейронные сети для моделирования ограниченной рациональности потребителей. Для обучения нейронных сетей использовались данные RLMS¹.

В рассматриваемой модели представлены пять нейронных сетей, три из которых определяют параметры трудовой мобильности населения между секторами

¹ Russian Longitudinal Monitoring Survey – социально-экономический опрос населения, проводившийся в России в 1992-2001 гг.

(государственным, рыночным и теневым), и две определяют доли бюджетов домашних хозяйств идущих на покупку конечных товаров (по государственным, рыночным и теневым ценам), на сбережения и покупку валюты.

4. Место бюджета в модели.

В рассматриваемой модели бюджет (консолидированный) является составной частью экономического агента «Государство».

Государство в модели наделено достаточно широким спектром полномочий, как с точки зрения определения объема бюджетных поступлений, так и с точки зрения расходования бюджетных средств.

Во-первых, государство устанавливает типы налогов и налоговые ставки. При этом в модели предусмотрены следующие виды налогов:

- НДС;
- налог на прибыль;
- налог на имущество;
- налог на доходы физических лиц;
- единый социальный налог.

Во-вторых, государство определяет направления расходования бюджетных средств, среди которых выделены:

- покупка конечных товаров у государственного и рыночного сектора;
- выделение субсидий государственному и рыночному сектору;
- выплата социальных трансфертов населению;
- определение доли нераспределенного бюджета, хранящегося на депозитах в банковском секторе.

Таблица 3

Выводы по модели.

Достоинства модели	Недостатки модели
<ul style="list-style-type: none"> - Тесная экономическая взаимосвязь между бюджетом и другими экономическими агентами; - Действия государства в модели оказывают значимое воздействие на стратегии поведения других агентов, и в общем итоге на равновесие модели и интегрированные макроэкономические показатели 	<ul style="list-style-type: none"> - Отсутствие в модели значимых для российской экономики сырьевых налогов и сборов; - Не рассматривается создание с 2004 г. Стабилизационного фонда, оказывающего значимое влияние, как на формирование бюджета, так и на ряд макроэкономических показателей; - Бюджет в модели не соответствует существующей в настоящее время бюджетной классификации и не подходит для построения прогнозов баланса бюджета при сценарном прогнозировании

Гибридный подход: CGE + эконометрика

Квартальная модель Банка Англии (BEQM)

Особенностью модели является ее гибридная форма, сочетающая в себе два различных подхода к моделированию – CGE и эконометрический подход.

CGE подход представлен в «центральной» части модели, описывающей структурные взаимодействия в экономике с теоретической точки зрения, и позволяет оценить долгосрочные траектории ключевых экономических показателей. Краткосрочные колебания в BEQM моделируются эконометрически в «специальной» части модели.

«Центральная» часть модели.

«Центральная» часть BEQM представляет собой CGE-модель, в которой действует 5 агрегированных экономических агентов, каждый из которых имеет свою функцию реакции на происходящие экономические изменения, соответствующие решению индивидуальных оптимизационных задач.

Схема 2.



Агенты в модели взаимодействуют между собой на трех рынках: рынке капитала и финансовых активов, рынке труда и товарном рынке

Место бюджета в «центральной» части модели.

Бюджет в «центральной» части модели представлен в виде отдельного экономического агента – «Правительство», и строится по достаточно упрощенной схеме (см. табл. 3)

Таблица 4.

Доходы и расходы правительства в модели BEQM.

Доходы Правительства	Расходы Правительства
- Налоговые сборы	- Закупка товаров и услуг у фирм
- Выпуск долговых обязательств	- Оплата труда домашних хозяйств

- Сеньораж	- Обслуживание государственного долга - Трансферты домашним хозяйствам, фирмам и остальному миру
------------	---

В модели предполагается, что Правительство имеет целевые ориентиры по объему государственного долга в каждый период времени.

«Специальная» часть модели.

«Центральная» часть модели позволяет структурно оценить долгосрочные траектории прогнозируемых экономических показателей. Для целей моделирования краткосрочной динамики, в рамках которой возможны существенные отклонения от долгосрочных траекторий, в модели разработана «специальная» часть, использующая эконометрику.

Взаимосвязь между показателями «центральной» и «специальной» частью модели:

$$(1) \quad A(L)y_t = B(L)y_t^{core} + C(L)z_t + \varepsilon_t, \text{ где}$$

A, B, C – полиномы от лагового оператора L;

y_t – значение прогнозируемого показателя;

y_t^{core} – значение показателя по прогнозам «центральной» части модели⁴

z_t – вектор дополнительных переменных, необходимых для прогнозирования показателя y_t , но не учтенных в «центральной» части модели;

ε_t – ошибка регрессии.

Таким образом, на первом этапе вычисляются значения показателей в «центральной» части модели, затем они выступают в качестве регрессоров в эконометрических уравнениях «специальной» части модели.

Для того чтобы модель сходилась, в ней нет обратной связи от «специальной» части к «центральной», т.е. показатели, полученные эконометрически не влияют на показатели, полученные из структурной теоретической модели.

Используемый в BEQM гибридный подход позволяет учесть достоинства CGE-моделирования и эконометрического подхода к прогнозированию, и одновременно нивелировать недостатки обоих подходов.

Макроструктурные (балансово-эконометрические) модели

Модель ЦМАКП

В общем виде модель ЦМАКП представляет собой совокупность взаимосвязанных блоков, в каждом из которых сгруппированы расчеты макроэкономических переменных (по принципу однородности процессов, лежащих в их основе). Результаты расчетов одних блоков служат входящими переменными для других блоков.

Взаимосвязи блоков в модели ЦМАКП.

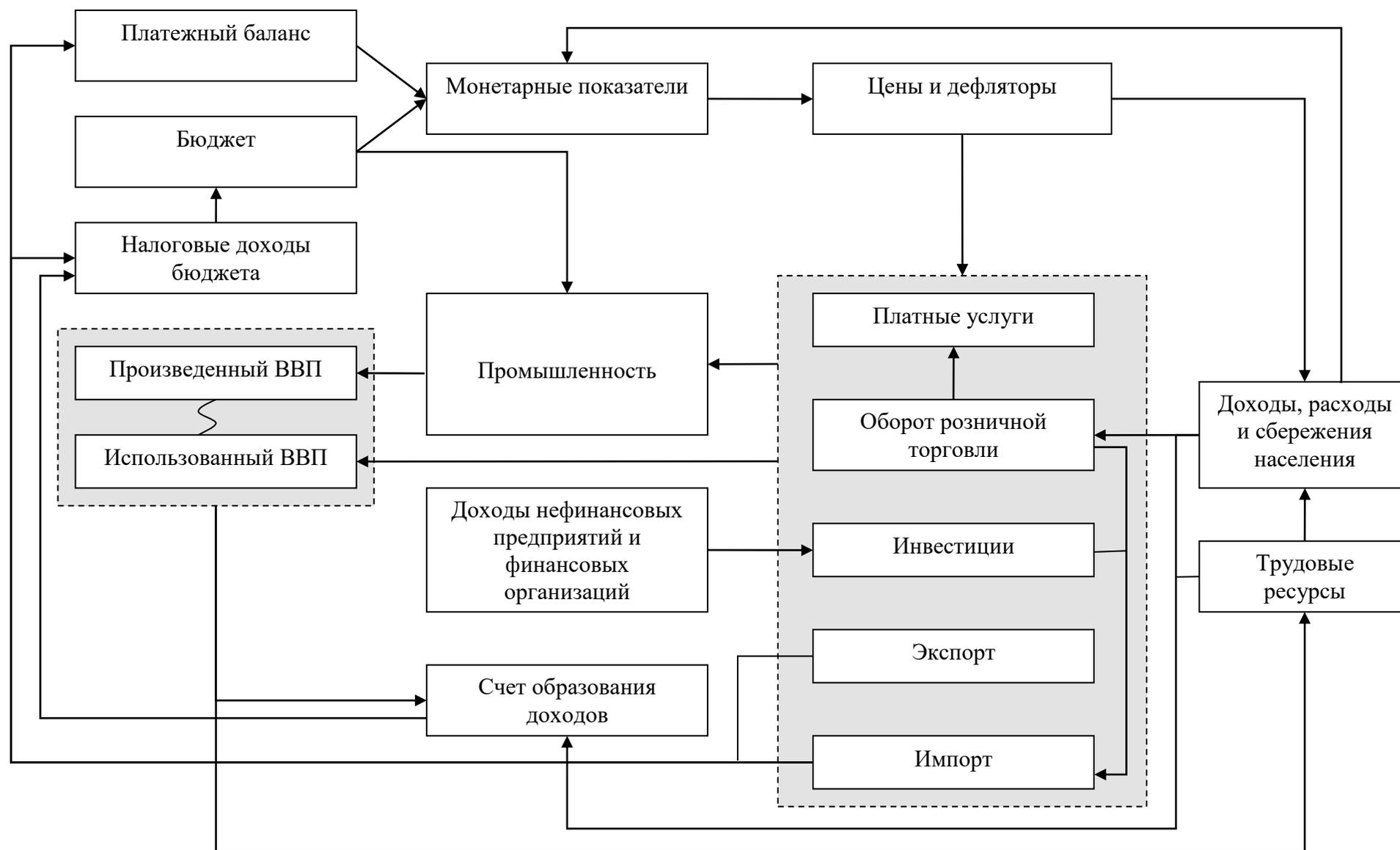


Схема расчетов в модели ЦМАКП основана на ряде замыкающихся контуров взаимодействия (циклов), что позволяет достигнуть согласованности всех показателей.

Центральный цикл модели представляет собой замкнутый контур «производство – доходы – спрос – производство».

Особенностью модели ЦМАКП является моделирование производства с учетом основных компонент спроса, а не с помощью производственной функции, так как на протяжении последних лет наблюдается недогрузка производственных мощностей и скрытая безработица. Такой подход (особенно в условиях кризисного спада производства) позволяет строить более адекватные прогнозы, по сравнению с CGE-моделями, отталкивающимися от производственных функций.

Всего в модели используется более 450 переменных. Из них около 250 переменных рассчитываются на основании балансовых уравнений, порядка 100 переменных моделируются с помощью эконометрических методов, и около 100 переменных задаются экзогенно.

Экзогенные переменные могут быть отнесены к трем основным группам:

- внешнеэкономические условия и характер реакции монетарных властей на их изменение;
- экономическая политика правительства;
- экономическое поведение бизнеса.

Наиболее значимые экзогенные переменные в сумме формируют сценарные условия для прогноза.

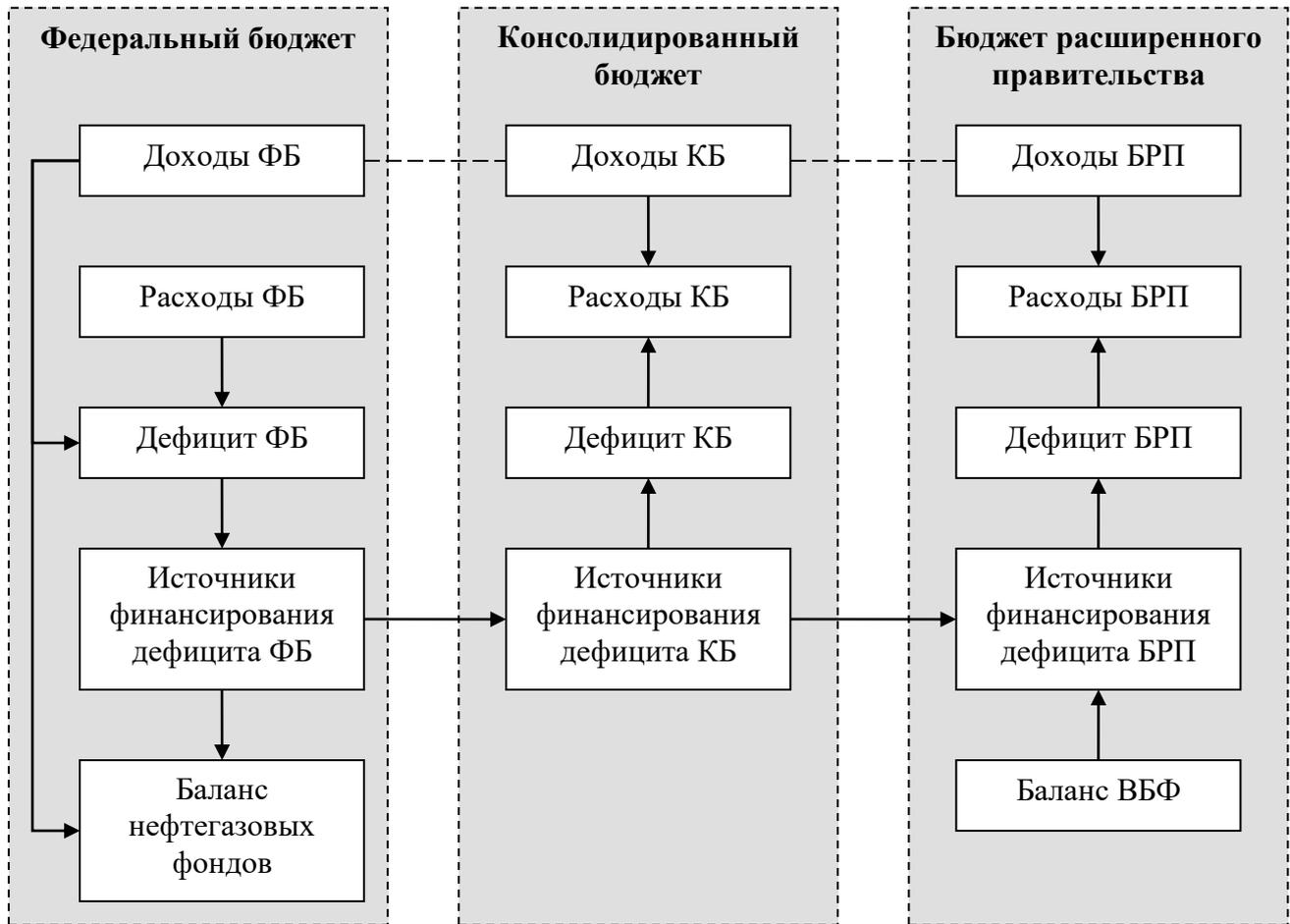
Общие выводы по обзору литературы.

CGE-модели и гибридный подход к моделированию экономики наилучшим образом подходят для долгосрочного прогнозирования.

Балансово-эконометрические модели хорошо подходят для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования.

2. Общая схема модели бюджетной системы

Укрупненная схема взаимосвязей в модели бюджета



3. Прогнозирование взносов на социальное страхование.

Восстановление функции распределения по данным о распределении численности работников по размерам заработной платы

Источник информации: «Распределение численности работников по размерам начисленной заработной платы (по результатам выборочного обследования организаций за апрель 2009 г.), Росстат.

Гипотеза: функция распределения работников по размерам заработной платы является логарифмически нормальной.

$$(2) \quad F_{\eta}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\ln x} e^{-\frac{(t-\ln a)^2}{2\sigma^2}} dt, \text{ где } a \text{ и } \sigma \text{ являются параметрами распределения}$$

Оцениваем параметры логнормальной функции методом максимального правдоподобия. Так как для оценивания используются не точечные наблюдения, полученные Росстатом в результате опросов, а агрегированные данные, то формулы примут вид:

$$(3) \quad a_{ML} = e^{\overline{\ln x}},$$

$$(4) \quad \overline{\ln x} = \sum_{i=1}^m w_i \ln x_i \text{ где}$$

x_i – середина интервала заработной платы, вычисляемая как среднее арифметическое между верхней и нижней границей интервала;

w_i – доля населения, имеющая доходы, попадающие в i -й интервал;

m – число интервалов (по данным Росстата от 19 до 23).

$$(5) \quad \sigma^2_{ML} = \sum_{i=1}^m w_i (\ln x_i - \overline{\ln x})^2.$$

По указанным формулам производится расчет параметров a и σ для каждого года из рассматриваемого временного периода.

Таблица 5

Таблица 5. Восстановленные и прогнозные значения параметров функции распределения работников по размерам начисленной заработной платы.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	факт	факт	факт	факт	факт	прогноз	прогноз	прогноз
Среднеквадратичное отклонение логарифма заработной платы, σ_{ML}	0.878	0.875	0.847	0.806	0.712	0.662	0.642	0.627
Медиана, a_{ML}	5297	6571	8635	11737	13460	15460	17409	19725

Расчет взносов на социальное страхование по восстановленной функции распределения численности работников по размерам заработной платы.

Таблица 6.

Регрессивная шкала взносов на социальное страхование (до 2010 г.)

Налоговая база на каждое физическое лицо, нарастающим итогом сначала года	Взносы на социальное страхование, всего
До 280 000 руб.	26%
От 280 000.1 до 600 000 руб.	72 800 руб. + 10% с суммы, превышающей 280 000 руб.
Свыше 600 000.1 руб.	104 800 руб. + 2% с суммы, превышающей 600 000 руб.

Уровень обложения фонда заработной платы взносами на социальное страхование составляет 90%.

Знание закона распределения численности работников по уровню начисленной заработной платы позволяет оценить, какая доля фонда заработной платы находится в каждом из интервалов, определенных регрессивной шкалой, т.е. рассчитать налогооблагаемую базу.

Если обозначить некую условную численность занятых, с заработной платы которых уплачиваются взносы на социальное страхование, как L , то можно записать равенство:

$$(6) \quad L \cdot \bar{X} = \PhiЗП, \text{ где}$$

\bar{X} - средняя заработная плата в целом по России, за месяц;
 $\PhiЗП$ – фонд заработной платы.

Таким образом,

$$(7) \quad L = \PhiЗП / \bar{X} - \text{условная численность занятых.}$$

Объем фонда заработной платы, сконцентрированный в интервале заработных плат от 0 до X_0 , может быть рассчитан как средняя заработная плата в интервале от 0 до X_0 (\bar{X}_0), умноженная на условную численность занятых и на долю населения, получающего заработную плату менее X_0 (d_0), т.е.:

$$(8) \quad L \cdot d_0 \cdot \bar{X}_0 = \PhiЗП_0.$$

Доля фонда заработной платы, сконцентрированная в интервале от 0 до X_0 (α_0), может быть рассчитана, как соотношение:

$$(9) \quad \alpha_0 = \frac{L \cdot d_0 \cdot \bar{X}_0}{L \cdot \bar{X}} = \frac{d_0 \cdot \bar{X}_0}{\bar{X}}$$

$$(10) \quad d_0 \cdot \bar{X}_0 = \frac{F(X_0) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{X_0} e^{-\frac{(t-\ln a)^2}{2\sigma^2}} dt}{F(X_0)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{X_0} e^{-\frac{(t-\ln a)^2}{2\sigma^2}} dt$$

Приведенный интеграл не имеет решения в аналитической форме, однако является вычислимым.

Величина взносов, начисляемых с заработной платы, годовой объем которой не превышает 280 тыс. руб. (или в среднем 23333.33 руб. в месяц) рассчитывается по формуле:

$$(11) \quad T^{280} = \alpha_{280} \cdot \PhiЗП \cdot 0.26, \text{ где}$$

T^{280} – величина взносов, начисляемых с годовой заработной платы, не превышающей 280 тыс. руб. в год.

α_{280} – доля фонда заработной платы, приходящаяся на интервал заработной платы от 0 до 280 тыс. руб.

Формула расчета взносов на социальное страхование для фонда заработной платы, лежащего в интервале от 280 до 600 тыс. руб. в год (согласно действующему законодательству):

$$(12) \quad T^{600-280} = [(\alpha_{600} - \alpha_{280}) \cdot \PhiЗП - 72800 \cdot d_{600-280} \cdot L] \cdot 0.1 + 72800 \cdot d_{600-280} \cdot L,$$

где:

$T^{600-280}$ – величина взносов на социальное страхование, начисляемых с заработной платы, лежащей в интервале от 280 до 600 тыс. руб. в год;

$$(13) \quad d_{600-280} = F(600000/12) - F(280000/12) = \\ = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\ln(600000/12)} e^{-\frac{(t-\ln a)^2}{2\sigma^2}} dt - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\ln(280000/12)} e^{-\frac{(t-\ln a)^2}{2\sigma^2}} dt - \text{доля населения,}$$

чья годовая заработная плата находится в интервале от 280 до 600 тыс. руб. в год;

α_{600} – доля фонда заработной платы, приходящаяся на интервал заработной платы от 0 до 600 тыс. руб. в год.

Расчет величины взносов на социальное страхование, начисляемых с заработной платы, превышающей 600 тыс. руб. в год, производится по следующей формуле:

$$(14) \quad T^{600} = [(1 - \alpha_{600}) \cdot \PhiЗП - 104800 \cdot (1 - d_{600}) \cdot L] \cdot 0.02 + 104800 \cdot (1 - d_{600}) \cdot L,$$

где:

T^{600} – величина взносов на социальное страхование, начисляемых с заработной платы, превышающей 600 тыс. руб. в год;

$$(15) \quad d_{600} = F(600000/12) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\ln(600000/12)} e^{-\frac{(t-\ln a)^2}{2\sigma^2}} dt - \text{доля населения,}$$

чья годовая заработная плата не превышает 600 тыс. руб. в год.

Новая шкала взносов на социальное страхование.

С 2010 г. вступает в действие новая шкала взносов на социальное страхование. Годовая заработная плата до 415 тыс. руб. облагается по полной ставке, заработная плата полученная сверх указанной суммы не подлежит обложению. В 2010 г. ставка составит 26%, с 2011 г. – 34%.

Новые формулы для расчета:

Величина взносов, начисляемых с заработной платы, годовой объем которой не превышает 415 тыс. руб. рассчитывается по формуле:

$$(16) \quad T^{<415} = \alpha_{415} \cdot \PhiЗП \cdot t, \text{ где:}$$

$T^{<415}$ – величина взносов, начисляемых с годовой заработной платы, не превышающей 415 тыс. руб. в год.;

α_{415} – доля фонда заработной платы, приходящаяся на интервал заработной платы от 0 до 415 тыс. руб.;

t – ставка взносов на социальное страхование.

Величина взносов, начисляемых с заработной платы, годовой объем которой более 415 тыс. руб. рассчитывается по формуле:

$$(17) \quad T^{>415} = 415000 \cdot t \cdot (1 - d_{415}) \cdot L, \text{ где}$$

$T^{>415}$ – величина взносов, начисляемых с годовой заработной платы, не превышающей 415 тыс. руб. в год.;

L – условная численность занятых;

d_{415} – доля трудящихся, с заработной платой, не превышающей 415 тыс. руб. в год.

$$(18) \quad d_{415} = F(415000/12) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\ln(415000/12)} e^{-\frac{(t-\ln a)^2}{2\sigma^2}} dt$$

Таблица 7

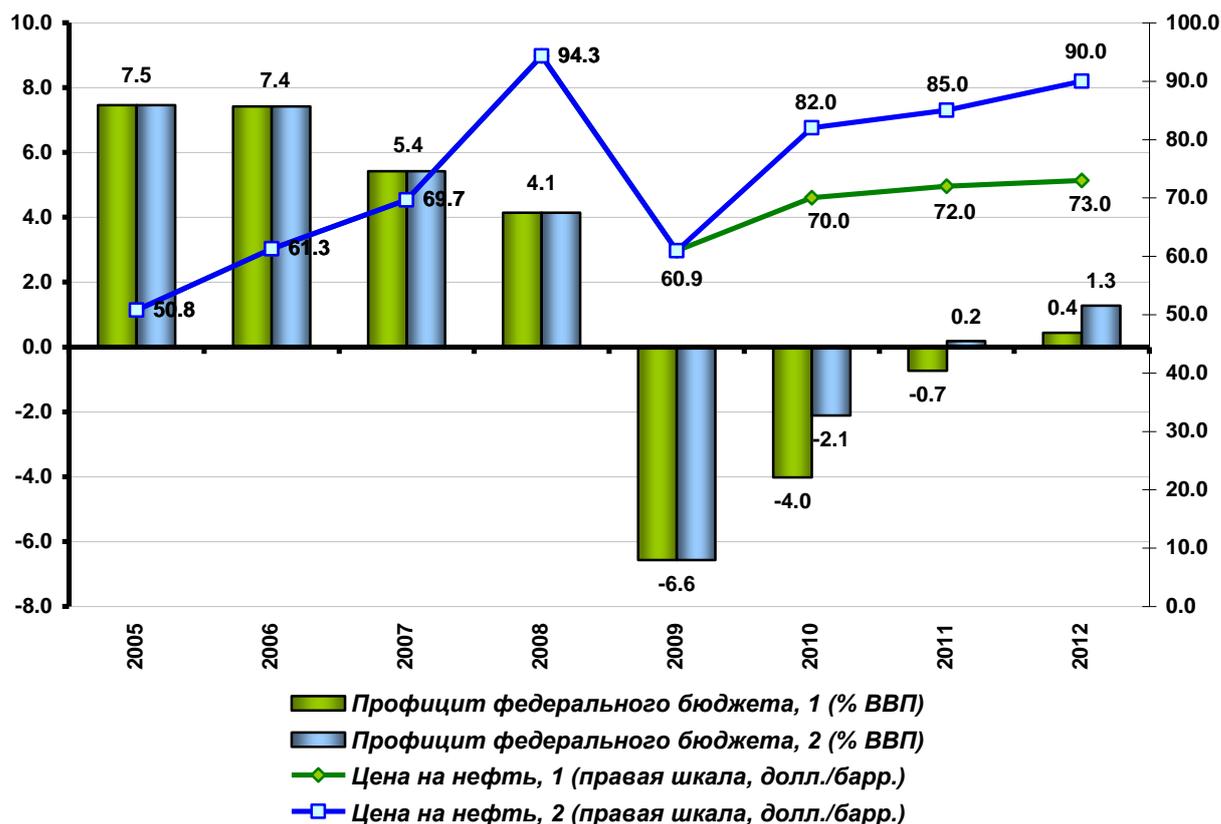
Результаты прогноза взносов на социальное страхование

Взносы на социальное страхование, млрд. руб.:	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	отчет	отчет	отчет	отчет	отчет	прогноз	прогноз	прогноз
Консервативный сценарий	1064	1317	1848	2113	2121	2378	3399	3694
Оптимистичный сценарий						2404	3452	3810

4. Среднесрочный прогноз основных показателей бюджета

График 1

Дефицит федерального бюджета по оптимистичному и консервативному сценарию и цены на нефть марки Urals



Список литературы

1. Almon C., "The Craft of Economic Modelling", Department of Economics University of Maryland, 1988.
2. Arrow K., Debreu G., Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy, *Econometrica*, Vol. 22, No. 3, 1954
3. Brayton F., Tinsley P., A guide to FRB/US: A Macroeconomic Model of the United States, Federal Reserve Board Finance and Economic Discussion Series, Vol.1996-42, 1996
4. Documentation of the DRI Model of the U.S. Economy, 1993
5. Harrison R., Nikolov K., Quinn M., Ramsey G., Scott A., Thomas R., The Bank of England Quarterly Model, Bank of England, 2005
6. Poloz S., Rose D., Tetlow R., The Bank of Canada's new Quarterly Projection Model (QPM): An introduction, *Bank of Canada Review*, autumn 1994
7. Willman A., Kortelainen M., Mannisto H.-L., Tujula M., The BOF5 Macroeconomic Model of Finland, Structure and Equations, *Bank of Finland Discussion Papers*, 10/1998
8. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В., Имитационное моделирование экономических процессов. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

9. Кобелев Н.Б., Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: Учеб пособие. – М.: Дело, 2003. – 336 с.
10. Макаров В.Л., Вычислимая модель российской экономики, ЦЭМИ РАН, 1999
11. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В., CGE модель социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями, М.: ЦЭМИ РАН, 2005
12. Михайленко К.В., «Экономико-математическое обеспечение сценарных прогнозов социально-экономического развития России на среднесрочную перспективу», диссертация на соискание ученой степени к.э.н., 2005
13. Михайленко К.В., Опыт построения среднесрочной макроструктурной модели экономики России, Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, М.: МАКС Пресс, 2004