

УДК 330.43, 338.12.017

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ХИКСА-ХАНСЕНА

Пахомов Александр Вячеславович<sup>1</sup>, Пахомова Елена Анатольевна<sup>2</sup>,  
Щеголев Алексей Владимирович<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кандидат экономических наук, доцент, заместитель генерального директора по экономике и финансам;  
АО «НПК «Дедал» (ГК «Росатом»);  
Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19;  
e-mail: pakhomov\_av@dedal.ru.

<sup>2</sup>Доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры экономики;  
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»;  
Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19;  
e-mail: pakhomova.ea@phystech.edu.

<sup>3</sup>Студент магистратуры;  
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»;  
Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19;  
e-mail: alex19960105@gmail.com.

Предложен методический инструментарий оценки макроэкономического равновесия, способный в условиях цифровизации в рамках обеспечения экономической безопасности страны с целью снижения зависимости отечественной экономики от внешних факторов служить средством поддержки принятия решений, вырабатываемых как аналитическими службами органов управления различной подчиненности и иерархии, так и руководителями предприятий. Инструментарий является адаптацией к условиям отечественной экономики модели Хикса-Хансена, описывающей два базовых макроэкономических баланса – товарный и денежный рынки, и представляет собой распределенную систему моделей, основанную на принципе декомпозиции. Построение декомпозиционных зависимостей осуществлено методом корреляционно-регрессионного анализа на интервале 2011–2017 гг. Разработанный инструментарий допускает программную реализацию с целью создания соответствующей распределенной человеко-машинной системы.

Статья подготовлена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 16-06-00054 «Инструментально-методический подход к адаптации модели тройной спирали для условий России с учётом исторической ретроспективы».

Ключевые слова: экономическая безопасность, цифровизация, декомпозиция, человеко-машинность, распределенность, модель Хикса-Хансена.

## DISTRIBUTED HUMAN-MACHINE SIMULATION SYSTEM BASED ON HIKS-HANSEN MODEL

Pakhomov Alexander<sup>1</sup>, Pakhomova Elena<sup>2</sup>, Schegolev Alexey<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Candidate of Economic Sciences, Deputy General Director for Finance and Economics;  
Joint Stock Company «The Scientific Production Complex «Dedal» (Rosatom State Corporation Company);  
Russia, 141980, Moscow reg., Dubna, 19 Universitetskaya st.;  
e-mail: pakhomov\_av@dedal.ru.

<sup>2</sup>Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Economics;  
Dubna State University;  
Russia, 141980, Moscow reg., Dubna, 19 Universitetskaya st.;  
e-mail: pakhomova.ea@phystech.edu.

<sup>3</sup>Graduate student;  
Dubna State University;  
Russia, 141980, Moscow reg., Dubna, 19 Universitetskaya st.;  
e-mail: alex19960105@gmail.com.

*A methodological toolkit for assessing macroeconomic equilibrium has been proposed that can, under digitalization conditions in the framework of ensuring the economic security of a country, reduce the dependence of the domestic economy on external factors and serve as a means of decision support generated by the analytical services of various levels of authority and hierarchy of companies and managers. The toolkit is an adaptation to the conditions of the domestic economy of the Hicks-Hansen model, which describes two basic macroeconomic balances - the commodity and money markets, and is a distributed system of models based on the principle of decomposition. The construction of decomposition dependencies was carried out by the method of correlation and regression analysis in the range of 2011–2017. The developed toolkit allows software implementation in order to create an appropriate distributed man-machine system.*

*The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research as part of project № 16-06-00054, Instrumental and Methodological Approach to Adapting the Triple Helix Model to Russia in Line with Historical Retrospect.*

**Keywords:** economic security, digitalization, decomposition, man-machine, distribution, Hicks-Hansen model.

## **Введение**

Современные геополитические условия характеризуются, с одной стороны, нарастающей международной напряженностью, которая требует, в рамках обеспечения национальной безопасности, повышенного внимания к её значимой компоненте – экономической безопасности с целью снижения зависимости отечественной экономики от внешних факторов. С другой стороны, наблюдается бурное внедрение естественно-научных знаний, накопленных человечеством за последние полтора века, проявляющееся в широкомасштабной информатизации всех сфер хозяйственной жизни в связи с наступлением новой – цифровой – эры информационных технологий, обеспечивающей простоту и большую защищенность от помех дискретного сигнала по сравнению с аналоговым. Объединяя вышесказанное, представляется логичным использование цифровизации для целей экономической безопасности и экономического роста страны, что, прежде всего, означает разработку информационного инструментария с программной реализацией для поддержки принятия управленческих решений разных иерархических уровней – макро- (государственный), мезо- (региональный, отраслевой), микро- (муниципальный, уровень предприятия). Инструментарий, в свою очередь, базируется на методическом обеспечении – экономико-математическом моделировании с использованием принципов управления, учет которых допускает дальнейшую программную реализацию – человеко-машинность и распределенность.

Первый принцип подразумевает, что любая машина / система, какой бы сложной автоматикой ни была начинена, нуждается в человеческом факторе сопровождения на протяжении всего времени действия системы. Идея второго принципа следующая: система состоит из модулей, объединенных в единый комплекс; каждый из модулей предназначен для решения своей задачи; задачи распределены (декомпозированы) между модулями, которые будучи состыкованными, выполняют комплексную задачу.

В данном исследовании идея распределенности (декомпозиции) применяется к макроэкономической модели Хикса-Хансена, известной как модель равновесия товарного и денежного рынка, увязывающая описание различных по сути процессов в одном координатном поле, что, на первый взгляд, затрудняет работу с этой моделью. Однако если, считая эту модель комплексной, применить к ней описанную идею декомпозиции, то выясняется, что модель не только поддается более наглядному академическому истолкованию, например, для целей учебного процесса, но и может быть адаптирована для различных экономических условий, в частности, отечественной экономики, имеющей специфический формат представления в статистических источниках.

Одним из достоинств модели является её наглядная визуализация – для каждого рынка комплексная (композиционная) и три декомпозиционные модели располагаются взаимосвязано в углах квадранта. Это облегчает содержательную интерпретацию промежуточных результатов каждого шага моделирования, что является чрезвычайно важным для практического использования модели, поскольку такой инструментарий призван не только служить дополнительным средством при принятии решений, но и подсказывать аналитическим службам органов управления различной подчиненности и иерархии, руководителям предприятий, решения для корректировки в сторону повышения точности и надежности тех оценок, которые они привыкли делать с учетом своего опыта и выработанной на

его основе интуиции. Ведь интуиция лучше срабатывает, если она основана на специальных знаниях. К чему приведут изменения? Как изменится ключевая ставка, а, следовательно, цена заемных средств, различного рода финансовых инструментов? Какую, исходя из этого, предусмотреть оптимальную структуру соотношения собственных и заемных средств? Это только слегка очерченная вершина айсберга вопросов, которые встают перед финансовым руководством, чтобы, как минимум, провести корабль-предприятие через шторма. Даже этот небольшой перечень дает представление о комплексной задаче, которую хорошо бы уметь решать для выработки широкого кругозора, без которого трудно рассчитывать на успех при решении финансовых задач.

Ключи к решению этой задачи кроются в уже упомянутых принципах: распределить сложную задачу на подзадачи, каждую подзадачу смоделировать отдельно, затем все увязать в единый программный комплекс. При этом предусмотреть возможности вмешательства человека (ручного управления) в эту единую систему на любой промежуточной стадии для корректировки данных.

## 1. Построение кривой IS

Подробно модель Хикса-Хансена описана, например, в [3]. В рамках данной работы представим её адаптированную к условиям отечественной экономики реализацию с учетом принципа декомпозиции, опираясь на графическое представление. Под макроэкономическим равновесием понимается набор двух параметров «процентная ставка  $i$  – валовый национальный продукт  $Y$ ». На рис. 1 это точка  $O$ , являющаяся пересечением двух зависимостей, описывающих товарный  $IS$  (с английского «инвестиции – сбережения») и денежный  $LM$  (с англ. «ликвидность–деньги») рынки. Как было отмечено выше, эти зависимости представляют различные по сути процессы, поскольку за их формирование отвечают различные цепочки экономических механизмов, что проявляется в их разных наклонах в одном координатном поле  $i$ –  $Y$  [1,2].

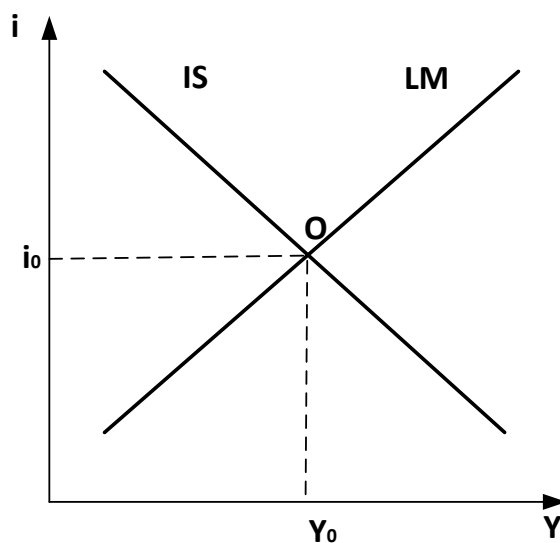


Рис. 1. Модель IS-LM

Далее реализуем механизм формирования товарной кривой (рис. 2). В правом верхнем углу – композиционная зависимость  $IS$ . Остальные три графика – это декомпозиционные подзадачи, расположенные так, чтобы из них комбинировалась кривая  $IS$  [1]. Исходными данными для расчетов послужила информация официальных сайтов на интервале 2011–2017 гг. [7-9]. Построение проводится корреляционно-регрессионным методом. Полученные параметры моделирования находятся на уровне не хуже 12%-го уровня значимости, коэффициент детерминации проявил неустойчивость, и его значение колебалось в диапазоне от 5 до 85%.

Следует отметить совпадение знаков, построенных декомпозиционных зависимостей кривой  $IS$ , с классической теорией. Добавление статистических данных 2017 года привело к улучшению качества зависимостей по сравнению с уравнениями на интервалах 2011-2015 гг. и 2011-2016 гг. [5-6]. Наиболее существенно увеличился коэффициент детерминации уравнения, описывающего связь

сбережений  $S$  и дохода населения  $Y$  (до 85%), но и качество зависимостей инвестиций  $I$  и процентной ставки  $i$ , инвестиций  $I$  и сбережений  $Y$  также возросло ( $R^2$  до 5% и 51% соответственно).

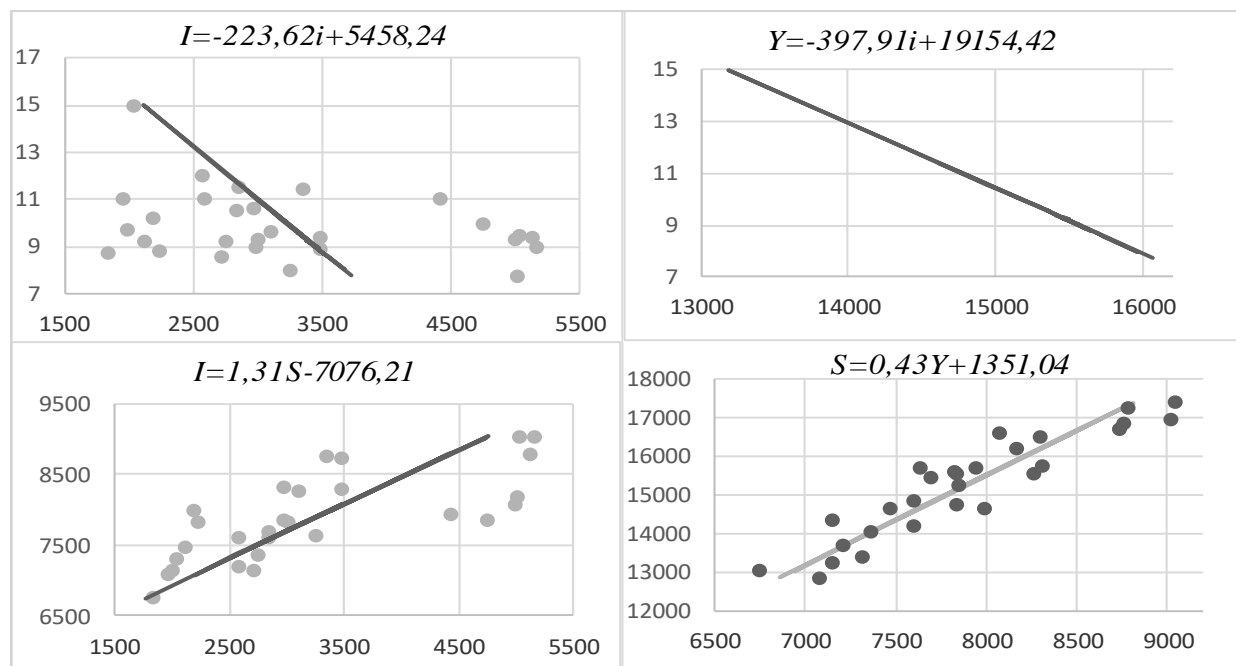


Рис. 2. Графический вид кривой IS 2011-2017

## 2. Построение кривой LM

Механизм формирования кривой  $LM$  иной, поскольку её формируют другие процессы, формулирующие другие подзадачи [1]. Здесь остановимся на особенностях адаптации модельных условий к реальным условиям отечественной статистики. Результат построения дан на рис. 3.

Отсутствие официальной статистики по показателям  $L(Y)$ ,  $L(i)$  привело к необходимости использования таких денежных агрегатов как  $M1$ ,  $M2$ ,  $M2Ш$ ,  $M3^{***}$  [4], наличие информации с официальных источников предопределило структуру методики: при описании общей денежной массы конструировался агрегат  $M3^{***}$  как сумма  $M2$ , сберегательных вкладов ( $CB$ ), государственных облигации ( $ГО$ ), а также две его вариации  $M3^* = M2 + CB$ ,  $M3^{**} = M2 + ГО$ , аналогичным образом использовался агрегат  $M2Ш$ , предоставленный сайтом ЦБ. В качестве  $L(i)$  брался показатель  $M1$ , в качестве  $L(Y)$  – разность вариации показателя общей денежной массы ( $M3^{***}(M3^*, M3^{**}), M2Ш$ ) и  $M1$ .

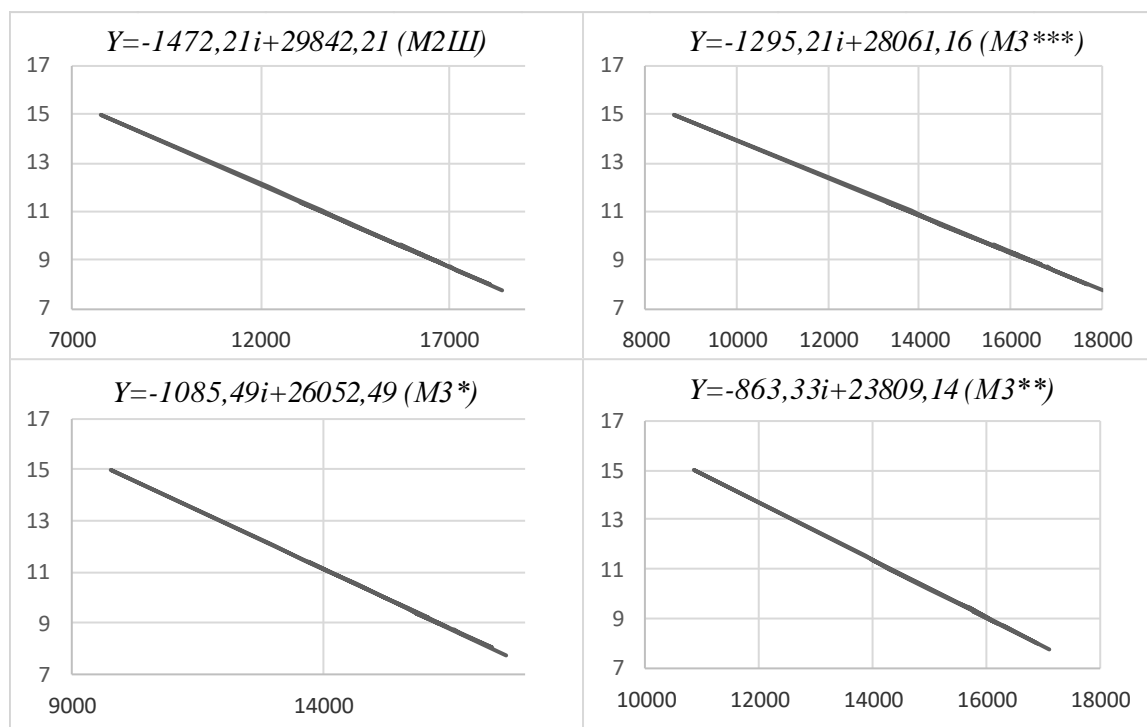


Рис. 3. Графический вид кривой LM 2011-2017

### 3. Построение модели IS-LM

После того как каждая задача решена по-отдельности, производим увязку данных кривых на одном графике (рис. 4) с последующим определением параметров макроэкономического равновесия (табл. 1).

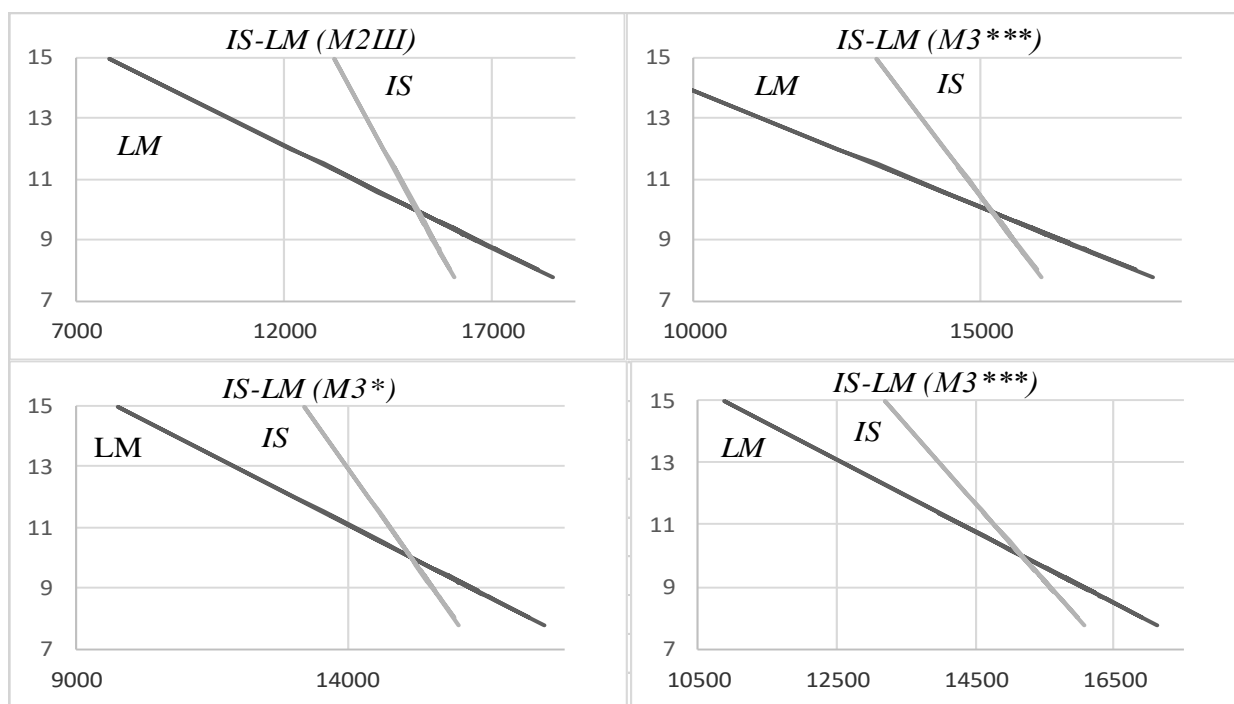


Рис. 4. Графический вид модели IS-LM 2011-2017

Таблица 1. Параметры макроэкономического равновесия

Вариация показателя общей денежной массы	Валовый национальный продукт (Y), млрд. руб.	Процентная ставка (i)	Погрешность i, %	Погрешность Y, %
M2Ш	1. 15195,76	2. 9,95	3. 265,35	4. 60,08
M3***	5. 15204,26	6. 9,93	7. 463,92	8. 87,92
M3*	9. 15162,43	10.10,03	11.506,60	12.90,13
M3**	13.15174,83	14.10,00	15.554,81	16.90,98

#### 4. Построение модифицированной кривой LM

Кривая *LM* имеет отрицательный наклон, который не соответствует классическому описанию. Для получения кривой *LM* с положительным наклоном положительный наклон, исходное балансовое уравнение модифицировалось путем введения показателей фондов, а именно посредством гипотетическое введение таких элементов как Резервный фонд и Фонд национального благосостояния в качестве составной части спекулятивного спроса позволило получить кривую *LM*, имеющую положительный наклон, который соответствует теоретическому описанию (рис. 5). На этой стадии потребовался учет специфики экспериментального материала – отечественной официальной статистики. Работа с ней существенно модифицировало идеальные теоретические представления, сказываясь на методике, выявляя трудности обработки данных, их статистической обработки и, в конечном итоге, на интерпретации результатов.

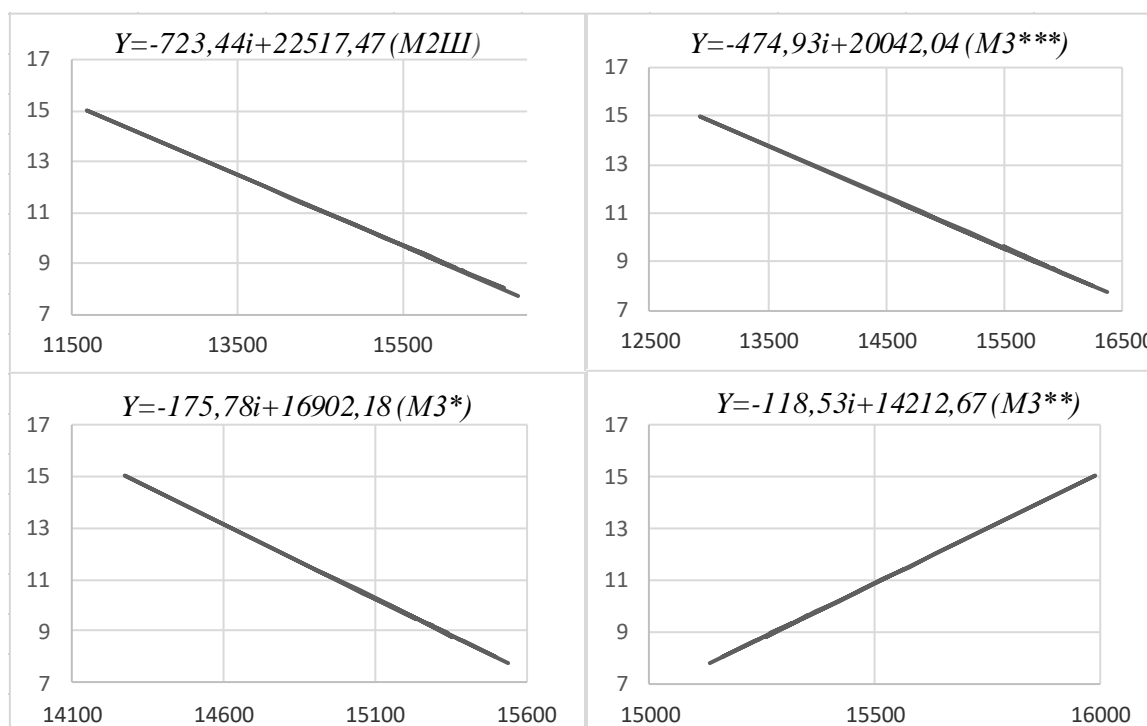


Рис.5. Графический вид модифицированной кривой LM 2011-2017

Аналогично получим графический вид модели (рис. 6) и новые параметры макроэкономического равновесия, представленные в таблице 2.

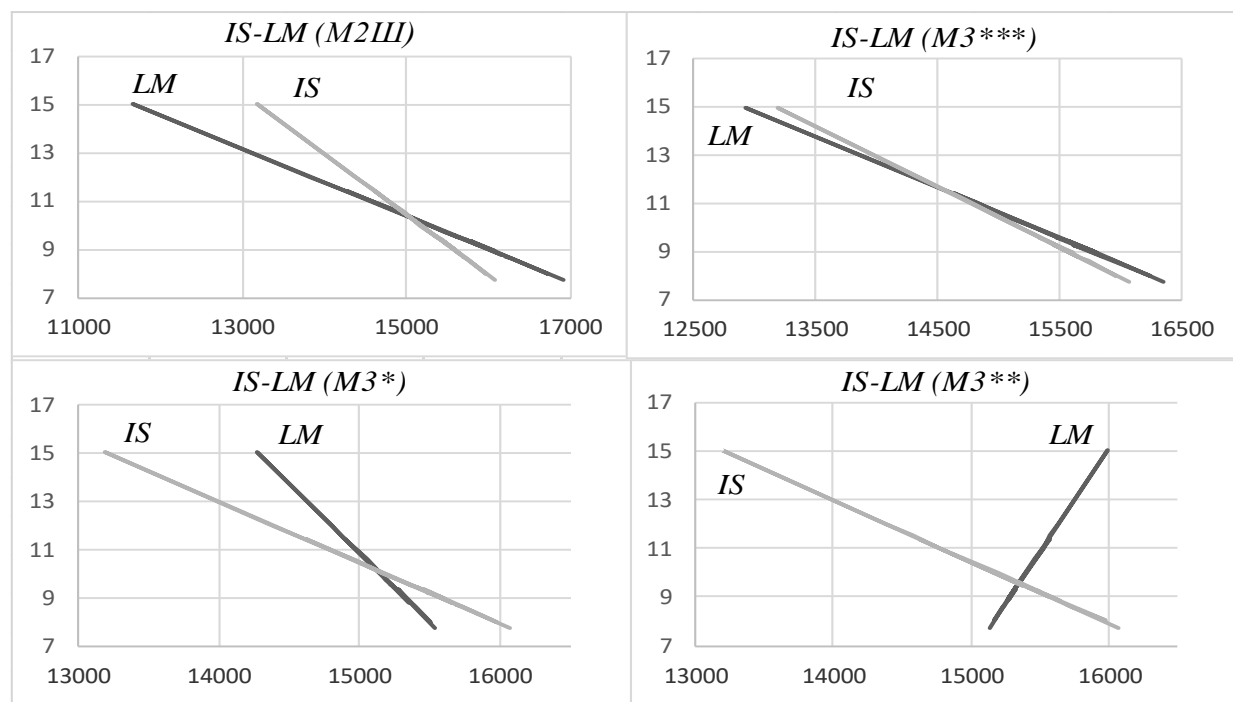


Рис. 6. Графический вид модели IS-LM 2011-2017

Реализация двух вариантов построения кривой  $LM$  показала, что связь между спекулятивным спросом на деньги и процентной ставкой почти отсутствует, но наблюдаемая незначительная зависимость между данными показателями является убывающей, то есть чем выше при прочих равных условиях рыночные процентные ставки, тем меньше величина спекулятивного спроса на деньги. Уровень транзакционного спроса находится в прямой зависимости от уровня валового внутреннего продукта.

Таблица 2. Параметры макроэкономического равновесия.

Вариация показателя общей денежной массы	Валовый национальный продукт ( $Y$ ), млрд. руб.	Процентная ставка ( $i$ )	Погрешность $i$ , %	Погрешность $Y$ , %
$M2III$	17.15043,61	18.10,33	19.231,81	20.466,59
$M3***$	21.14568,46	22.11,53	23.1486,26	24.558,41
$M3^*$	25.15125,27	26.10,13	27.880,04	28.103,39
$M3^{**}$	29.15346,85	30.9,57	31.305,98	32.22,61

Результаты построения модели на интервале 2011-2017 гг. можно сравнить с результатами на интервале 2011-2015 гг. и 2011-2016 гг. по следующим критериям: параметры моделирования, макроэкономического равновесия и их погрешности [5-6]. В таблице 3 представлено сравнение по данным критериям, которое демонстрирует, что ежегодное обновление и дополнение статистических данных позволяет улучшить качество уравнений кривой  $IS$  всех временных интервалах. В случае кривой  $LM$  увеличение исходной выборки не во всех случаях приводит к улучшению качества декомпозиционных зависимостей. Равновесные значения валового внутреннего продукта на интервале 2011-2016 гг. превышают их на интервале 2011-2015 гг., аналогичный наблюдается при использовании модифицированной кривой  $LM^*$ . Величина процентной ставки уменьшилась на интервале 2011-2016 гг. по сравнению 2011-2015 гг., на временном отрезке 2011-2017 гг. равновесная процентная ставка снизилась. Погрешности уменьшались по мере того как статистические данные пополнялись на всех исследуемых интервалах.

Таблица 3. Сравнение результатов моделирования

Параметры моделирования	Интервал сравнения					
	2011-2015 и 2011-2016			2011-2016 и 2011-2017		
	<i>IS</i>	<i>LM</i>	<i>LM*</i>	<i>IS</i>	<i>LM</i>	<i>LM*</i>
Уровень значимости параметров модели	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается	Уменьшается	Уменьшается
Коэффициент детерминации, его уровень значимости	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается	Уменьшается	Уменьшается
Параметры макроэкономического равновесия	Интервал сравнения					
	2011-2015 и 2011-2016			2011-2016 и 2011-2017		
	<i>IS-LM</i>		<i>IS-LM*</i>	<i>IS-LM</i>		<i>IS-LM*</i>
$Y$	Увеличивается		Незначительно увеличивается	Незначительно уменьшается		Увеличивается
$i$	Уменьшается		Незначительно уменьшается	Незначительно увеличивается		Увеличивается
Погрешность	Интервал сравнения					
	2011-2015 и 2011-2016			2011-2016 и 2011-2017		
	<i>IS-LM</i>		<i>IS-LM*</i>	<i>IS-LM</i>		<i>IS-LM*</i>
$Y$	Уменьшается		Уменьшается	Уменьшается		Уменьшается
$i$	Уменьшается		Уменьшается	Уменьшается		Уменьшается

## Заключение

Рассмотренная методика дает некоторое представление о масштабности проведенной работы и расчетов. Однако для практического использования необходимо регулярное повторение расчетов на меняющихся со временем данных с целью отслеживания в динамике изменений макроэкономического равновесия, что становится трудоемкой работой. При этом знание динамики макроэкономического равновесия – это умение оценивать будущее состояние экономики, т.е. весьма полезное знание, т.к. на нем основываются управленческие решения. Поэтому, чтобы сделать этот инструмент рабочим, нужна его программная реализация, основанная на цифровых технологиях, а укрупненный вывод коррелирует с исходными посылами данной работы – наше безопасное будущее напрямую сопряжено с внедрением в народнохозяйственную деятельность современных наукоемких технологий.

## Список литературы

1. Пахомов А. В., Пахомова Е. А. Методологический подход к решению задач качественного экономического анализа // Труды университета «Дубна»: Экономика: Сб. ст. Вып. 1. – Дубна: Международный ун-т природы, о-ва и человека «Дубна», 2004. – С. 59-84.
2. Пахомов А. В., Пахомова Е. А. Методика построения прогнозов макропоказателей для экономики России // Труды университета «Дубна»: Экономика: Сб. ст. Вып. 2. – Дубна: Международный ун-т природы, о-ва и человека «Дубна», 2005. – С. 19-35.
3. Сакс Дж. Д., Ларрен Ф.Б. Макроэкономика. Глобальный подход: Пер. с англ. – М.: Дело, 1996. – С. 848.



4. Третьякова С.Н., Третьяков М.М. Количественная характеристика денег: взаимосвязь денежных и кредитных агрегатов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2014. – № 3 (34). – С. 147-156.
5. Пахомов А.В., Пахомова Е.А., Щеголев А.В. Основные этапы методики определения макроэкономического равновесия на основе модели IS-LM для в условиях цифровизации экономики России // Институциональные и финансовые механизмы становления цифровой экономики: сб. матер. Международной науч.-практ. конф. (17–18 ноября 2017 г., Государственный университет «Дубна») / отв. редактор к.э.н. Г. В. Фадейчева. – М.: Философия хозяйства. Альманах Центра общественных наук и экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Специальный выпуск. 2017. Декабрь. – С. 67-79.
6. Pakhomov A.V., Pakhomova E.A. Schegolev A.V. Perspectives of modern scientific research: Collection of scientific articles. – Pegasus Publishing, Lisbon, Portugal, 2018. –Pp. 91-94.
7. Официальный сайт Минфина РФ. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minfin.ru/ru>.
8. Официальный сайт Росстата РФ. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru>.
9. Официальный сайт Центрального Банка РФ. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cbr.ru>.