



**ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека**

**Препринты ИПМ • Препринт № 153 за 2019 г.**



ISSN 2071-2898 (Print)  
ISSN 2071-2901 (Online)

**Антипов В.И., Митин Н.А.,  
Пашченко Ф.Ф.**

**Макроэкономическая  
имитационная модель  
развития мировой экономики**

**Рекомендуемая форма библиографической ссылки:** Антипов В.И., Митин Н.А., Пашченко Ф.Ф. Макроэкономическая имитационная модель развития мировой экономики // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2019. № 153. 20 с. <http://doi.org/10.20948/prepr-2019-153>  
**URL:** <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2019-153>

**Ордена Ленина  
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ  
имени М.В.Келдыша  
Российской академии наук**

**В.И. Антипов, Н.А. Митин, Ф.Ф. Пащенко**

**Макроэкономическая имитационная  
модель развития мировой экономики**

**Москва – 2020**

В.И. Антипов, Н.А. Митин, Ф.Ф. Пашенко

## Макроэкономическая имитационная модель развития мировой экономики

Макроэкономическая модель М-20 – однопродуктовая имитационно-экспертная модель, отражающая динамику воспроизведения ВВП мировой экономики, построенная на основе модели Р1-4.0(2019-1) экономики России. Формально параметры модели представляют собой совокупность некоторого «основного тренда» и «помех», причём «помехи» имитируются на некотором «историческом» интервале, а на интервале прогноза используются лишь «основные тренды». Таким образом, прогноз – это оценка средних значений, которые удовлетворяют балансовым соотношениям и регрессионным зависимостям. Модель опирается на официальную международную отчётность по системе национального счетоводства и использует гипотезы экспертов о взаимосвязи различных параметров.

*Ключевые слова:* общие сведения о СНС, балансовые уравнения, метризация показателей, фундаментальные характеристики экономики, список уравнений модели.

V.I. Antipov, N.A. Mitin, F.F. Paschenko

## Macroeconomic simulation model of the global economy

Macroeconomic model M-20 is a one-product simulation and expert model that reflects the dynamics of reproduction of the global economy's GDP, built on the basis of the Russian economy model P1-4.0 (2019-1). Formally, the model parameters are a combination of some "main trend" and "interference", and the "interference" is simulated at a certain "historical" interval, and only the "main trends" are used on the forecast interval. Thus, the forecast is an estimate of the average values that satisfy the balance ratios and regression dependencies. The model is based on official international reporting on the national accounting system and uses expert hypotheses about the relationship of various parameters.

*Key words:* general information of SNA, balance equations, metrization of indicators, fundamental characteristics of the economy, model equation list.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 19-010-00423) и Программы президиума РАН «Научные основы развития российского научно-инновационного комплекса в контексте глобальных трансформаций», проект «Разработка фундаментальных основ прогнозирования, экспертизы и поддержки принятия управленческих решений в научно-инновационном комплексе России на базе информационного и компьютерного моделирования и когнитивных центров».

## ВВЕДЕНИЕ

Прогноз развития мировой экономики – мечта многих экономистов и практиков хозяйственной и финансовой деятельности, которые хотят извлечь выгоду из своей осведомлённости. До середины XX в. модели были очень простыми и не позволяли ставить вопрос о таком прогнозе. Ситуация начала меняться с появлением ЭВМ и государственных систем отчётности об экономической деятельности. «Первой ласточкой» стал Римский клуб, который привлёк внимание серией своих докладов о загрязнении окружающей среды и границах экономического роста. Затем появились модели описательного характера, которые давали качественные выводы и прогнозы. Эти прогнозы не оправдались, но позволили выявить подпроблемы, которые необходимо решить для получения практически значимых выводов.

Стало ясно, что получить необходимую точность прогноза на горизонте в 10 лет на существующей модельной, информационной и технической базе одной страны невозможно. Стало ясно, что прогностической деятельностью должны заниматься специализированные международные организации, результаты которых должны быть открытыми для всех стран и учитываться ООН в своей практической деятельности, что развитые страны (в первую очередь США) используют выгоды от предвидения при заключении различных торговых соглашений, объявляя санкции или влияя на принятие решений ООН.

Перечислим наиболее актуальные подпроблемы:

- унификация методик наблюдения результатов экономической деятельности всех стран мира, которая была решена в 1993 г., когда все страны мира приняли стандарты наблюдения показателей и обработки информации Экономической комиссии ООН;
- унификация прогностических алгоритмов (моделей воспроизведения ВВП) различных стран мира, которая ещё не решена;
- создание международной информационно-справочной системы, которая ещё не решена;
- создание моделей и диалоговых процедур, позволяющих получать обоюдную выгоду участникам торговых переговоров.

В настоящее время (официально) международной прогностической деятельностью занимаются международный валютный фонд, мировой банк и центральное разведывательное управление США, публикуя трёхлетние прогнозы для различных стран. Но их модели, методики предварительной обработки информации, составления сценариев развития и вычислительные алгоритмы не публикуются.

## 1. НЕКОТОРЫЕ МОДЕЛИ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

«Римский клуб» (100 человек из разных стран) был создан в 1968 г. на деньги итальянского концерна «Фиат» и западногерманского «Фольксваген-верк», которые хотели получить аргументированные долгосрочные прогнозы развития энергетики и запасов минеральных ресурсов. Его деятельность заключалась в обсуждении докладов, которые готовили известные учёные, не являвшиеся традиционными экономистами или социологами.

Начав с простейших оценок мирового производства и потребления сырья и энергии, авторы докладов (в силу внутренней логики объекта исследования) были вынуждены заняться мировой демографией, разделением мира на антагонистические лагеря и загрязнением окружающей среды. Первые доклады «Римскому клубу» (а их было около 20) предсказывали мировую катастрофу в середине XXI в. вследствие загрязнения окружающей среды и истощения природных ресурсов. Последующие доклады были более оптимистичны. Следует отметить, что аппарат экономического прогноза был достаточно прост, но уже тогда был сделан вывод о необходимости наднационального регулирования производственной деятельности и демографического роста.

Нас же интересуют не социально-экономические выводы различных докладчиков, а формальный аппарат, который использовался (или мог быть использован) для получения долгосрочных прогнозов мировой экономической динамики. Ниже даётся беглый обзор наиболее интересных проектов.

### 1.1. *Проект ЛИНК*

Проект ЛИНК представляет собой глобальную модель международной торговли, разработанную в 1968 г. Уортонской ассоциацией эконометрических прогнозов (VEFA) под руководством лауреата Нобелевской премии Л. Клейна для оказания консультативной помощи государственному департаменту США в выборе эффективных мероприятий во внутренней и внешней политике. Моделирование международной торговли с использованием проекта ЛИНК базируется на идее объединения национальных регионально-страновых эконометрических макромоделей в одну глобальную модель. Целью разработанной методики являлось проведение расчетных процедур для вычисления показателей международной торговли. Данный подход позволяет объединять автономно рассчитанные страновые и региональные эконометрические модели с широким спектром параметров при условии использования в них одной централизованно выработанной методики проведения расчетов.

При построении модели ЛИНК используются показатели экспортных цен, импорта и прочих факторов, определяющих особенности уровня социально-экономического развития каждой страны. Необходимо отметить, что данная модель учитывает только международную торговлю товарами, однако показатели экспорта и импорта услуг при наличии статистических данных могут быть

отражены в моделях отдельных стран. В систему ЛИНК вошли модели следующих стран и регионов:

- 1) США (модель Уортонской ассоциации эконометрических прогнозов) – 207 уравнений;
- 2) Канада (модель «Трайс» Торонтского университета) – 183 уравнения;
- 3) Франция (модель «ПОМ-ПОМ» Независимого Брюссельского университета) – 32 уравнения;
- 4) ФРГ (модель Бернского университета) – 137 уравнений;
- 5) Великобритания (модель Лондонской школы бизнеса) – 226 уравнений;
- 6) Италия (Болонская модель Института экономических наук) – 104 уравнения;
- 7) Швеция (модель Центрального института экономических исследований) – 133 уравнения;
- 8) Финляндия (модель Финского Банка) – 144 уравнения;
- 9) Бельгия (модель Независимого Брюссельского университета) – 25 уравнений;
- 10) Нидерланды (модель Центрального бюро планирования) – 87 уравнений;
- 11) Австрия (модель Института перспективных исследований) – 128 уравнений;
- 12) Япония (модель Института экономических исследований Киото) – 78 уравнений;
- 13) Австралия (модель Резервного банка Австралии) – 82 уравнения;
- 14) развивающиеся страны (модели ЮНКТАД): Южной Америки – 12 уравнений, Юго-Восточной Азии – 14 уравнений, Ближнего Востока – 10 уравнений, Африки – 11 уравнений;
- 15) страны с переходной экономикой (модели серии «СОВМОД» Уортонской ассоциации эконометрических прогнозов, а также разработанные ЮНКТАД модели СЭВ);
- 16) остальной мир (расчетный остаток).

## ***1.2. Модель В.В. Леонтьева***

Группой экспертов ООН под руководством экономиста В.В. Леонтьева была построена экономико-математическая модель будущего мировой экономики и создано восемь условных сценариев развития мира с 1990 по 2000 гг. Проект под названием «Будущее мировой экономики» был опубликован в США в 1976 г. Учет многовариантности развития нелинейной системы (в данном случае – мировой экономической системы) позволяет считать этот проект более совершенным, нежели предшествующие. К тому же авторы заранее оговариваются, что темпы роста заданы были в качестве гипотезы и не могут рассматриваться как прогноз будущих тенденций. Кроме того, ряд факторов, влияющих на мировую динамику, не поддается контролю, что весьма важно и «антитиутопично» в смысле сравнения с проектом того же Г. Кана.

Одно из главных составляющих проекта – это развитие регионов третьего мира. Группа Леонтьева подсчитала, что разрыв между уровнями развития государств развивающихся и стран-промышленных центров мира будет сохраняться и составит 1:12.

Рассмотрение и анализ всех вариантов выравнивания темпов роста достаточно громоздки. Укажем лишь, что математическая сторона модели Леонтьева уникальна: она состоит из 2625 уравнений и отражает детали развития 15 регионов мира. Сама модель построена на основе метода «затраты–выпуск», широко применяемого для составления межотраслевого баланса.

Главными факторами роста мировой экономики, по мнению группы Леонтьева, являются:

- производство продовольствия и сельскохозяйственной продукции;
- наличие достоверных и потенциальных минеральных ресурсов;
- издержки, необходимые для ослабления загрязнения экосистем;
- зарубежные инвестиции и индустриализация развивающихся стран, изменения в международной торговле и платежных балансах;
- переход к новому международному экономическому порядку.

«Главными пределами экономического роста являются условия развития – политического, социального и институционального характера, но не физического», – отмечают авторы проекта в надежде на перемены социального характера, которые не замедлили произойти за последние 20 лет. В целом вывод проекта имеет принципиальное значение, поскольку не ограничивается лишь количественным анализом и расчетом запасов и ресурсов.

В проекте также анализируются запасы ресурсов, указывается, в частности, что добыча оставшихся минеральных ископаемых станет более дорогостоящей.

### ***1.3. Модель Дж. Форрестера «Мир-2»***

В этой модели исследовался вопрос об устойчивом развитии моделируемой мировой системы. Мировая система в модели «Мир-2» описывалась пятью основными переменными: численность населения  $P$ , капитал  $K$ , доля капитала в сельском хозяйстве  $X$ , загрязнение  $Z$  и запасы невозобновимых природных ресурсов  $R$ . Также использовались вспомогательные переменные, из которых наиболее важны материальный уровень жизни  $C$  и уровень питания  $F$ . Динамика основных переменных описывается системой дифференциальных уравнений. Компьютерный анализ данной системы показал, что сохранение тенденций развития глобальной системы, имевших место в начале 1970-х гг.: рост населения  $P$ , капитала  $K$ , материального обеспечения – приведет к истощению невозобновимых ресурсов, чрезмерному загрязнению Земли и сменится быстрым падением численности населения и упадком производства. Официальная статистическая база для модели отсутствует.

### **1.4. Модель С.А. Махова**

С.А. Махов ввел в базовую модель Форрестера «Мир-2» следующие корректирующие воздействия:

- внедрение в промышленность технологий утилизации и восстановления ресурсов;
- создание отраслей для очистки загрязнений;
- модификация инвестиций в сельское хозяйство, которые (при соответствующем управлении ресурсами) приводят к стабилизации основных параметров экономики. Попутно было уточнено понятие устойчивого развития, под которым стали понимать динамику развития, при которой удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей происходит без уменьшения такой возможности для будущих поколений.

Официальная статистическая база для модели отсутствует.

## **2. МОДЕЛЬ М-20**

Благодаря усилиям ООН большинство стран мира имеет унифицированную отчётность СНС с «длинными» рядами основных показателей. Это позволяет использовать для различных стран формализм одной и той же модели – макроэкономической имитационной модели развития России Р1-4, версия которой описана в работах [1-4]. Тогда в рамках такой модели можно построить прогноз развития в соответствии с текущими тенденциями каждой страны, представленной в модели, и мира в целом. При этом необходимо производить балансировку по экспорту и импорту для самосогласованности модели. Разумеется, полученная «согласованная траектория» является только ориентировочной.

Безусловно, самой большой проблемой будет доказательство «оптимальности» согласованной траектории развития (СТР) всех стран, поскольку таких траекторий континуальное множество. Безусловно, выбор траектории является игровой процедурой, где «сильные» государства будут навязывать свою волю «слабым». Конечно, возникнут коалиции государств (с локальным обменом информацией) и будут совершенствоваться правила принятия решений. Но это будущие задачи, а сначала необходимо создать макет прогностической системы и найти рациональные процедуры и алгоритмы. Конкретно для накопления опыта имеет смысл создать макет вычислительной системы, включающий 20 государств, одно из которых условное. Впервые контуры такой модели обсуждались в статье [5], но сейчас мы попытаемся дать более точное описание модели и балансов мировой торговой системы.

### **2.1. Подготовка исходной информации**

В мире всего 193 страны. Упорядочим их по величине ВВП / ППС и выберем первые 19 стран (включая Россию). Остальные 174 страны объединим в

условную 20-ю страну под названием «прочие страны». Рассчитаем экспорт и импорт между ними. Между первыми 19 странами он будет естественным, а между 20-й страной и первыми 19-ю странами – искусственным, т.к. экспорт и импорт 20-й страны будет представлять собой сумму по 174 странам. Один из вариантов набора значащих стран по ВВП (в млрд долл.) приведен ниже.

Список МВФ

№	Страна	РЕЙТИНГ СТРАН ПО РАЗМЕРУ ВВП / ППС		
		2017	2018	2018
		млрд. \$	млрд. \$	%
1	Китай	23157	25279	18,67
2	США	19519	20580	15,2
3	Индия	9583	10485	7,74
4	Япония	5420	5597	4,13
5	Германия	4176	4343	3,21
6	Россия	4036	4227	3,12
7	Индонезия	3245	3496	2,58
8	Бразилия	3250	3366	2,49
9	Великобритания	2926	3039	2,24
10	Франция	2851	2970	2,19
11	Мексика	2461	2572	1,9
12	Италия	2323	2400	1,77
13	Турция	2183	2300	1,7
14	Республика Корея	2125	2235	1,65
15	Испания	1776	1866	1,38
16	Саудовская Аравия	1775	1862	1,37
17	Канада	1761	1838	1,36
18	Иран	1637	1596	1,18
19	Таиланд	1238	1321	0,9
Доля в мировом производстве			74,78	

После того как определены значащие страны, необходимо получить их отчётность по СНС за последние 20 лет, составить модели, аналогичные Р1-4, и формировать прогнозы их развития. Но показатели каждой страны должны быть в национальных валютных единицах (т.е. в рублях, евро, юанях, динарах, фунтах и т.д.), поскольку это повышает точность прогноза.

## 2.2. Описание модели Р1-4

В настоящей работе в качестве блоков, из которых формируется модель М-20, рассматриваются модели стран, аналогичные модели Р1-4.0(2019-1) для России. Модель Р1-4.0(2019-1) является имитационно-экспертной моделью воспроизведения ВВП и представляет собой совокупность балансовых соотношений основных показателей материального производства, рабочих гипотез, фундаментальных характеристик экономики (представленных в виде трендов) и

алгоритмов их численной балансировки. Аббревиатура Р1-4.0(2019-1) – обозначение конкретной модели, созданной в 2019 году, 0 перед скобками означает базисный алгоритм расчёта опорной траектории, а 1 внутри скобок – номер варианта сценария исходных данных. Отличие модели 2019 года от модели 2018 года, описанной в [4], заключается в модификации учета экспорта, который является условной величиной экспорта, принятой для корректировки счёта товаров и услуг в СНС. Эта корректировка привела к различиям:

- в абсолютных значениях экспорта и модифицированного экспорта;
- в величине базисных темпов экспорта и модифицированного экспорта;
- в величине базисных дефляторов экспорта и модифицированного экспорта.

Но эти «неудобства» приходится «терпеть» поскольку темпы произведенного и использованного ВВП в модифицированном счёте товаров и услуг полностью совпадают, что необходимо при составлении долгосрочных прогнозов развития экономики. Наблюдаемые значения базисных темпов и дефляторов экспорта (красный цвет) и модифицированного экспорта (синий цвет) приведены на рис. 1 и рис. 2.

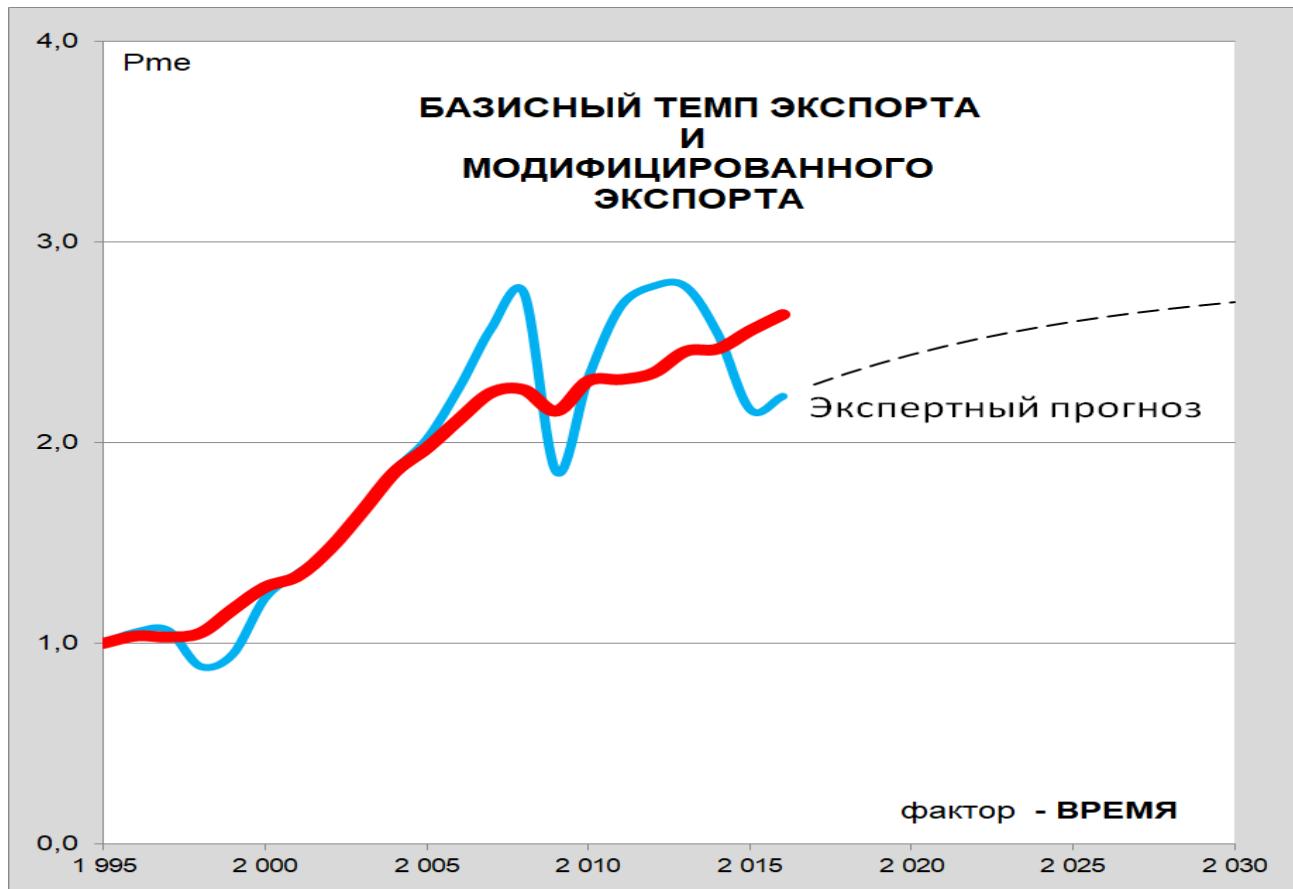


Рис. 1. Динамика базисных темпов экспорта и модифицированного экспорта

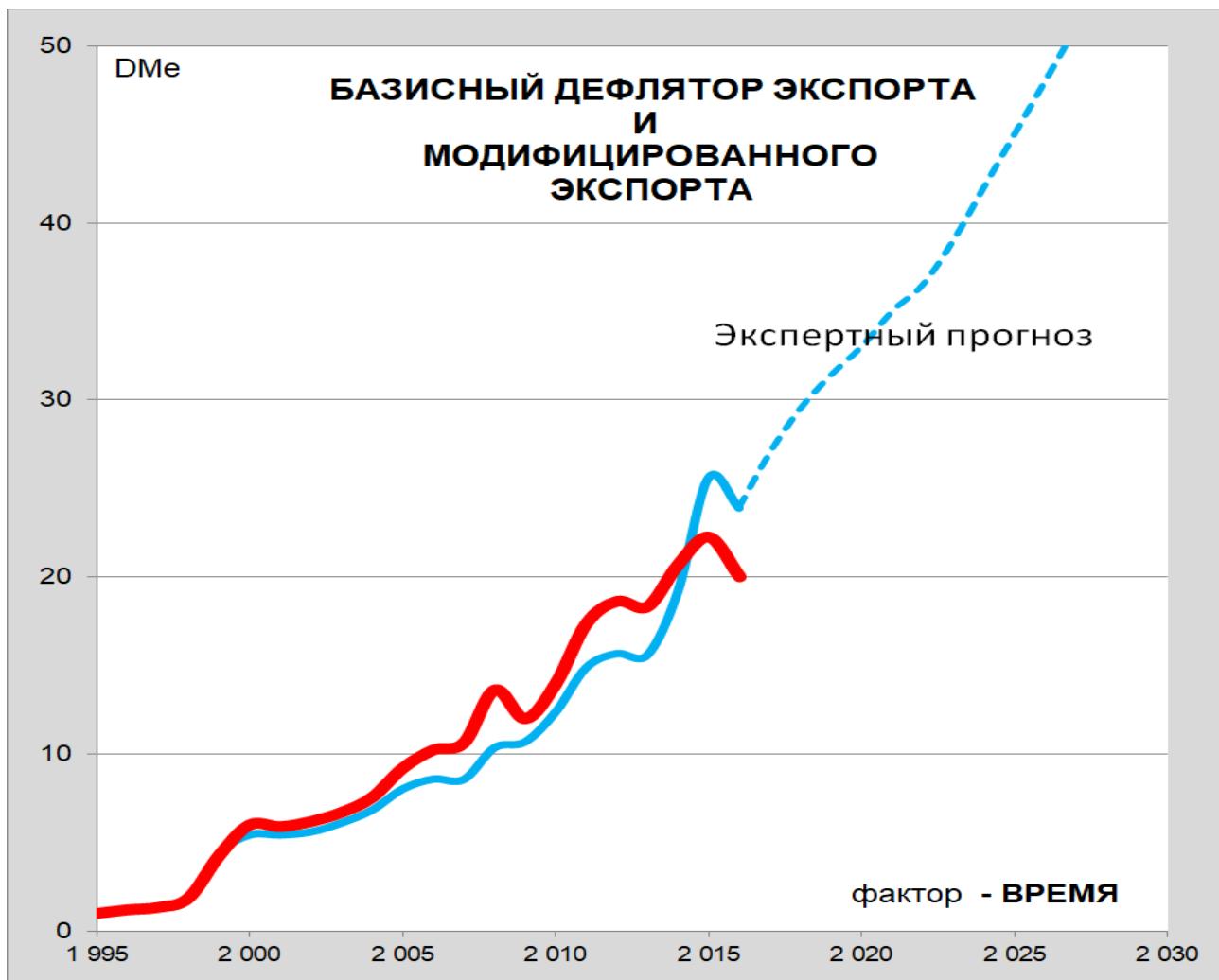


Рис. 2. Базисные дефляторы экспортов и модифицированного экспортата

Рассматривая прогноз фундаментальных характеристик экономики для модели экономической динамики, можно предположить неизменность сложившейся тенденции управления и внешних условий и тогда получить *инерционный прогноз*. Но на экономику воздействуют различные «помехи» (санкции, землетрясения, наводнения, засухи, мировые кризисы и т.д.), устранить которые невозможно. Если дать сценарий их некоторой реализации, то будет получен прогноз *опорной траектории развития*. Можно выработать некоторый набор госпрограмм правительства и планов крупных корпораций для парирования «помех». Тогда получатся *варианты планового развития*. Таким образом, создаётся *поле сценарных прогнозов* и можно выбрать из всего поля сценарных прогнозов вариант, который бы приводил к достижению той или иной цели.

Формирование сценария исходных данных – трудоёмкая диалоговая процедура потому, что расчёт и прогноз сценарных показателей требует специалистов различных отраслей и специальностей, вооружённых различными методиками. При «рутинной» эксплуатации модели для получения различных сценариев придётся создать иерархическую систему автоматизированных «рабочих мест» для отраслевых экспертов, которая должна координироваться диспетчером.

Рассмотрим блоки, из которых состоит модель Р1-4.0(2019-1).

В производственном контуре (при отсутствии ограничений по производственным мощностям) путём итеративных подстановок решается следующая система уравнений.

1.  $WWPt = INt + YDt + YGt + YNKt + EXMt - IMt + STRt;$
2.  $INt = f1(WWPt, SC);$
3.  $YDt = f2(WWPt, SC);$
4.  $YGt = f3(WWPt, SC);$
5.  $YNKt = f4(WWPt, SC);$
6.  $EXMt = f5(SC);$
7.  $IMt = f6(WWPt, SC);$
8.  $STRt = f7(SC);$
9.  $WWPSt = INSt + YDSt + YGSt + YNKSt + EXMSt - IMSt,$

где  $WWPt$  – величина ВВП;

$INt$  – инвестиции в основной капитал;

$YDt$  – конечное потребление «Домашних хозяйств»;

$YGt$  – конечное потребление «Государства»;

$YNKt$  – конечное потребление организаций, обслуживающих ДХ;

$EXMt$  – экспорт;

$IMt$  – импорт;

$STRt$  – статистическое расхождение;

$WWPSt$  – ВВП в сопоставимых ценах (СЦ);

$SC$  – номер сценария.

Рассмотрим подробней функциональные зависимости.

Зависимость  $INt = f1(WWPt, SC)$  задаётся в виде регрессии

$$Xft = 0,4 * Pwt + 0,5 * Pwt-1 + 0,1 * Pwt-2$$

$$Pnt = 0,9477 * Xf + 0,171$$

$$INt = Dnt * Pnt * INo$$

Зависимость  $YDt = f2(WWPt, SC)$  задаётся в виде регрессии

$$YDt = 0,5187 * WWPt - 306,24$$

Зависимость  $YGt = f3(WWPt, SC)$  задаётся в виде регрессии

$$YGt = 0,1804 * WWPt - 29,998$$

Зависимость  $YNKt = f4(WWPt, SC)$  задаётся в виде регрессии

$$YNKt = 0,0023 * WWPt + 108,57$$

Зависимость  $EXMt = f5(SC)$  задаётся в виде экспертного прогноза базисного темпа и регрессии базисного дефлятора от времени.

$$EXMSt = PMet * EXo$$

$$EXMt = DMet * EXMSt$$

$$DMet = 0,0435t^2 - 173,63t + 173076$$

Зависимость  $IMt = f6(WWP, SC)$  задаётся в виде цепочки промежуточных соотношений

$$IMt = Dmt * IMSt$$

$$Dm = 0,4892Xf - 0,0586$$

$$\begin{aligned} Xf &= 0,25 * WK + 0,75 * IPC \\ IMSt &= bSt * (YMSt + INSt) \\ bSt &= f(SCt) \\ YMSt &= YDSt + YGMSt + YNKSt \\ INSt &= INT / Dnt \\ YDSt &= YDt / Ddt \\ YGSt &= YG / Dgmt \\ YNKSt &= YNkt / Dnkt \end{aligned}$$

Одновременно с балансировкой составляющих в текущих ценах (п.2-8) в п.9 происходит уточнение оценки ВВП в сопоставимых ценах. Это даёт возможность производить оценку дефляторов ВВП, выпуска и промежуточного потребления.

*В блоке вспомогательных вычислений* производится оценка следующих показателей

$$\begin{aligned} RBJt &= rt * ^WWPt \\ DBJt &= dt * WWPt \\ CN1t &= n1t * XOt \\ CN2t &= n2t * (XOt + IMt) \\ WPRt &= WWPt - OTt - CN2t \\ ZSt &= XSt - WWSt \\ Pz &= ZSt / Zo \\ Dzt &= 0,9243 * Dx + 0,0011 \\ Zt &= Dzt * ZSt \\ Rat &= Dzt / Dxt \\ at &= aSt * Rat \end{aligned}$$

*В блоке основных фондов* (итеративно) решается следующая система уравнений

$$\begin{aligned} Xt &= 0,7 * INT + 0,2 * INT - 1 + 0,1 * INT - 2 \\ WWS &= 1,0183 * Xt + 3,6731 \\ Dww &= 0,5602 * Dn + 1,219 \\ WWS &= WW / Dww \\ FSt &= (1 - Kvybt) * FSt - 1 + WWSt \\ Kobn t &= WWSt / FSt \\ Kvyb &= 0,5373 * Kobn + 0,0135 \\ WBSt &= FSt - 1 - FSt + WWSt \\ Kvyb &= WBSt / FSt - 1 \\ Pf &= FSt / FSo \\ Ft &= FSt * Dft \end{aligned}$$

В приведенных уравнениях все числовые коэффициенты получены с использованием данных Росстата, доступных к 2019 г.

### 2.3. Формальные соотношения для экспорта и импорта

Обратим внимание на то, что потоки товаров и услуг всех стран (соответствующих модели М-20) можно представить как два полных двудольных графа. Первый соответствует потокам экспорта (я – тебе, ты – мне). Второй – потокам импорта (я – от тебя, ты – от меня). Число узлов (стран) каждого графа  $i=1,n$ . Поток экспорта из страны  $i$  в страну  $j$  обозначим  $EX_{ij}$  и наоборот –  $EX_{ji}$ .

Поток импорта в страну  $i$  из страны  $j$  обозначим  $IM_{ij}$  и наоборот –  $IM_{ji}$ .

Очевидно,  $EX_{ij} = IM_{ji}$ , поскольку то, что для страны  $i$  является экспортом, страна  $j$  фиксирует как импорт. Очевидно также, что это равенство справедливо для всех пар  $ij=1,n$  только тогда, когда все потоки товаров и услуг измерены в одинаковых денежных единицах. Но отчётность СНС и балансы СНС ведутся в национальных денежных единицах. Поэтому мы будем говорить не о равенстве, а об эквивалентности величин  $EX_{ij}$  и  $IM_{ji}$ , поскольку они измеряют (в национальных валютах) один и тот же поток товаров и услуг.

Известно, что текущие цены (в силу различных причин) подвержены значительным колебаниям, поэтому лучше пользоваться оценками в сопоставимых ценах. Эквивалентные значения экспорта и импорта в сопоставимых ценах будем обозначать  $EXS_{ij}$  и  $IMS_{ji}$ . Введём следующие обозначения.

Суммарный экспорт страны $i$	$EXSi = \text{SUM}(j) EXS_{ij},$	$i=1,n.$
Суммарный импорт страны $i$	$IMS_i = \text{SUM}(j) IMS_{ji},$	$i=1,n.$
Коэффициент эквивалентности	$k_{ij} = EXS_{ij} / IMS_{ji},$	$ij=1,n.$
Следствие	$EXS_{ij} = k_{ij} * IMS_{ji},$	$ij=1,n.$
Следствие	$IMS_{ji} = EXS_{ij} / k_{ij},$	$ij=1,n.$
Структура экспорта	$RE_{ij} = EXS_{ij} / EXSi,$	$ij=1,n$
при условии	$RE_{ii} = 0, \text{SUM}(j) RE_{ij} = 1,$	$RE_{ij} > 0$
Структура импорта	$RI_{ij} = IMS_{ji} / IMS_i,$	$ij=1,n$
при условии	$RI_{ii} = 0, \text{SUM}(j) RI_{ij} = 1,$	$RI_{ij} > 0$

В результате подстановок справедливы следующие соотношения.

$$EXSi = \text{SUM}(j) EXS_{ij} = \text{SUM}(j) k_{ij} * IMS_{ji} = \text{SUM}(j) k_{ij} * RI_{ij} * IMS_i, \quad i=1,n.$$

$$IMS_i = \text{SUM}(j) IMS_{ji} = \text{SUM}(j) EXS_{ji} / k_{ij} = \text{SUM}(j) RE_{ij} * EXS_j / k_{ij}, \quad i=1,n.$$

Или в матричном виде  $EXS = C * IMS$  и  $IMS = D * EXS$ , где

$EXS$  – вектор экспорта в сопоставимых ценах с компонентами  $EXSi, i=1,n$ ,

$IMS$  – вектор импорта в сопоставимых ценах с компонентами  $IMS_i, i=1,n$ ,

$C$  – квадратная матрица с компонентами  $k_{ij} * RI_{ij}, ij=1,n$ , у которой диагональные элементы равны нулю,

$D$  – квадратная матрица с компонентами  $RE_{ij}/k_{ij}, ij=1,n$ , у которой диагональные элементы равны нулю.

Очевидно,  $D$  – матрица обратная  $C$ .

### 3. МОДЕЛЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА ВВП США

Любая попытка прогнозирования или построения модели требует наличия фундаментальных показателей, индексов или коэффициентов, которые бы строились на официальных данных. Для получения таких характеристик необходима предварительная обработка статистической базы, в данном случае опирающейся на отчетность по системе национального счетоводства [6, 7]. В США ведением такой официальной отчетности (статей учета, используемых в этой работе) занимается Бюро экономического анализа [8], Бюро переписи населения [9] и Бюро статистики труда [10].

Модель строилась по принципам модели Р1-4, как это было описано выше. Здесь, для примера, приведены графики некоторых характеристик экономики США, определяющих ее текущее состояние (обозначения переменных такие же, как в модели Р1-4). Подробному описанию модели воспроизводства ВВП США будет посвящена отдельная работа.



Рис. 3. Цепные темпы использованного и произведенного ВВП.

Источник: Бюро экономического анализа США.

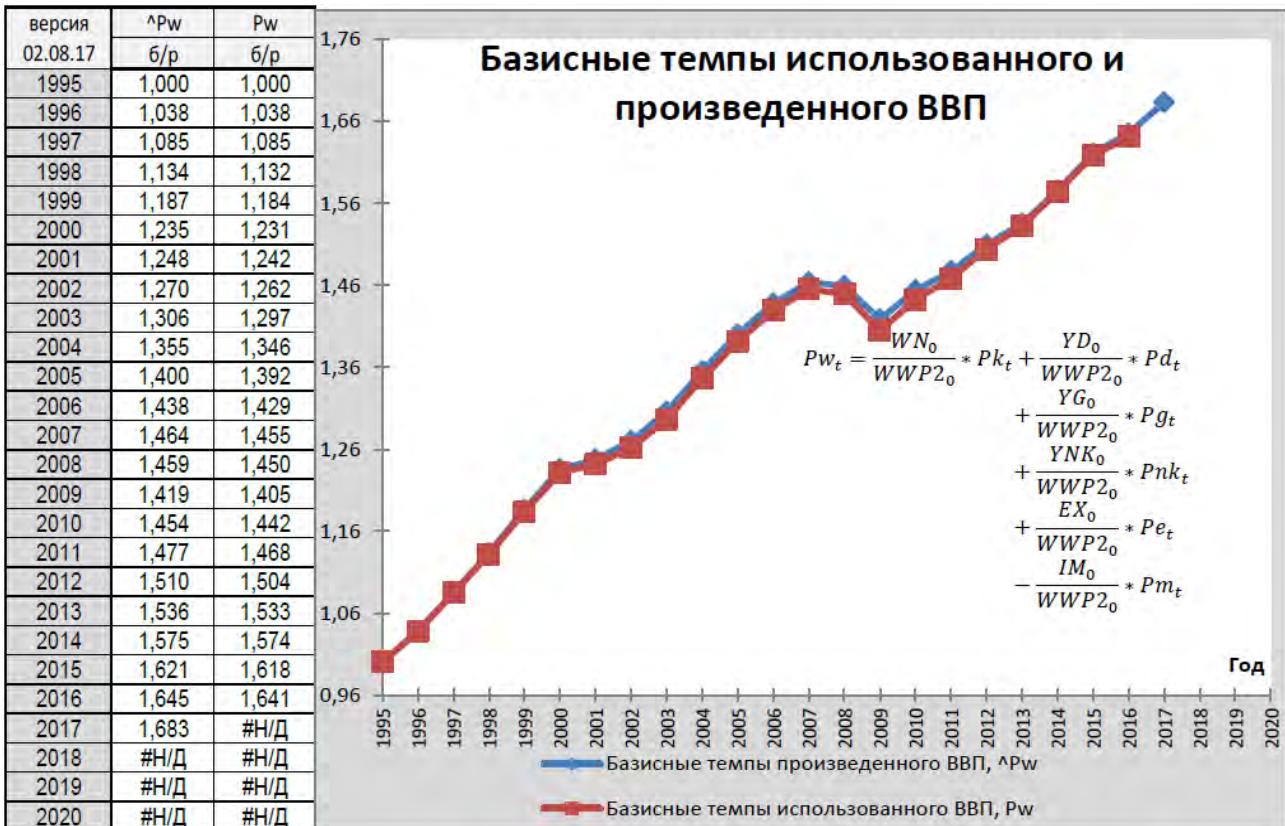


Рис. 4. Базисные темпы использованного и произведенного ВВП

Источник: Бюро экономического анализа США



Рис. 5. Регрессия числа занятых от ВВП в сопоставимых ценах

Источник: Бюро экономического анализа США, Бюро статистики труда

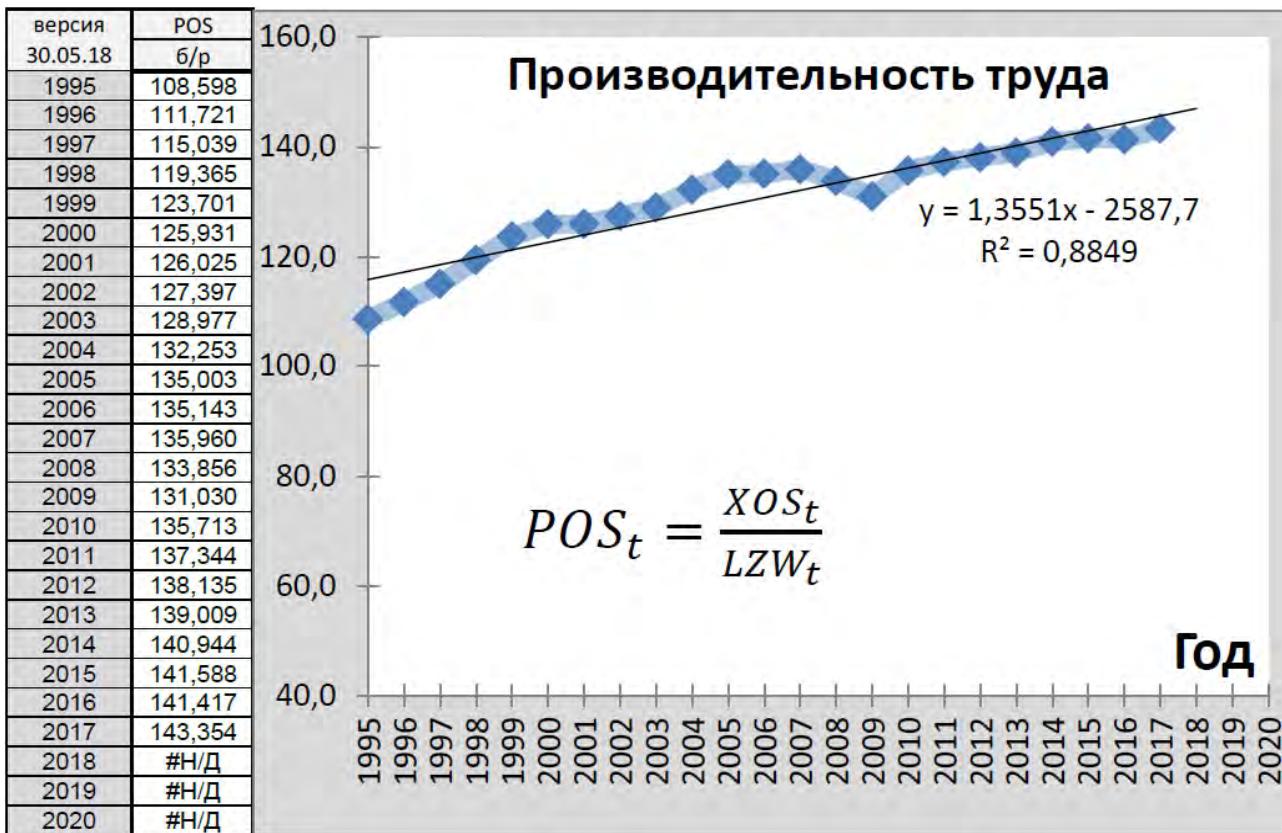


Рис. 6. Производительность труда

Источник: Бюро экономического анализа США, Бюро статистики труда



Рис. 7. Регрессия инвестиций в основной капитал от ВВП в текущих ценах

Источник: Бюро экономического анализа США



Рис. 8. Цепные темпы инвестиций в основной капитал

Источник: Бюро экономического анализа США



Рис. 9. Базисные темпы инвестиций в ОК

Источник: Бюро экономического анализа США

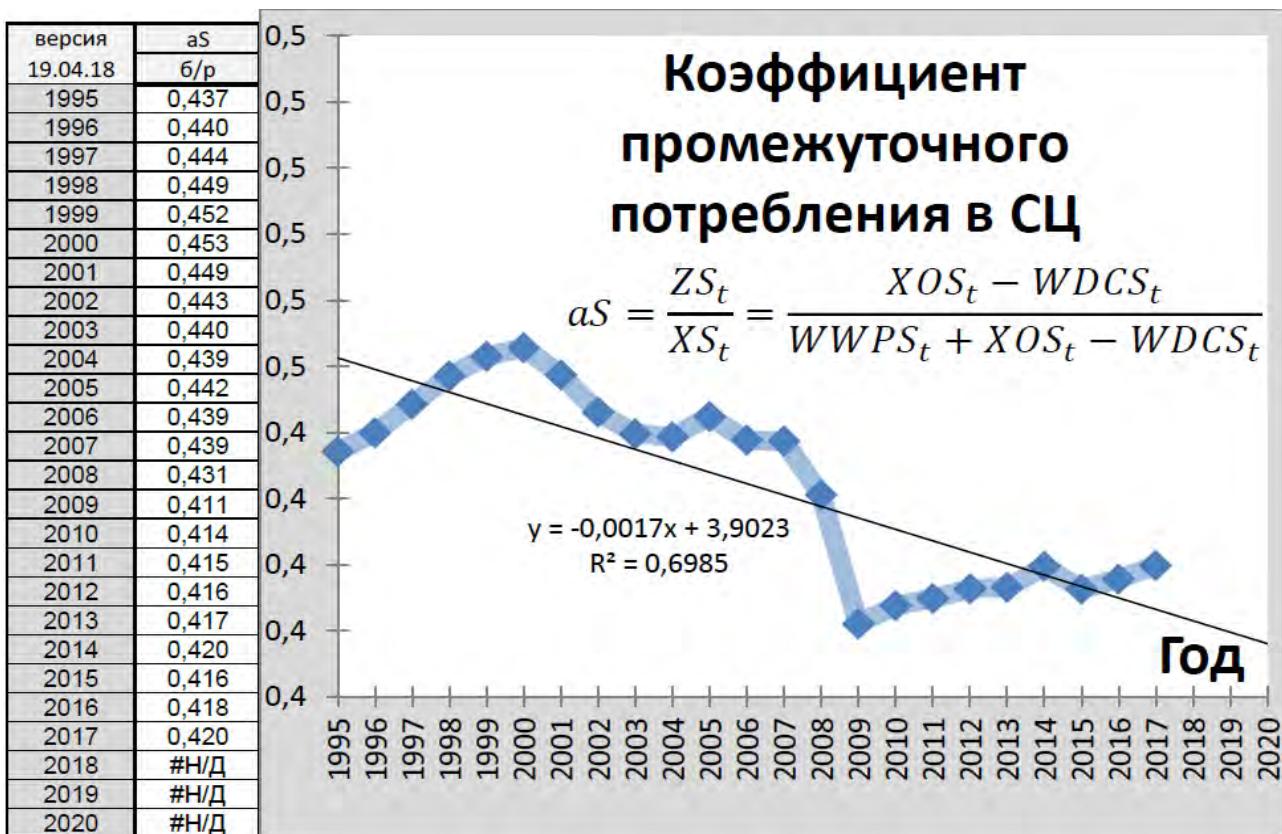


Рис. 10. Коэффициент промежуточного потребления в сопоставимых ценах

Источник: Бюро экономического анализа США



Рис. 11. Коэффициент промежуточного потребления в текущих ценах.

Источник: бюро экономического анализа США.

Хотелось бы отметить, что на ряде приведенных характеристик экономики США наблюдаются явно выраженный тренд с 1995 по 2000 гг., далее следует слом тенденции, возникший в связи со схлопыванием «пузыря доткомов» (компаний, у которых бизнес-модель предполагает работу только в пределах сети Интернет), потом следует спокойный период середины двухтысячных годов, более серьезное нарушение тренда, связанное с «ипотечным кризисом», наблюдаемое в период 2008-09 гг., и заканчивается период восстановлением предыдущего тренда.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жизнь настоятельно требует знания будущего поведения торговых и политических «партнёров», без которого экономика России систематически будет получать «мировые кризисы», «санкции» и «упущенную выгоду». Российская Академия Наук проводит исследования в этом направлении [11], а данный цикл ([1 – 4] и настоящая работа) ориентирован на развитие этих работ, разработку инструментария и получение прикладных, практических результатов.

Новым инструментом надо уметь пользоваться. Во многих отраслях такие споры давно закончились ввиду явного превосходства систем управления с формальными моделями. Кстати, в США и других развитых странах существует целая индустрия аналитики, основанной на макроэкономическом моделировании, использующей, как правило, эконометрические методы прогнозирования. Серьезную роль в анализе бюджета и проведении макроэкономических прогнозов в США играет бюджетное управление Конгресса, которое использует при анализе бюджетных предложений администрации следующие модели:

- Textbook Growth Model («Базовая Модель Роста»);
- Life-Cycle Model («Модель Жизненного Цикла»);
- Infinite-Horizon Model («Модель Бесконечного Горизонта»);
- Macroeconomic Advisers' and Global Insight's Models («Модели Макроэкономической Экспертизы и Глобального Анализа»).

Каждая модель – информационная фабрика, на которой занято несколько сот человек. У нас такая информационная индустрия полностью отсутствует.

## Литература

1. Антипов В.И. Материальный аспект воспроизводства валового внутреннего продукта в России: Монография / В.И. Антипов, Ф.Ф. Пащенко – М.: Научная книга. 2008. – 152 с. ISBN:978-5-91393-013-2
2. Антипов В.И. Модель воспроизводства ВВП России Р1-4К. Материальный аспект / В.И. Антипов, Ф.Ф. Пащенко – М., 2009.: Научное издание, ИПУ РАН, - 90с. ISBN:5-201-15028-4
3. Антипов В.И., Митин Н.А., Пащенко Ф.Ф. Макроэкономическая имитационная модель развития России // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2017. № 142. 48 с.

4. Антипов В.И., Митин Н.А., Пащенко Ф.Ф. Модифицированная макроэкономическая имитационная модель развития России // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2018. № 272. 36 с.
5. Антипов В.И., Грачёва И.И. Эскиз модели мировой экономической динамики (материальный аспект) // Вестник Российского экономического университета имени Г.В.Плеханова – 2012. –№ 10 (52). – с. 83-92
6. Основы национального счетоводства (международный стандарт): Учебник. М.: ИНФРА-М, 2005. – 480 с.
7. System of National Accounts 2008, New York, 2009, European Comission International Monetary Fund Organisation for Economic Cooperation Unaited Nations Word Bank ISBN 978-92-1-161522-7
8. Bureau of Economic Analysis Бюро экономического анализа США [В Интернете]. - <https://bea.gov/>.
9. Bureau of Labour Statistics Бюро статистики труда США [В Интернете]. - <https://www.bls.gov/>.
10. Census Bureau Бюро переписи населения США [В Интернете]. - <https://www.census.gov>.
11. Садовничий В.А, Акаев А.А., Коротаев А.А., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики / Научный совет по Программе фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук «Экономика и социология знания». ИСПИ РАН, 2012 (Экономика и социология знания). 360 с.

### Содержание

Введение .....	3
1. Некоторые модели мировой экономики .....	4
1.1. Проект ЛИНК .....	4
1.2. Модель В.В. Леонтьева.....	5
1.3. Модель Дж. Форрестера «Мир-2» .....	6
1.4. Модель С.А. Махова .....	7
2. Модель М-20 .....	7
2.1. Подготовка исходной информации .....	7
2.2. Описание модели Р1-4 .....	8
2.3. Формальные соотношения для экспорта и импорта.....	13
3. Модель воспроизводства ВВП США .....	14
Заключение.....	19