

Федеральное государственное автономное учреждение высшего
профессионального образования «Национальный исследовательский
университет «Высшая школа экономики»

На правах рукописи

Фомин Алексей Владимирович

Динамическая модель равновесия фармацевтического рынка

08.00.13 - Математические и инструментальные методы экономики

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель
д.т.н, к.э.н. Акопов Андраник Сумбатович

Москва – 2013



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Содержание

Введение	3
Глава 1. Системный анализ динамики фармацевтического рынка	9

1.1 Основные характеристики российского фармацевтического рынка	9
1.2 Вычислимые модели общего экономического равновесия	17
1.3 Паутинообразная модель рыночного равновесия.....	22
1.4 Методы имитационного моделирования и системной динамики.....	28
1.5 Приведение паутинообразной модели к форме системной динамики	34
1.6 Применение агент-ориентированного подхода к моделированию экономического равновесия	38
1.7 Особенности поведения агентов-производителей в динамической модели равновесия фармацевтического рынка	41
1.8 Выводы (по главе).....	44

Глава 2. Разработка агент-ориентированной вычислимой модели фармацевтического рынка.....	47
---	-----------

2.1 Методология разработки динамической модели фармацевтического рынка	47
2.2 Исходные данные	49
2.3 Выявление факторов, влияющих на цену фармацевтических препаратов в отсутствие государственного регулирования	50
2.4 Динамическая формулировка модели без учёта государственного регулирования.....	57
2.5 Калибровка модели и оценка коэффициентов функций спроса и предложения в модели без государственного ценового регулирования	62
2.6 Доработка модели равновесия фармацевтического рынка с учётом государственного регулирования	64
2.7 Формулировка динамической агент-ориентированной модели общего равновесия фармацевтического рынка	72
2.8 Карта состояний агента	78



2.9 Алгоритм вычисления равновесия в модели.....	82
2.10 Выводы (по главе).....	84
Глава 3. Реализация информационно-аналитической системы на основе динамической модели равновесия фармацевтического рынка	86
3.1 Архитектура информационно-аналитической системы для анализа динамики фармацевтического рынка.....	86
3.2 Реализация динамической модели равновесия фармацевтического рынка в среде имитационного моделирования PowerSim.....	91
3.3 Верификация модели	98
3.4 Тестирование модели на устойчивость.....	104
3.5 Расчёты эффективности государственного ценового регулирования фармацевтического рынка.....	107
3.6 Моделирование поведения агентов при различных сценариях государственного регулирования	110
3.7 Выводы (по главе).....	117
Заключение.....	118
Библиографический список	120
Приложение 1. Оценка параметров регрессионных уравнений в SPSS	131
Приложение 2. Результаты расчётов цен на препараты.....	137
Приложение 3. Описание информационной базы исследования	139



Введение

В последнее время в России активно применяется политика государственного регулирования фармацевтического рынка. С 2010 г. в качестве инструмента политики регулирования используется ограничение максимальных отпускных цен на препараты из устанавливаемого государством перечня жизненно-необходимых и важных лекарственных средств (далее - ЖНВЛС). Оценка эффективности проводимой политики является интересной и актуальной задачей.

Российский фармацевтический рынок характеризуется рядом проблем, связанных в основном с дефицитом важнейших (в том числе – входящих в перечень ЖНВЛС) лекарственных препаратов и необоснованно высокими темпами роста цен на соответствующую продукцию. Как показывает международный опыт регулирования фармацевтического рынка, существуют различные эффективные механизмы регулирования в этой сфере. Вместе с тем по ряду объективных и субъективных причин такие механизмы не могут быть в чистом виде применены для российского рынка. Поэтому необходима разработка собственных оригинальных подходов и моделей оценки эффективности ценового и неценового регулирования российского фармацевтического рынка. В данной работе представлен разработанный новый подход, основанный на построении агент-ориентированной экономической модели общего равновесия класса Computable General Equilibrium Models («вычислимых моделей общего равновесия», далее – CGE) для фармацевтического рынка. Агентами в данной работе являются государство, обобщенный потребитель, а также фирмы-производители лекарственных препаратов, поведение которых зависит от государственной политики в области регулирования рынка и действий других агентов.



Степень научной проработанности проблемы

В настоящее время одним из основных инструментов анализа влияния различных форм государственного регулирования на экономическую систему является подход, связанный с построением вычислимых моделей общего равновесия (CGE-моделей). Как правило, данный подход заключается в описании рассматриваемой экономической системы в виде системы нелинейных уравнений в соответствии с теорией общего равновесия Вальраса. Для решения системы применяется численный метод решения CGE-моделей, разработанный ранее Г. Скарфом. Основные принципы построения CGE-моделей и примеры их использования приведены в работах Л. Тейлора, Л. Йохансена, В. Леонтьева, В. Л. Макарова, И. Г. Поспелова, А. Харбергера и др.

Компьютерная реализация CGE-модели и алгоритма ее решения в данной работе опирается на методы имитационного моделирования и системной динамики. Среди основных работы в области системной динамики и имитационного моделирования можно выделить работы Дж. Форрестера, Дж. Стермана, У. Кима, Н. Н. Лычкиной, А. С. Аكوпова и др. Подробное описание применения методов системной динамики для моделирования динамики рыночного равновесия показано А. Скрабой. В частности, А. Скраба привёл паутинообразную модель рыночного равновесия к форме модели системной динамики. Дальнейшее развитие модели, приведенной в работе А. Скрабы, применительно к фармацевтическому рынку и с учётом особенностей поведения отдельных агентов-производителей лекарственных препаратов представлено в данной работе.

Принципы агент-ориентированного моделирования (далее - АОМ), а также построения гибридных агент-ориентированных CGE-моделей описаны в работах Р. Аксельрода, Н. Аннаби, А. Р. Бахтизина, Э. Бонабо, Д. Кокборна, Т. Рузерфорда, Дж. Эпстейна и др.

Основные особенности фармацевтического рынка и его государственного регулирования описаны в работах Р. Диксона, М. В. Авериной, С. Шуляка, Б. В. Чарчана, В. В. Уварова.

Цель исследования – разработка научно-обоснованных методов, моделей и инструментов для моделирования динамики российского фармацевтического рынка и поведения основных рыночных агентов при различных сценариях государственного регулирования.

Основные **задачи исследования** включают:

- 1) разработку динамической агент-ориентированной модели равновесия фармацевтического рынка класса CGE, учитывающую возможные варианты государственной политики регулирования фармацевтического рынка и стратегий агентов - производителей лекарств;
- 2) проведение численных экспериментов с использованием разработанной модели равновесия фармацевтического рынка на реальных данных;
- 3) создание экономико-математического инструментария для анализа и прогнозирования влияния государственного регулирования фармацевтического рынка на основные рыночные показатели и поведение рыночных агентов;
- 4) формирование рекомендаций по выбору наилучшего сценария государственного регулирования фармацевтического рынка, обеспечивающего максимизацию доли агентов-производителей, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов.

Объектом исследования является российский фармацевтический рынок.

Предметом исследования являются методы, модели и информационные технологии, обеспечивающие формирование комплекса компьютерных динамических вычислимых моделей общего равновесия.

Методологической и теоретической основой исследования являются:

- 1) паутинообразная модель рыночного равновесия;
- 2) методы построения и решения вычислимых моделей общего равновесия (CGE);
- 3) методы системной динамики и имитационного моделирования;
- 4) методы агент-ориентированного моделирования;
- 5) работы российских и зарубежных авторов в области анализа эффективности государственного регулирования фармацевтического рынка.

Для решения поставленных в диссертационном исследовании задач применяется инструментарий CGE-моделирования, статистический анализ данных, теория вероятностей, методы системной динамики и имитационного моделирования.

Информационная база исследования. В качестве информационной базы для анализа и оценки финансового состояния предприятий были использованы результаты аудита продаж лекарственных препаратов в розничном, госпитальном и ДЛО сегменте за 5 лет, а также информация из государственного реестра предельных отпускных цен на лекарственные препараты. В качестве источника данных была использована база данных агентства IMS Health.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Разработана новая агент-ориентированная многопродуктовая динамическая модель равновесия фармацевтического рынка класса CGE, представляющая собой модификацию паутинообразной модели равновесия в форме системной динамики применительно к фармацевтическому рынку и позволяющая прогнозировать основные показатели фармацевтического

рынка для отдельных торговых наименований, регионов сбыта и производителей лекарственных препаратов с учётом государственного регулирования. Отличительной особенностью построенной модели является возможность учесть взаимное влияние агентов на их стратегию в различных рыночных условиях.

2. Впервые были получены количественные оценки эффективности различных методов государственного регулирования цен в применении к фармацевтическому рынку РФ при помощи проведенных численных экспериментов с использованием разработанной динамической модели равновесия фармацевтического рынка.

3. Разработан и внедрен новый экономико-математический инструментарий, предназначенный для моделирования динамики цен, объемов продаж, а также поведения экономических агентов на фармацевтическом рынке, позволяющий учитывать специфичное для российского фармацевтического рынка государственное регулирование и оценивать его эффективность.

4. Впервые предложены рекомендации по выбору сценариев государственного регулирования российского фармацевтического рынка, направленных на повышение доли агентов-производителей, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов.

Теоретическое значение представленных в работе результатов состоит в разработке новой модификации паутинообразной модели равновесия, адаптированной к фармацевтическому рынку и позволяющей учитывать различные формы государственного регулирования фармацевтического рынка, а также оценивать их эффективность и влияние на поведение производителей лекарственных препаратов.

Практическая значимость исследования заключается в разработке комплексной информационной системы, позволяющей автоматизировать процесс анализа и прогнозирования основных показателей российского

фармацевтического рынка, моделировать стратегии поведения основных агентов-производителей на фармацевтическом рынке, а также решать задачи поиска наилучшей политики государственного регулирования фармацевтического рынка на основании различных выбранных критериев оптимизации. Верификация модели, лежащей в основе информационной системы, включая тестирование качества прогноза модели и тестирование модели на устойчивость, проведена для 30 000 лекарственных препаратов различных сегментов фармацевтического рынка в разрезе торговых наименований, производителей и регионов.

Результаты моделирования, полученные с помощью разработанной информационной системы, могут быть использованы:

- 1) менеджерами предприятий фармацевтической отрасли для прогнозирования основных показателей фармацевтического рынка и выбора наиболее подходящих стратегий деятельности предприятий;
- 2) лицами, принимающими решения о выборе политики государственного регулирования фармацевтического рынка для оценки вероятных последствий её введения;

потребителями лекарственных средств - для оптимизации затрат на их приобретения с учётом прогнозируемой цены на лекарственные препараты.

Глава 1. Системный анализ динамики фармацевтического рынка

1.1 Основные характеристики российского фармацевтического рынка

В последнее время в России наблюдается рост интереса к анализу эффективности государственного регулирования фармацевтического рынка. Различные подходы к регулированию фармацевтического рынка с различным успехом применяются и в других странах, однако выработка наиболее эффективной политики для российского фармацевтического рынка является актуальной задачей для исследования.

Отраслевыми специфичными чертами фармацевтического рынка являются [2]:

- 1) Высокая рентабельность, связанная с низкими предельными издержками производства.
- 2) Высокий уровень затрат на инвестиции в исследования и разработки (R&D) в области фармацевтики.
- 3) Высокий уровень косвенных затрат – на сбыт и продвижение продукции на рынке.
- 4) Высокая степень государственного регулирования рынка.

В целом, для фармацевтического рынка характерна ситуация, когда стоимость лекарственного препарата практически не зависит от предельных издержек на производство единицы препарата. Гораздо большую роль играют квазипостоянные (не зависящие от объема выпускаемой продукции) издержки – затраты на исследования и разработку препарата, затраты на патенты, затраты на клинические испытания и др. Из-за этого, высокие цены на лекарственные препараты представляются спекулятивными и необоснованными. Многие лекарства, в том числе жизненно-важные,

оказываются недоступными для малообеспеченных слоев населения. Государство, в свою очередь, стремится проводить политику, направленную на повышение их доступности.

Как правило, выделяются следующие формы типы государственной политики регулирования фармацевтического рынка:

- 1) Целевое обеспечение лекарственными препаратами малообеспеченных слоев населения. В РФ к мерам такого рода можно отнести государственную программу дополнительного лекарственного обеспечения (ДЛО).
- 2) Возмещение или частичное возмещение стоимости лекарственных препаратов. Данная политика характерна для стран Западной Европы и заключается в том, что после покупки часть затрат потребителей на приобретение лекарственных препаратов возмещается государством, в случае, если лекарственные препараты были приобретены по рецепту врача.
- 3) Ограничение цены на препарата. С 2010 года в РФ законодательного ограничены цены на реализацию лекарств из утвержденного перечня жизненно-важных лекарственных средств (ЖНВЛС).

Различные исследования посвящены исследованию политик регулирования в разных странах. В докладе Dickson, Michael, Hurst, Jerney, Jacobzone, Stephane, “Survey of Pharmacoeconomic Assessment Activity in Eleven Countries [90] исследованы политики, присутствующие в большинстве развитых стран Европы и Америки. В 12 из 16 западно-европейских стран присутствует прямое ограничение цен. Также во всех странах присутствуют программы возмещения стоимости для определенных категорий препаратов. Такие программы вынуждают производителей снижать цены на лекарственные препараты, чтобы они попали в список возмещаемых лекарств и чаще выписывались врачами. Особая политика применяется в

Великобритании: Департамент Здравоохранения определяет уровень наценки для каждого производителя в зависимости от его вклада в национальную экономику.

Следует отметить, что российский фармацевтический рынок существенно отличается от рынков развитых стран и имеет определенные особенности. Основные его характеристики определены в ежегодном исследовании компании DMS Group, основанном на результатах аудита рынка, проведенного компанией IMS Health [54]:

Российский фармацевтический рынок характеризуется процессами распространения и продаж лекарственных средств (препаратов) через торговые точки (аптеки) и медицинские учреждения (больницы). В настоящий момент, по данным аналитического агентства IMS Health, Российский фармацевтический рынок находится на 8-ом месте в мире по объему потребления лекарственных препаратов в денежном выражении.

Тем не менее, Россия пока значительно отстает от европейских стран по объему потребления лекарственных препаратов на душу населения, хотя в последние годы наблюдается тенденция к сокращению данного разрыва: правительством РФ поставлена цель увеличения данного показателя в три раза в ближайшие 10 лет.

Основным критериями выделения сегментов на фармацевтическом рынке является тип канала продажи и вид препарата. Основными каналами распределения для российского фармацевтического рынка являются:

- 1) розничный канал: продажи ЛС в аптеках непосредственно потребителю;
- 2) продажи медицинским учреждениям для лечения пациентов;
- 3) государственная программа дополнительного лекарственного обеспечения.

Соотношение объемов продаж для различных каналов распределения приведено на диаграмме 1:



Диаграмма 1. Продажи лекарственных средств в разрезе каналов продаж в 2010 г. (по данным IMS Health).

Вторым критерием сегментации фармацевтического рынка является вид препарата. Общепринятым стандартом классификации препаратов является «анатомо-терапевтическо-химическая классификация» (АТС) — международная система классификации лекарственных средств. АТС подразделяет лекарственные средства на группы, имеющие различные уровни. При этом, как правило, каждому лекарственному препарату, присутствующему на рынке, соответствует свой АТС-код.

Следующей важной особенностью российского фармацевтического рынка является доминирование зарубежных производителей: 78% лекарств, доступных на рынке, производится за рубежом. Соответственно, наиболее крупными производителями на рынке являются иностранные компании: SANOFI-AVENTIS, NOVARTIS и др.

Анализируя рыночную структуру российского фармацевтического рынка можно сделать вывод о том, что он относится к типу монополистической конкуренции — на рынке присутствует несколько

десятков производителей, многие из которых занимают прочные позиции в своих сегментах, однако решающего влияния на рынок в целом нет ни у кого. Таким образом, производители лекарственных препаратов имеют возможность наблюдать за действиями конкурентов и корректировать свои действия в зависимости от других игроков. Данная особенность отражена при моделировании поведения производителей лекарственных препаратов.

Следствием импорт-ориентированности рынка является ограничение возможных мер государственного влияния на рынок: из-за небольшой доли отечественных производителей государство не может эффективно проводить политику, направленную на их стимулирование. Вместо этого применяются меры, направленные на повышение доступности наиболее важных лекарств:

1. Регулирование цен лекарственных препараты, входящие в перечень жизненно-необходимых и важных лекарственных средств (далее ЖНВЛС) жизненно-важные лекарственные средства - *ценовое регулирование.*
2. Государственные закупки лекарств и система дополнительного лекарственного обеспечения - *неценовое регулирование.*

Анализируя ценообразование на российском фармацевтическом рынке, Чарчан и Уваров [53] отмечают то, что производственная себестоимость оказывает небольшое влияние на конечную цену лекарственного препарата. Среди основных факторов ценообразования они выделяют следующие:

- 1) общая стоимость курса лечения с помощью препарата;
- 2) редкость и тяжесть заболевания;
- 3) эластичность спроса на препарат по цене;
- 4) характер конкуренции в данном сегменте;
- 5) наличие или отсутствие государственного регулирования;

- б) наличие или отсутствие аналогичных дженериковых препаратов (термин «дженерик» объяснен далее);
- 7) наличие или отсутствие требований к качеству препарата.

Под дженерическим (generic) лекарственным препаратом, как правило, имеется в виду препарат, выпускающийся без лицензии компании, производящей уникальный лекарственный препарат в случае окончания действия патента или других исключительных прав.

В настоящее время на российском фармацевтическом рынке наблюдается заметное ужесточение государственного регулирования. В 2010 году вступил в силу закон «Об обращении лекарственных средств», в котором, в частности, было закреплено государственное регулирование цен на жизненно-необходимые и важные лекарственные средства (ЖНВЛС).

Позитивным следствием принятия данного закона было практически незаметный рост на жизненно-важные лекарственные средства, однако в ряде исследований были отмечены и негативные последствия:

- 1) Производители попытались компенсировать потери в других сегментах за счёт увеличения цен на препараты, не входящие в ЖНВЛС (повышение цен в смежных сегментах).
- 2) Цены на некоторые препараты не были согласованы, в результате данные лекарственные средства исчезли с рынка (сокращение предложения).

Сам процесс обеспечения государственного регулирования цен на ЖНВЛС включает в себя следующие этапы:

- 1) Регистрация цен на препараты, входящие в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов (ЖНВЛС).
- 2) Установление фиксированной цены на лекарственные препараты, закупаемые за счёт бюджетных средства в рамках целевых программ.

- 3) Установление предельных уровней оптовой и розничной надбавки к ценам ЖНЛВС в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 782 от 09.11.2001 г. «О государственном регулировании цен на лекарственные средства».

На данный момент, позитивные результаты государственного регулирования очевидны и могут быть легко оценены (отсутствие наблюдаемого роста цен на препараты, входящие в перечень ЖНВЛС). Однако для общей оценки эффективности государственной политики на фармацевтическом рынке необходимо также произвести оценку негативных эффектов государственного регулирования.

Среды возможных негативных эффектов можно выделить следующие:

- 1) сокращение потребления препаратов их перечня ЖНВЛС, вызванное снижением уровня предложения;
- 2) снижение выручки фармацевтических компаний (которое может привести к уходу производителей с рынка либо определенных его сегментов);
- 3) повышение цен на препараты, не входящие в перечень ЖНВЛС.

Для оценки негативных последствий государственного регулирования цен, выделяются различные методики оценки эффективности, как правило, использующие аппарат экономического моделирования. Janvry и Sadoulet [146], систематизируя опыт оценки эффективности государственного регулирования цен на различных рынках, выделили следующие методы оценки эффективности государственного регулирования цен с помощью различных типов моделей:

- Модели фирмы и домохозяйства. (Singh, Squire, and Strauss) [156];
- Модели частичного равновесия спроса и предложения (Tolley, Thomas, Wong) [175]

- Кросс-рыночные модели (Braverman, Hammer, and Levinsohn) [74];
- Общеэкономические модели, использующие линейное программирование (Binswanger) [69];
- Общеэкономические эконометрические модели (Goreux, Man) [102];
- Общеэкономические вычислимые модели общего равновесия (computable general equilibrium - CGE) (Taylor [167, 168 и др.], Поспелов [43 и др.], Макаров [29 и др.], Бахтизин [8 и др.] и др.)

Среди вышеперечисленных видов моделей наиболее полную картину влияния государственной политики регулирования цен дают именно CGE-модели.

Примером удачного моделирования эффективности ценового регулирования фармацевтического рынка с помощью вычислимых моделей общеэкономического равновесия является работа Abbota T. The Cost of US Pharmaceutical Price Regulation: A Financial Simulation Model [55]. Разработанная в данной работе имитационная модель позволила точно оценить негативные последствия ограничения цен – сокращение инвестиций в научные исследования.

К аналогичным выводам пришли Filson и Masia [98]: установление верхнего уровня цен на лекарственные препараты может привести к сокращению стимулов проводить дорогостоящие медицинские исследования, то есть тормозит появление новых лекарственных препаратов.

Ряд других авторов исследовали отдельные частные случаи влияния последствий государственного регулирования на цены. Dael, Strom, Naabeth в работе «Ценовое регулирование на фармацевтическом рынке» подчеркнули, что регулирование на одни из видов лекарственных средств влияет на спрос на другие лекарственные средства [85].

Ряд исследований посвящен и российскому фармацевтическому рынку. В работе Бесстремянной Г.Е. [14] исследуется доступность лекарств для

малообеспеченных слоев населения после введения монетизации льгот на лекарственные средства. По результатам проведенного исследования сделан вывод о том, что данная мера положительно повлияла как на целевую аудиторию льгот на лекарства, так и на отечественных производителей лекарственных препаратов: потребление их продукции увеличилось за счёт перераспределения спроса к более нуждающимся категориям населения.

В то же время, исследование программы дополнительного лекарственного обеспечения (ДЛО) проведенное Новицкой К.Е. показало, что введенная в 2005 г. программа ДЛО оказалась неэффективной [40].

Что касается анализа эффективности ограничения цен на препараты ЖНВЛС, то с 2010 г. исследования последствий данной меры почти не проводится. В данной работе будет предпринята попытка создать модель анализа последствий государственного ограничения цены на препараты на весь российский фармацевтический рынок и отдельные региональные рынки в разрезе отдельных производителей и видов лекарственных препаратов. В качестве методологии оценки будет использоваться CGE-модель российского фармацевтического рынка (методология CGE-моделирования описана в разделе 1.2).

Конкретная реализация подхода будет заключаться в разработке имитационной модели с использованием паутинообразного подхода и методов системной динамики (подробное описание данной модели приведено в разделах 1.3 и 1.5).

1.2 Вычислимые модели общего экономического равновесия

Подход построения динамических вычислимых моделей общего равновесия была разработан в середине XX в. и успешно применен для моделирования различных экономических процессов и в том числе, для оценки последствий различных вариантов государственного регулирования экономики. В основе данного направления лежит специальный подход к

моделированию – разработка динамических вычислимых моделей общего равновесия, также известных в западной литературе как Computable General Equilibrium Models (далее CGE-модели) [29].

Предшествующие данному подходу методы и походы к анализу экономического равновесия столкнулись со значительной сложностью получаемых моделей при моделировании множества рынков (товарный, капитала, труда) и множества экономических субъектов (потребители, фирмы, собственники капитала). Проблема заключалась в необходимости моделирования большого количества обратных эффектов: изменения показателей, связанных с деятельностью одного рынка, могут оказывать влияние на другие рынки и всю экономическую систему в целом. Для анализа эффектов обратной связи были разработаны вычислимые модели общего равновесия (CGE). Они позволяют анализировать экономическую систему в целом, моделировать взаимодействие отраслей промышленности, государства и совокупности конечных потребителей [29].

Как правило, CGE-модель представляет собой систему нелинейных уравнений, решением которой является общее экономическое равновесие. В качестве процедуры нахождения равновесия обычно применяется нахождение эндогенных цен, уравнивающих спрос потребителей и предложение производителей. Результатом решения является уровень цен, при котором спрос и предложение равны [8,29].

Впервые экономическое равновесие было проанализировано в работах Вальраса. Он предположил, что равновесие во всей экономической системе соответствует состоянию равновесия на каждом из отдельных рынков – товарном, денежном и рынке труда. Основные уравнения Вальрасовского неоклассического подхода к общему равновесию формируются при решении задачи оптимизации неоклассических функции производства и функций потребления. Ограничениями являются производственные факторы – капитал и трудовые ресурсы. Поведение потребителей в модели Вальраса

рационально, то есть направлено на достижение максимального значения целевой функции потребления при заданных бюджетных ограничениях. Точкой равновесия в модели Вальраса является набор цен, при котором спрос и предложение на каждом из рынков уравновешены.

Толчком к развитию CGE-моделей стало развитие информационных технологий, решивших проблему вычислительной сложности подобных моделей.

В. Макаров выделяет две основные группы CGE-моделей [29]:

1) Модели на основе моделей затрат-выпуска Леонтьева. Модели данного типа используются для получения количественной оценки последствий распределения дохода, полученного в краткосрочном периоде, а также к оценке результатов экономического роста отраслей экономики. Первой практической реализации модели добился Йохансен, реализовавший и рассчитавший модель для 20 секторов [111].

2) Вальрасовские CGE-модели. Данные модели развивают теорию общего равновесия Вальраса. Впервые такую модель применил Харбергер для оценки эффекта от налогообложения в двухсекторной модели [104]. Дальнейшее развитие данному направлению связано работой Скарфа, описывающей метод численного решения системы уравнений Вальраса [150].

Вальрасовские CGE-модели применяются для решения задач, связанных с получением количественной оценки последствий изменений экзогенных переменных модели на распределение ресурсов и экономическое благосостояние. Как правило, именно модели Вальрасовского типа применяются для оценки результатов государственного регулирования рынка.

Первыми CGE-моделями были модели общего экономического равновесия, в частности модель межотраслевого баланса Леонтьева. С помощью созданной Леонтьевым матрицы межотраслевого баланса,

возможно оценить последствия ценовой политики для выбранного сектора экономики. В основе модели используются следующие соотношения:

$$X_{ij} = a_{ij} X_j ,$$

где X_{ij} , выпуск i - ого сектора, требуемой для производства продукции j -ого сектора

a_{ij} - коэффициент "затраты- выпуск".

Введение в эту модель функции спроса F_i приводит к модели вида:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + F_i .$$

В дальнейших исследованиях, в частности, в работе Sadoulet и Janvry [146] матрица затрат-выпуска была приведена к матрице социальных счетов, также известной как Social Accounting Matrix (SAM). Для экзогенных счетов, коэффициенты матрицы SAM являются постоянными. Под экзогенными счетами в модели SAM подразумеваются счета, для которых уровень затрат не зависит от уровня дохода, в то время как эндогенными счетами являются счета, для которых изменение в уровне дохода приводит к изменению уровня затрат.

Среди недостатков моделей Леонтьева и SAM обычно выделяют то, что они не рассматривают возможный случай сокращения производительности того или иного сектора. Для устранения данного недостатка был разработан класс смешанных экзогенно-эндогенных моделей затрат-выпуска, где производительность секторов могла быть уменьшена экзогенно.

В дальнейшем, CGE-модели применялись для решения различных задач управления, распределения дохода, анализа государственной политики и стратегии развития, выбора налоговых ставок и других проблем, связанных с обеспечением долгосрочного роста. Среди основных преимуществ использования инструментария CGE-моделирования выделяются:

1) Возможность моделировать различные возможные альтернативные взаимодействия;

2) Возможность проводить численное исследование моделей CGE, в том числе, предъявляющих высокие требования к вычислительным ресурсам.

После популяризации CGE-подхода для анализа экономической политики на национальном уровне, они стали применяться на уровне регионов, например, была создана региональная модель штата Оклахома [120]. Особенностью региональных CGE-моделей является большая открытость – регионы представляют собой менее замкнутую систему, чем государство в целом. Из-за этого в CGE-моделях более важную роль играют торговля товарами и перераспределение ресурсов. В частности, региональные модели предполагают возможность неравенства сбережений и инвестиций – для учёта тех случаев, когда экономические агенты предпочитают инвестировать в других регионах, если там обеспечена большая норма доходности. Соответственно, региональные CGE-модели позволяют анализировать влияние политики на перераспределение сбережений между регионами.

В данной работе регионы Российской Федерации (федеральные округа) используются как аналитическое измерение: одним из направлений моделирования будет выбор производителями регионов сбыта своей продукции в условиях государственного регулирования.

Основным центром разработки CGE-моделей в России является ЦЭМИ РАН. В частности, в 1997 г. академиком РАН Макаровым [28] была создана модель RUSEC (RUSSian EConomy). В качестве базовой модели равновесия в модели RUSEC используется модель Эрроу-Дебре, являющаяся модификацией модели Вальраса, в которой присутствует чёткое описание функций спроса и предложения. Другими особенностями модели RUSEC являются:

- 1) наличие двух систем цен – государственной и рыночной;
- 2) применение агент-ориентированного подхода (более подробно данный подход будет описан в разделе 1.6).

Вышеперечисленные особенности также будут использованы в данной работе для построения динамической модели равновесия фармацевтического рынка. Для такой задачи целесообразно выделить следующие типы агентов:

- 1) обобщенный потребитель;
- 2) государство;
- 3) производителей лекарственных препаратов.

1.3 Паутинообразная модель рыночного равновесия

В данной работе будет реализован упрощенный вариант Вальрасовской CGE-модели для оценки последствий ценового регулирования отдельного рынка. В качестве базовой рыночной микроэкономической модели будет использоваться паутинообразная модель рыночного равновесия, которая описывает товарный рынок в Вальрасовской модели общего равновесия.

Особенностью реализации модели в данной работе является рассмотрение большого количества однотипных рынков, обусловленных аналитическими разрезами – региональным и товарным.

Впервые паутинообразную модель цен и производства подробно описал М. Иезекииль (Morcedai Ezekiel) в 1938 г в своей работе "Теорема Паутины" ("The Cobweb Theorem") [97]. В данной работе он подытожил выводы других экономистов, занимавшихся этой проблемой. Его теория обладала высокой применимостью к реальным данным, вследствие чего, она получила значительный интерес среди экономистов, в том числе В. Леонтьева.

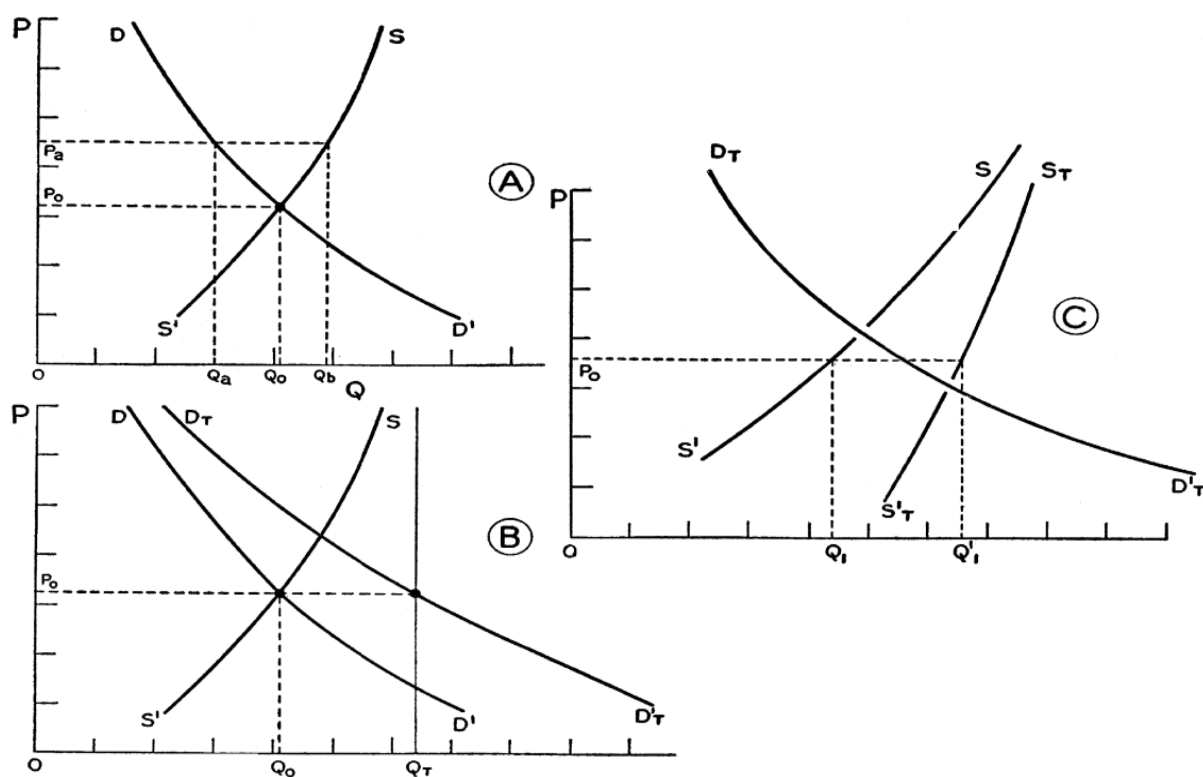
Существовавшие на тот момент статичные модели Курно и Маршалла были верными в теории, однако не подтверждались фактическими данными. В отличие от них, паутинообразные модели подтвердились многочисленными эмпирическими исследованиями.

Регулярные повторяющиеся циклы цен и выпуска для определенных видов товаров были неоднократно описаны до формулировки паутинообразной модели. Ряд экономистов исследовал данное несоответствие между наблюдаемой динамикой и теоретической траекторией движения к равновесию, которое должно было следовать из классической экономической теории. Независимые исследователи из Италии, Нидерландов и США выработали теоретическое обоснование, известное как «паутинообразная теорема» (“Cobweb Theorem”). Все трое – Шульц [154] , Тинберген [172] и Риччи [143] отмечали последовательную связь выпуска, цен и корректировок выпуска в разных направлениях между спросом и предложением. Работа Шульца рассматривала только модель сходящегося типа. В работе Тимбергера были упомянуты случаи схождения и расхождения, а Риччи проанализировал все три возможных случая – схождение, расхождение и заикливание. Окончательная теоретическая модель приведена в работе Иезекииля [97]:

Рассмотрим формулировку теорему, приведенную автором:

«В текущий момент времени, цена в условиях совершенной конкуренции, на заданном ограниченном отрезке времени, определяется взаимодействием спроса и предложения. Спрос представляется собой график, отражающий количество единиц товара Q , которое покупатели готовы приобрести по меняющейся цене P ; предложение представляется собой количество единиц товара, которое производители готовы продать за ограниченный отрезок времени по меняющейся цене P . Поскольку покупки одной единицы товара, необходима продажа одной единицы товара, количество проданного товара равняется количеству купленного товара. Таким образом, в условиях

совершенной конкуренции равновесная цена на рынке является точкой пересечения двух кривых спроса и предложения с координатами P_0 и Q_0 (см. Рис. 1)



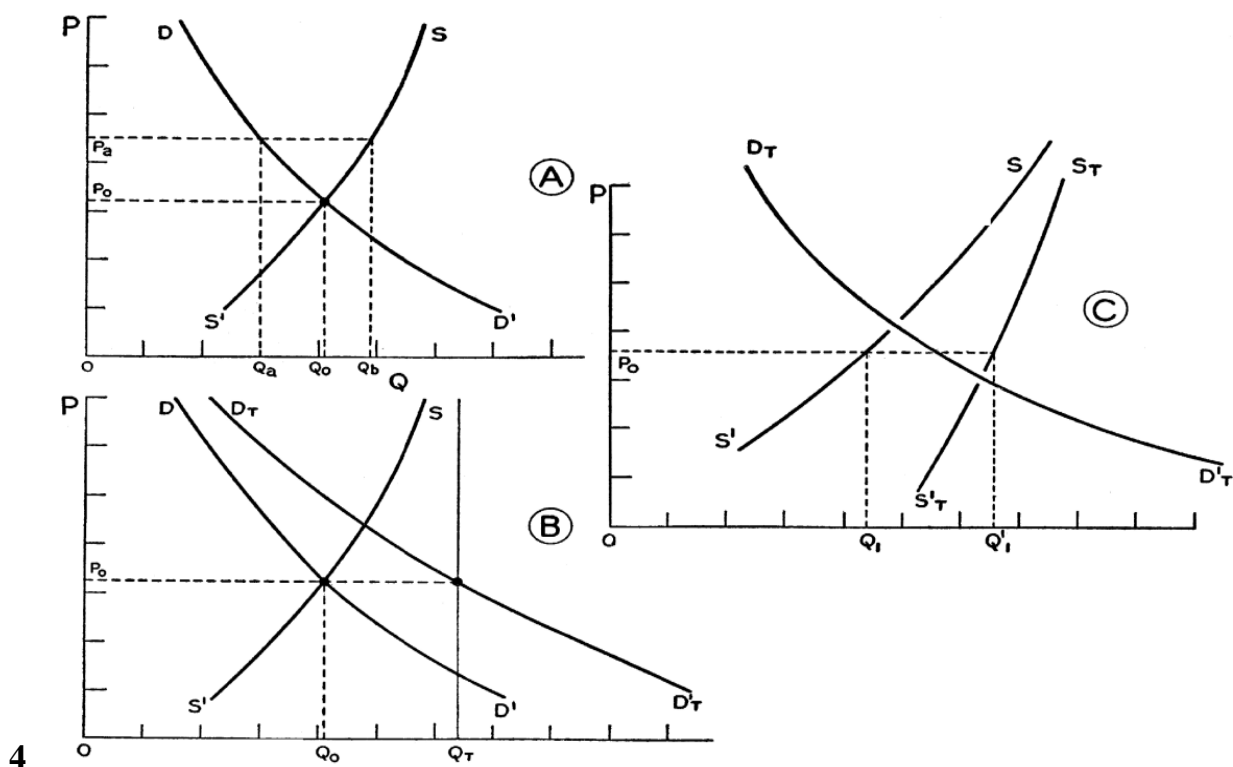


Рисунок 1. Спрос и предложение в паутинообразной модели

Для товаров, производство которых занимает конечный ненулевой интервал времени, период наблюдения должен быть настолько коротким, чтобы считать, что предложение внутри периода неизменным (например, предложение урожая в течение года). Процесс определения равновесной цены для таких товаров изображен на рисунке 1 в секции В. Общее предложение S_t представлено вертикальной линией с абсциссой в точке Q_t . Спрос представлен классической линией DD' . Если общее предложение неизменно внутри периода, то есть не зависит от цен, сложившихся внутри периода, то часть предложения может быть не продана, а накоплена. Таким образом, модель Иезекииля предполагает наличие динамики – предложение в следующем периоде зависит от рыночной ситуации в текущем периоде.

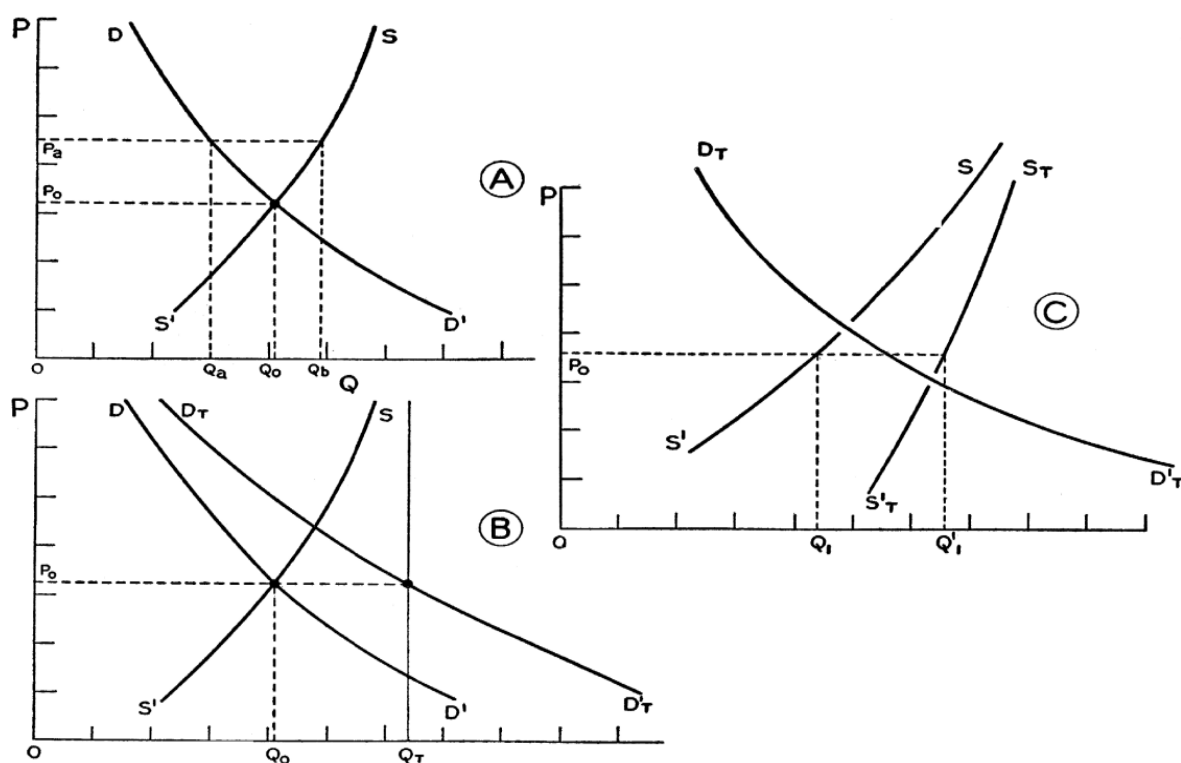


Рисунок 1 изображена кривая предложения ST' , которая показывает предложение в периоде, следующем за текущим периодом. Оно включает в себя предложение товара, произведенного в следующем периоде, а также остатки товара, нереализованного в текущем периоде.

Таким образом, предложение следующего периода зависит от уровня цен в текущем периоде. Кривая $St1$ называется кривой отложенного предложения.

Далее Иезекииль рассматривает графики кривых спроса и отложенного предложения в своей модификации классической модели.

Кривая цен показывает, как текущая рыночная цена зависит от количества доступного товара. Кривая отложенного предложения показывает, как текущее предложение зависит от цен в прошлом периоде. В рассматриваемой модели равновесная рыночная цена в прошлом периоде определяет объем предложения в текущем периоде. В свою очередь спрос и предложение текущего периода определяют рыночную цену в текущем

периоде. На основе этой цены будет сформировано предложение следующего периода и т.д.

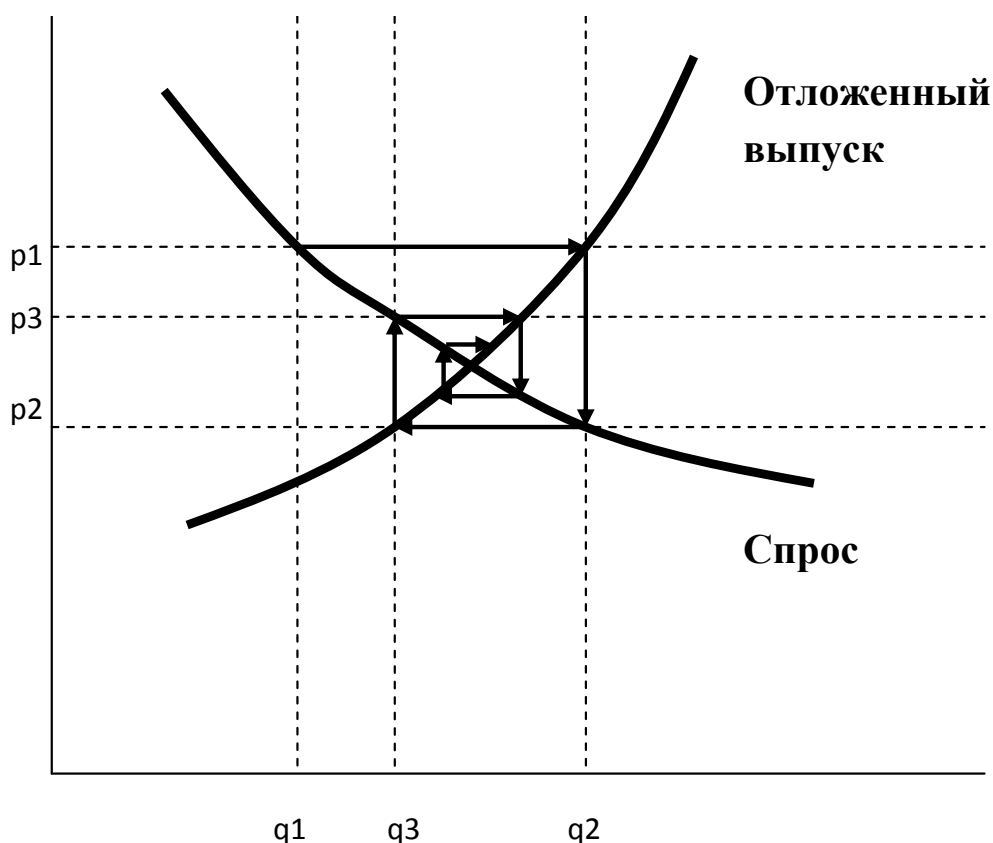


Диаграмма 2. Динамика установления равновесия в паутинообразной модели

На *Диаграмма 2.* Динамика установления равновесия в паутинообразной модели проиллюстрирован процесс итерационного уравнивания рынка:

1. Пусть в настоящий момент предложение составляет q_1 . В этом случае, оно находится ниже равновесного рыночного уровня. Для компенсирования дефицита уровень цен составит p_1 .
2. В следующем периоде производители будут ориентироваться на уровень цен p_1 , выпустив q_2 единиц товара. Из-за сформировавшегося избытка предложения уровень цен снизится до p_2 .

3. В следующие периоды уровень цен и количества товара будут стремиться к точке пересечения кривой цен и кривой отложенного предложения до тех пор, пока система не придет в равновесие.

В данной работе будет использоваться многомерная паутинообразная модель. В качестве измерений модели будут использоваться следующие характеристики лекарственных препаратов:

- 1) торговое наименование препарата;
- 2) фирма-производитель препарата;
- 3) регион сбыта препарата.

1.4 Методы имитационного моделирования и системной динамики

Компьютерная реализация CGE-модели и алгоритма ее решения в данной работе опирается на методы имитационного моделирования и системной динамики. Среди основных работы в области системной динамики и имитационного моделирования можно выделить работы Дж. Форрестера, Дж. Стермана, У. Кима, Н. Н. Лычкиной, А. С. Акопова и др.

Имитационное моделирование – разновидность моделирования, в которой математическая модель изучаемого процесса представляет собой алгоритм функционирования системы, запрограммированный для выполнения с помощью вычислительных устройств [26].

Метод имитационного моделирования предполагает исследование реальной системы по ее имитационной модели. Данный метод сочетает особенности экспериментального подхода и специфические условия средства реализации модели на вычислительной системе [26].

Имитационная модель системы основывается на выделении и описании состояний системы: каждое состояние системы описывается значениями

переменных, характеризующих систему. Изменение значений этих переменных показывает процесс изменения состояния системы. Переход к новому состоянию происходит в соответствии с правилами, заложенными в модели. Таким образом, имитационное моделирование позволяет изучить поведение системы путем наблюдения поведения системы при изменении ее состояний.

В настоящее время выделяется три основных вида имитационных моделей:

- 1) моделирование с использованием методов системной динамики;
- 2) дискретно-событийное моделирование;
- 3) агент-ориентированное моделирование.

В данной работе для решения задачи моделирования динамики фармацевтического рынка используется гибридный подход, включающие использование методов системной динамики и агент-ориентированного моделирования.

«Системная динамика — направление в изучении сложных систем, исследующее их поведение во времени и в зависимости от структуры элементов системы и взаимодействия между ними, в том числе причинно-следственных связей, петель обратных связей, задержек реакции, влияния среды и других» (Акопов, 2012) [3].

Методы системной динамики получили широкую известность во второй половине XX-ого века. Впервые методы системной динамики были представлены в 1961 году в книге Джея Форрестера «Индустриальная динамика», описывающей базовые идеи системно-динамического моделирования для комплексного описания и исследования фирмы в виде системы [51]. Деятельность фирмы в данной работе рассмотрена как совокупность взаимосвязанных организационных функций. Динамика

поведения фирмы, в свою очередь, определяется особенностью организационной структуры.

Развитие данного метода представлено в следующей работе Форрестера – «Мировая динамика» [52], в которой представлена универсальная модель динамики ресурсов планеты. В результате применения имитационного моделирования, Форрестер пришел к выводу, что наблюдаемый на момент моделирования рост населения и капитала приведет к увеличению загрязнения окружающей среды, снижения уровня невозобновляемых ресурсов, что впоследствии приведет к сокращению населения и капитала.

Идеи Форрестера были успешно дополнены другими исследователями, в частности широко известны работы Джона Стермана [161], Кима Уоррена [118,119], Морекрофта [133].

В настоящее время, под системной динамикой подразумеваются принципы и методы анализа динамических систем с обратной связью и особенности их применения для решения различных экономических и организационных задач.

В основе системной динамики лежит предположение, что поведение системы определяется ее структурой. Основными элементами структуры системы в системной динамике являются переменные и связи. Связи отражают причинно-следственные соотношения между двумя переменными. Выделяется 4 основных типа переменных:

1. Время – дискретный «такт» системы
2. Запас – переменная, равная накопленному количеству некоторого «продукта» с момента начала действия модели
3. Поток – переменная, характеризующая изменения продукта за 1 единицу времени

4. Конвертер – вспомогательные переменные, которые представляют собой константы, либо вычисления, основанные на других переменных.

В данной работе методы системной динамики используются для реализации паутинообразной модели фармацевтического рынка в информационной системе имитационного моделирования. Полученная имитационная модель будет использоваться для анализа эффективности государственного регулирования российского фармацевтического рынка.

Рассмотрим основные особенности процесса создания моделей системной динамики. Согласно Стерману [161] процесс разработки имитационной модели состоит из следующих пяти этапов:

1. Формулировка проблемы.

Формулировка проблемы – наиболее важный этап в процессе моделирования. Наличие ясной цели позволяет потребителям модели использовать ее для решения практических задач:

В соответствии с целью можно определить критерии для определения факторов, которые целесообразно игнорировать и факторов, которые являются необходимыми составляющими модели. Также на основании цели модели можно определить рамки.

В данной работе целью системно-динамической модели является поиск равновесного состояния рынка – уровня цен, при котором спрос и предложение уравновешены.

Рамки модели в данной работе ограничены товарным российским фармацевтическим рынком и его сегментами. При этом рассматривается только рыночная динамика – внутреннее поведение агентов (производственные функции производителей, функции полезности

потребителей) в данной работе не рассматриваются как объекты моделирования.

2. Формулировка динамической гипотезы.

После того, как проблема идентифицирована и описана в достаточном горизонте времени, необходимо разработать теорию, называемую динамической гипотезой, которая будет учитывать поведение проблемы. Под динамической гипотезой подразумевается, что она предположительно объясняет динамику рассматриваемой системы в терминах обратной связи, структуры остатков и потоков системы. При этом, гипотеза является предположением, которое может быть отвергнуто или переработано в ходе дальнейшего процесса моделирования.

Динамическая гипотеза – это рабочее предположение о природе проблемы. Она направляет процесс моделирования, фокусируя внимание на определенных факторах. Большая часть оставшегося процесса моделирования направлено на тестирование и проверку динамической гипотезы, как с помощью имитационного моделирования, так и с помощью сбора информации о реальном мире.

В данной работе используется следующая динамическая гипотеза: поведение основных показателей российского фармацевтического рынка (уровень цен и объем продаж) удовлетворяют поведению, описываемому паутинообразной моделью рыночного равновесия (описанной в разделе 1.3).

3. Разработка имитационной модели.

После того, как определена цель моделирования, определены границы модели и сформулирована динамическая гипотеза, необходимо разработать модель, реализующую динамическую гипотезу. Результатом данного этапа является переход с уровня диаграмм на уровень полностью

специфицированной формальной модели, позволяющий найти решение в терминах уравнений, параметров и начальных условий.

Формализация концептуальной модели помогает найти и разрешить ряд противоречий, которые не были выявлены ранее и даёт реальную проверку модели на возможность ее понимания.

Формализованное описание разработанной в данной работе модели приведено далее во второй главе диссертации в разделе 2.7.

4. Тестирование.

После составления формализованного описания модели, она может быть протестирована. Суть тестирования модели состоит в сравнении имитированного поведения модели с поведением системы в реальном мире. Кроме того, помимо тестирования качества прогноза, получаемого с помощью модели, необходимо проверять модель на устойчивость и чувствительность. Результаты тестирования помогает определить существенные недостатки модели и предоставляют базис для ее дальнейшего совершенствования.

Описание тестирования модели в данной работе приведено в третьей главе диссертации в разделе 3.4.

5. Формирование рекомендаций и оценка.

После того, как модель откалибрована, протестирована и соответствующим образом усовершенствована, она может применяться для выработки рекомендаций. Выработка рекомендуемых политик включает разработку принципиально новых стратегий, структур, правил.

В данной работе, устойчивость рекомендуемых политик и их чувствительность к неопределенности параметров и структуры модели оценена в широком спектре альтернативных сценариев. Также учтено взаимное влияние политик, потому что общая их комбинация редко является

суммой их эффектов: часто политики взаимно усиливают друг друга и дают синергетический эффект.

В данной работе построенная модель существенно модифицируется для анализа различных вариантов политики государственного регулирования фармацевтического рынка:

1. В модель добавляется возможность ограничения цены на ряд препаратов. В свою очередь, для уравнивания добавляется механизм перераспределения спроса.
2. В модель добавлены различные варианты поведения производителей, в том числе в условиях государственного регулирования.

Ряд рекомендаций, полученных в данной работе в результате моделирования, приведен в третьей главе диссертации в разделе 3.6.

1.5 Приведение паутинообразной модели к форме системной динамики

Адаптация паутинообразной модели рыночного равновесия к форме, пригодной для реализации в форме модели системной динамики приведена в работе А. Скрабы – «Паутинообразная модель в форме системной динамики» рассмотрен процесс представления паутинообразной модели равновесия к стандартной форме для моделей системной динамики [157]. В качестве исходной модели в данной работе рассматривается классическая паутинообразная модель равновесия спроса-предложения для произвольного рынка.

Динамическая гипотеза данной модели заключается в следующем механизме: «Количество товара, доступное для продажи в текущем году зависит от того, сколько товара было произведено, что в свою очередь зависит от того, какие цены на товар сложились в прошлом году. Предполагается, что рынок является рынком совершенной конкуренции, а

функции спроса и предложения линейны. Рассматривается модель с адаптивными ожиданиями».

В работе Скрабы отмечено, что основные характеристики паутинообразной модели близки к моделям системной динамики – равновесие, конкуренция, поведение экономических агентов, задержки и корректировки. Тем не менее, форма модели требует ряда преобразований. В качестве основной причины того, что классическая паутинообразная модель рынка не подходит для прямого преобразования к стандартным элементам моделей системной динамики – уровням и потокам, заключается в ее базовой формулировке: функциям спроса и предложения, выраженным в следующей форме:

$$Q_d(k) = a + bP(t) \quad (1)$$

$$Q_s(k) = c + dP(t-1) \quad (2)$$

Где параметры a, b, c, d являются специфичными для каждого рынка и определяются статистически, а $P(t)$ [цена] и $Q_s(t)$ [предложение] ограничены положительными значениями. В паутинообразной модели предполагается, что в любой период, производители предлагают определенное количество товара, а затем цена уравнивается потребительским спросом. Предполагая равновесие спроса и предложения $Q_d(t) = Q_s(t)$, получается, что равновесная цена равна:

$$P(t) = \frac{d}{b} P(t-1) + \frac{c-a}{b} \quad (3)$$

Однако, в стандартной формулировке модели не описан процесс перехода из состояния $t-1$ к состоянию t .

Далее предлагается следующая трансформация модели. Цена P и количество товара Q могут быть обозначены как уровни, зависящие от потоков – изменений цены и количества. Спрос и предложения

представляются как зависимые от цены переменные. Убирая аргумент времени $t-1$ можно перейти к следующему набору уравнений:

$$\begin{aligned} Q_d(t+1) &= a + bP(t+1) \\ Q_s(t+1) &= c + dP(t) \\ P(t+1) &= \frac{d}{b}P(t) + \frac{c-a}{b} \end{aligned} \quad (4-6)$$

Уравнения 4-6 позволяют определить потоки в модели. Рассмотрим определение потока изменения цены $R_p(k)$. Данный поток может быть определен как изменение уровня цен, а именно:

$$R_p(t) = P(t+1) - P(t) = \frac{c + dP(t) - Q_s(t)}{b} \quad (7)$$

Для определения потока изменения количества товара $R_q(k)$ потребуется специальным образом добавить фактор времени. Для этого добавляются временные аргументы $t+1$ и $t+2$, чтобы освободить аргумент $t-1$, который присутствует в уравнении 2.

$$R_p(t) = Q_s(t+2) - Q_s(t+1) = d \frac{d + dP(k^*) - Q_s(k^*)}{b} \quad (8)$$

$$P(t-1) = \frac{bP(t) - c + a}{d} \quad (9)$$

$$Q_s(t-1) = a + bP(t) \quad (10)$$

Уравнение 10 получено из факта $Q_d(k) = Q_s$ и уравнения 4. Подставляя уравнение 9 в уравнение 10 получаем:

$$Q_s(k-1) = a + \frac{b^2P(k) - bc + ab}{d} \quad (11)$$

Подставляя уравнения 9 и 11 в уравнение 8, получается упрощенная форма записи для потока изменения количества:

$$R_q(k) = -a + c - (b-d)P(k) \quad (12)$$

В результате вышеописанных преобразований, паутинообразную модель можно сформулировать в виде следующей стандартной системно-динамической формы, соответствующей стандартам системной динамики:

$$\begin{aligned} Q_d(k+1) &= Q(k) + \Delta t R_q(k) \\ R_q(k) &= -a + c - (b-d)P(k) \\ P(k+1) &= P(k) + \Delta t R_p(k) \\ R_p(k) &= \frac{c + dP(k) - Q_s(k)}{b} \end{aligned} \quad (13-17)$$

Далее в работе Скрабы рассматриваются 3 случая возможного поведения такой модели (приведены на диаграмме 3):

- 1) Стабильная система, в которой спрос и предложение сходятся.
- 2) Нестабильная система, в которой спрос и предложения расходятся
- 3) Бесконечно зацикленная система, в которой спрос и предложение меняются циклически.

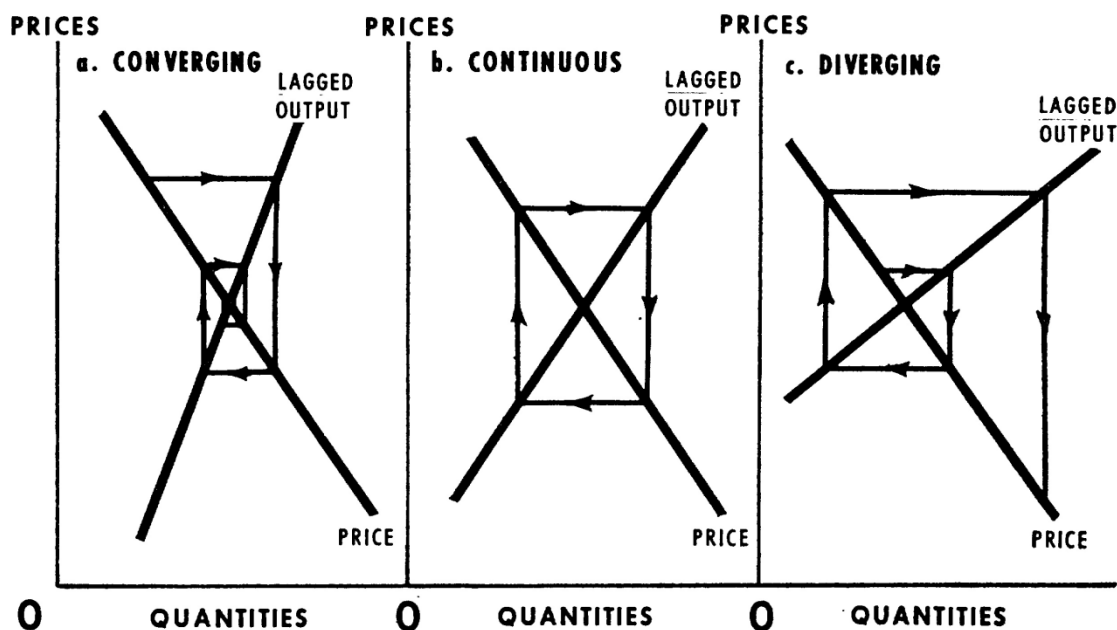


Диаграмма 3. Три варианта поведения паутинообразной модели

1.6 Применение агент-ориентированного подхода к моделированию экономического равновесия

Сравнительно новым инструментом экономического моделирования являются агент-ориентированные модели. Основная идея агент-ориентированного моделирования (далее – АОМ) заключается в выделении совокупности агентов с определённым набором свойств и симуляции их поведения и взаимодействия по определенным правилам. Как правило, представляет интерес вычисление равновесия системы, содержащей множество агентов. А.Р. Бахтизин [9,10,11] выделяет следующие основные свойства агентов:

1. *Автономия*. Агенты действуют независимо друг от друга. Кроме того, предполагается, что отсутствует структура, контролирующая действия каждого агента в отдельности.

2. *Неоднородность*. Предполагается, что каждый агент отличается от других агентов по каким-то свойствам или особенностям поведения. Данная характеристика отличает агент-ориентированные модели от моделей с агентом-представителем, в которых агента одного класса не отличаются друг от друга.

3. *Ограниченная рациональность*. Диапазон решений, принимаемых агентами, не выходит рамки, заданные моделью.

4. *Расположение в пространстве (времени)*. Поведение агентов в модели может быть представлено в виде некой среды обитания таким образом, что действия агентов приводят к изменению расположения агентов в этой среде.

Анализируя известные работы, посвященные АОМ, А.Р. Бахтизин пришел к выводу, что большинство существующих агент-ориентированных моделей являются абстрактными и не предназначенными для решения экономических задач. В тоже время, наблюдается интерес к использованию

агент-ориентированного подхода к для моделирования экономических явлений, в том числе разработке гибридных агент-ориентированных CGE-моделей. Анализируя существующие работы А.Р. Бахтизин выделяет три класса моделей, совмещающих АОМ и CGE-подходы:

1. CGE модели с *объединенным множеством домохозяйств* (Integrating Multiple Households, CGE-IMH). Отличительной особенностью этой группы моделей является включение в модель большого числа отдельных домохозяйств.
2. CGE модели с *последовательным микросимулированием* (Sequential Micro-Simulation, CGE-SMS). В данных моделях показатели, рассчитанные в CGE-модели макро-уровня передаются на вход моделей микро-уровня.
3. Гибридные агент-ориентированные модели (ГАОМ). Модели такого типа представляют собой полноценную агент-ориентированную модель с достигаемым равновесием, в которой CGE-модель является базовой экономической системой.

Модели третьего типа являются сравнительно новым инструментом в экономическом анализе. В России модель такого типа была разработана в 2005 г. в ЦЭМИ РАН, подробное описание данной модели представлено в работе Макарова, Бахтизина, Бахтизиной [19]. Данная модель позволяет осуществлять итеративный пересчёт, направленный на достижение на каждом рынке товаров и услуг, представленных моделей. Особенностью модели также является наличие двух типов рынков – с фиксированной и свободной ценой.

В модели представлены следующие экономические агенты:

- 1) государственный сектор экономики;
- 2) рыночный сектор, состоящий из легально существующих предприятий и организаций с частной и смешанной формами собственности;
- 3) теневой сектор;

- 4) искусственные общества (совокупность людей, работающих на предприятиях);
- 5) правительство;
- 6) банковский сектор;
- 7) внешний мир.

Модель была использована для проведения ряда вычислительных экспериментов, описанных в книге А.Р. Бахтизина «Агент-ориентированные модели экономики» [9]:

1. Рассчитаны последствия изменений ставок основных налогов на количество работников, задействованных в теневом секторе.
2. Проведено моделирование ряда эффектов коррупции и теневой экономики
3. Рассчитана эффективность дополнительного инвестирования предприятий реального сектора экономики за счет средств государственного внебюджетного инвестиционно-кредитного фонда.

В нашей работе для построения динамической модели равновесия рассматривается более простая модель, в которой выделены следующие агенты:

1. Производители лекарственных препаратов. Предложение лекарственных препаратов определяется стратегия агента.
2. Государство. В модели государство представлено как регулятор, определяющий перечень товаров с фиксированной ценой задающий данную цену. Целью государства является повышение доступности лекарственных препаратов для населения.
3. Обобщенный потребитель. Целью данного агента является удовлетворения своего спроса.

Таким образом, отличительной особенностью модели, разрабатываемой в данной работе, является анализ поведения агентов, которыми являются производители фармацевтических препаратов. Далее будут рассмотрены основные аспекты поведения агентов-производителей на рынке.

1.7 Особенности поведения агентов-производителей в динамической модели равновесия фармацевтического рынка

Как уже было упомянуто выше, каждый агент-производитель формирует своё предложение для конкретных товаров в конкретном регионе исходя из рыночной ситуации в соответствии с используемой паутинообразной моделью рыночного равновесия: предложение агента в текущем периоде зависит от уровня цен в предыдущем периоде.

Каждый агент имеет собственный продуктово-региональный портфель. Выбор регионов или лекарственных препаратов для портфеля осуществляется в соответствии рыночным положением агента на рынке (сегменте рынка), а также в зависимости от наличия в сегменте (под сегментом далее будет пониматься рынок одного вида лекарственного препаратов в одном регионе) государственного регулирования.

Формирование продуктового портфеля у агента осуществляется на каждом шаге моделирования. В результате агент может выбрать одну из следующих стратегий поведения в рыночном сегменте:

- 1) увеличение предложения в сегменте в связи с ростом сегмента;
- 2) отказ от присутствия в сегменте в связи с низкой прибыльностью, обусловленной государственным регулированием;
- 3) стандартная стратегия предложения (в зависимости от уровня рыночных цен в сегменте в предыдущий период времени).

Для формирования стратегии в сегменте производители следуют методологии портфельного анализа, известную как «Матрица BCG». Данная

методология подробно описана в работах Б. Хендерсона [103]. В соответствии с данной методологией, при выборе сегментов и продуктово-регионального портфеля должны приниматься во внимание следующие факторы:

1. Объем рынка и прогнозируемые темпы роста.
2. Интенсивность конкуренции. Сегменты со слабой конкуренцией привлекательнее сегментов с жесткой конкуренцией.
3. Ресурсная база. Если у компании уже есть все ресурсы, необходимые для работы в данном сегменте, то сегмент является более привлекательным, чем совсем новый для компании сегмент.
4. Прибыльность сегмента. Сегменты с высокой прибылью и окупаемостью инвестиций привлекательнее отраслей с низкой прибыльностью и высокой степенью риска.
5. Социальные, политические, юридические и экологические факторы. Отрасли, подверженные жесткому государственному регулированию, менее привлекательны, чем сегменты, где регулирования нет.

Кроме того, значительное влияние оказывает рыночное положение компании в том или ином сегменте. В частности, Хендерсон в работе «Портфельный анализ для диверсифицированных компаний» [103] показывает, что согласно статистическим данным:

1. Чем больше доля рынка у компании, тем меньше ее издержки и соответственно тем больше прибыльность.
2. Инвестиции, направленные на увеличение доли рынка, приводят к получению конкурентных преимуществ.

Каждый производитель должен стремиться иметь портфель сегментов с различными темпами роста и различными долями рынка.

Сегменты с высокой долей рынка и медленным ростом называются «дойными коровами». Они обеспечивают положительный денежный поток в компанию.

Сегменты с низкой долей рынка и медленными темпами роста называются «собаки». Такие сегменты не имеют привлекательности для компаний. В долгосрочном периоде каждый сегмент становится «дойной коровой», или «собакой».

Продукты с низкой долей рынка и высокими темпами роста — «вопросительные знаки». Для производителя они убыточны, но со временем могут превратиться в «звезду» или «собаку».

Продукт с большой долей рынка и высокими темпами роста — «звезда». Именно такие сегменты обладают максимальной привлекательностью для производителей.

Особенности российского фармацевтического рынка оказывают следующее влияние на стратегию производителей:

- 1) Включение лекарственного препарата в перечень ЖНВЛС и ограничение его цены не позволяет компаниям управлять своей прибылью в сегменте этого препарата в отдельном регионе.
- 2) Расширение предложения данного препарата целесообразно только в случае значительного роста данного сегмента. В случае если значительный рост сегмента отсутствует, то производитель может сохранять предложение данного препарата только в том случае, если его доля рынка обеспечивает необходимую прибыльность.

Описанная выше логика в расширенном виде включена в алгоритмы агентов разработанной в данной работе модели.

1.8 Выводы (по главе)

В настоящее время, анализ государственной политики РФ в области здравоохранения является одной из важнейших задач для исследования. Эффективность различных мер, принимаемых государством, включая, ограничение максимального уровня цен на ряд лекарственных препаратов, к сожалению недостаточно подтверждена. Многочисленные исследования западных фармацевтических рынков также не дают однозначного ответа о выборе наиболее эффективных мер, направленных как на повышение доступности лекарственных препаратов для населения, так и на развитие и разработку новых инновационных лекарственных препаратов.

В процессе анализа фармацевтического рынка было выявлено негативное влияние государственного регулирования, которое проявляется в негативном для потребителя поведении производителей лекарственных средств:

- 1) снижении доступности (уменьшение предложения) лекарственных препаратов, входящих в перечень ЖНВЛС;
- 2) отказе от сбыта ряда лекарственных препаратов в «невыгодных» для производителей регионах;
- 3) повышении цен на лекарственные препараты, не входящие в перечень ЖНВЛС, обусловленном стремлением производителей сохранить уровень прибыльности.

В связи с этим актуальной задачей является поиск форм государственного регулирования, при которых производители лекарственных препаратов (являющиеся агентами в данной работе) ведут себя благоприятным для потребителей образом – присутствуют в большом количестве регионов и реализуют лекарственные препараты различных ценовых диапазонов.

Решением данной проблемы может быть разработка специальных моделей для фармацевтического рынка. Как правило, для оценки последствий проведения той или иной государственной политики на экономику, используются так называемые CGE-модели – вычислимые модели общего равновесия. С их помощью можно получить количественные оценки уровней цен и выпуска для нескольких секторов экономики. Для решения более конкретной задачи поиска равновесия в рамках одного рынка целесообразно использовать «паутинообразную» модель равновесия, которая показала высокую практическую применимость на реальных данных.

Средством описания и реализации паутинообразного подхода целесообразно выбрать системно-динамические имитационные модели. В частности, ряд исследователей уже описал паутинообразную модель равновесия в форме, пригодной для создания модели системной динамики. Для решения задачи моделирования динамики российского фармацевтического рынка системно-динамическая паутинообразная модель должна быть доработана следующим образом:

1. Модель должна учитывать государственное регулирование цен на препараты из перечня ЖНВЛС и анализировать влияние данного регулирования на другие рыночные сегменты;
2. Поведение производителей лекарственных препаратов должно быть индивидуальным и основанным на методах стратегического управления продуктово-региональным портфелем для диверсифицированных компаний; Удовлетворяющая данным требованиям модель является, по сути, агент-ориентированной.

Далее в работе будет показан процесс разработки, калибровки и тестирования многопродуктовой динамической модели равновесия фармацевтического рынка. Данная модель позволит описать динамику взаимодействия спроса и предложения в сегменте фармацевтического рынка

и механизмы установления равновесия при изменении каких-либо рыночных характеристик. Это позволяет провести необходимый анализ эффективности того или иного влияния на фармацевтический рынок и найти наиболее предпочтительные сценарии государственного регулирования.



Глава 2. Разработка агент-ориентированной вычислимой модели фармацевтического рынка

2.1 Методология разработки динамической модели фармацевтического рынка

Как описано в главе 1, анализ политики эффективности государственного регулирования фармацевтического рынка может быть осуществлен путём расчёта равновесного состояния после применения новой политики. Согласно модели общего равновесия Вальраса, новое равновесное состояние для всех рынков будет равновесием на каждом из отдельных рынков.

В классической модели Вальраса рынками являются – товарный рынок, рынок капитала и рынок труда. В данной работе отдельным рынками будут различные сегменты фармацевтического рынка. Для выделения сегментов, весь фармацевтический рынок разделён по трём аналитическим разрезам:

- 1) производитель лекарственного препарата;
- 2) торговое наименование лекарственного препарата;
- 3) регион сбыта препарата.

Модификация, представленная в данной работе, состоит в том, что равновесное состояние всего фармацевтического рынка в рассматриваемой модели возникает в случае, когда спрос и предложение уравновешены для каждого сочетания аналитических разрезов.

Первоначальная идея Вальраса заключалась в том, что агенты являются совершенно рациональными, то есть могут установить уровень цен соответствующий равновесному состоянию. Разумеется, в реальной жизни задача поиска равновесной вектора цен является сложной и трудоёмкой. Впервые алгоритм поиска равновесного вектора цен был предложен в работе Г. Скарфа «The Computation of Economic Equilibria» [150]. В ней показано,

что равновесный вектор цен может быть вычислен при соблюдении следующих условий:

1. Равновесное состояние фармацевтического рынка существует.
2. Равновесное состояние фармацевтического рынка определяется в виде равновесного вектора цен на препараты.
3. Отдельные потребители не имеют возможности активно влиять на уровень цен.
4. Уровень цен зависит от текущих цен, а также от ожиданий экономических агентов.

Принимая данные предпосылки, задача определения равновесного состояния сводится к поиску вектора цен на фармацевтические препараты P_i в следующий наблюдаемый период:

$$P_i = P_{i_0} + EC_i$$

где, P_{i_0} –текущий вектор цен на препараты , а EC_i – ожидаемое изменение цен на фармацевтические препараты.

Алгоритм Скарфа позволяет найти равновесные цены в модели Вальраса методом поиска «неподвижной точки».

В качестве базовой модели спроса и предложения в данной работе используется паутинообразная модель равновесия в форме системной динамики. Особенностью модели является линейность функций спроса и предложения, что позволяет найти равновесие в каждом рыночном сегменте геометрически.

Однако, поскольку одна из задач исследования - моделирование влияния государственного регулирования фармацевтического рынка на цены и поведение производителей данная модель должна быть модифицирована. В частности, в модели необходимо учесть следующие ограничения:

1. Необходимо определить алгоритм установления равновесия в рыночных сегментах, где уровень цен определяется государством.

2. Эффекты влияния ограничения цен в определенных рыночных сегментах на другие рыночные сегменты также должны быть определены.

Таким образом, при моделировании необходимо определить точку равновесия с учётом дополнительных факторов, не включенных в линейную паутинообразную модель рыночного равновесия – государственное регулирование, поведение агентов в условиях регулирования, дополнительные факторы.

Исходя из данных потребностей, для разработки модели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить вид кривых спроса и предложения в паутинообразной модели;
2. Разработать и оценить модель учёта эффектов государственного регулирования на смежные рыночные сегменты.

2.2 Исходные данные

2.2.1 Основные данные

В качестве информационной базы для анализа и оценки финансового состояния предприятий были использованы результаты аудита продаж лекарственных препаратов в розничном, госпитальном и ДЛЮ сегменте за 5 лет, а также информация из государственного реестра предельных отпускных цен на лекарственные препараты. В качестве источника данных была использована база данных агентства IMS Health за 2010 -2012 г.¹.

Для статистического исследования основных характеристик российского фармацевтического рынка был проведен полный анализ имеющейся информации:

- 30 000 продуктов

¹ Источник ЦМИ Фармэксперт – Аудит розничных продаж, госпитальных закупок и ДЛЮ в России <http://www.pharmexpert.ru/> (на 31.12.2012)

- ▶ 90 регионов РФ
- ▶ 50 российских и международных производителей
- ▶ 36 месяцев (2010-2012 год)

Объем полной выборки -10 млн событий (количество, цена, сумма) – продажи в розничном сегменте (агрегированных за месяц по измерениям)

Для построения имитационной модели была использована сокращенная выборка с агрегированными данными:

- ▶ 10 Ведущих производителей
- ▶ 50 видов лекарственных препаратов
- ▶ 9 регионов (8 федеральных округов РФ + Москва)

Подробное описание структуры данных источника «База данных продаж фармацевтических препаратов за 2010 -2012 г.» приведено в приложении 3.

2.2.2 Дополнительные данные

Дополнительно были проанализированы внешние факторы (Росстат):

- ▶ Уровень инфляции
- ▶ Метрика доходов населения
- ▶ Процент возмещения стоимости государством
- ▶ Предельные цены, установленные государством для ЖНВЛС
- ▶ Наличие дженерик-заменителей

2.3 Выявление факторов, влияющих на цену фармацевтических препаратов в отсутствие государственного регулирования

Рассмотрим отдельно две модели – классический вариант паутинообразной модели равновесия и ее модификацию, учитывающие государственное регулирование и вариации поведения агентов в условиях государственного регулирования.

2.3.1 Анализ факторов, влияющих на цены фармацевтических препаратов в отсутствии государственного ценового регулирования

Для решения задачи определения коэффициентов функций спроса и предложения использованы статистические методы. Прежде всего, проведён анализ и выявление основных факторов, влияющих на цены фармацевтических препаратов в ситуации «свободных цен», т.е. когда отсутствуют установленные государством ограничения максимального уровня цен на фармацевтические препараты.

Рассмотрим перечень возможных факторов, влияющих на уровень цен фармацевтических препаратов. С точки зрения классической экономической теории (например, теории общего равновесия Вальраса), уровень цен является следствием равновесия спроса и предложения на рынке. В дополнение к классической теории, можно отметить, что уровень цен может зависеть от проводимой государственной политики, а также институциональных факторов.

Таким образом, можно выделить четыре группы параметров, которые могут оказать влияние на цену:

1. Факторы предложения (supply) – данная группа факторов определяет затраты производителей на производство единицы препарата, а также экономическую целесообразность производства определенных товаров;
2. Факторы спроса – данная группа факторов определяет желание потребителей купить определенное количество фармацевтических препаратов;
3. Факторы государственной политики – данная группа факторов показывает влияние государственной политики на цену препарата. К таким факторам могут быть отнесены уровни максимальных цен, установленные государством на препараты из перечня ЖНВЛС, а

также процент возмещения стоимости лекарственных препаратов государством;

4. Институциональные и прочие факторы – к данной группе факторов можно относятся прочие факторы;

Для того, что чтобы выделить из этого набора факторов наиболее значимые, а также оценить степень их влияния, целесообразно использовать эконометрические методы, в частности, модели линейной регрессии.

Паутинообразная модель равновесия в форме модели системной динамики, описанная в разделе 1.5, предполагает зависимость текущего состояния системы от предыдущего. В случае моделирования равновесия фармацевтического рынка это означает, что цена на препарат в следующий момент времени зависит от текущей цены на препарат. Для того, что оценить степень влияния факторов модели, в том числе и предыдущего состояния целесообразно применять математический аппарат динамических моделей временных рядов.

Для выявления факторов, влияющих на уровень цен фармацевтических препаратов, была построена линейная регрессионная модель, включающая следующие факторы:

- 1) уровни цен в предыдущие периоды;
- 2) Уровень доходов населения;
- 3) Доля препаратов, продаваемая в рамках программ возмещения стоимости лекарственных средств;
- 4) Доля продаж generic препаратов.

В результате оценки коэффициентов на усреднённой выборке в пакете IBM SPSS (см. Приложение 1) обнаружен следующий вид зависимости:

$$P_t = 61 + 0,35 * PercGen - 2,2 * Percimb + 0,5 * P_{t-1}$$

Моделирование без учёта государственного ценового регулирования показало следующее:

1. Уровень дохода населения не оказывает значительное влияние на средний уровень цен;
2. Уровень цен положительно зависит от предыдущего уровня цен и доли generic-препаратов на рынке;
3. Увеличение доли продаж в рамках государственных программ возмещения стоимости лекарственных препаратов снижает средний уровень цен на лекарственные препараты;

2.3.2 Анализ значимости влияния государственного ценового регулирования на цены лекарственных препаратов в смежных сегментах

Далее представлен анализ влияния государственного ценового регулирования на уровни цен в различных сегментах российского фармацевтического рынка.

В работе была рассмотрена и проверена гипотеза о наличии зависимости между установлением фиксированной цены на один препарат и уровнем цен на другие препараты, которые являются альтернативными к первому. Для проверки данной гипотезы на выборке данных был выполнен статистический тест Гранжера на наличие причинно-следственной связи между величинами.

Для проведения теста Гранжера была создана модель, описывающая цены на следующие препараты, относящиеся к группе «R02 – Препараты для лечения горла и кашля», включающая как препараты, на которые цена устанавливается государством, так и препараты, цена на которые является свободной.

С помощью такой модели в работе была проверена гипотеза о наличии причинно-следственной связи между ценой на свободно-реализуемые препараты и введением фиксированной цены на препараты из перечня ЖНВЛС в выбранном сегменте. Модель содержит следующие показатели:

1. $PrFr$ – ценовой уровень препаратов, продающихся по свободной цене в текущем месяце (период t);
2. $PrFrPP$ - ценовой уровень препаратов, продающихся по свободной цене в предыдущем месяце (период $t-1$);
3. $PrFrPPP$ - ценовой уровень препаратов, продающихся по свободной цене в месяце, предшествующем предыдущему (период $t-2$);
4. $PrFrPPPP$ - ценовой уровень препаратов, продающихся по свободной цене в месяце, предшествующем двум предыдущим месяцам (период $t-3$);
5. $PrFx$ – ценовой уровень препаратов, продающихся по фиксированной цене (в данном случае, данный показатель равен цене препарата АЦЦ) в текущем месяце (период t);
6. $PrFxPP$ - ценовой уровень препаратов, продающихся по фиксированной цене в предыдущем месяце (период $t-1$);
7. $PrFxPPP$ - ценовой уровень препаратов, продающихся по фиксированной цене в месяце, предшествующем предыдущему (период $t-2$);
8. $PrxPPPP$ - ценовой уровень препаратов, продающихся по фиксированной цене в месяце, предшествующем двум предыдущим месяцам (период $t-3$);

Для проверки гипотезы «цена препаратов с фиксированной ценой не влияет на цену препаратов со свободной ценой» были получены оценки коэффициентов следующей регрессии:

$$\begin{aligned} \text{Pr } Fr_t = & B_0 + B_1 * \text{Pr } FrPP + B_2 * \text{Pr } FrPPP \\ & + B_3 * \text{Pr } FrPPPP + B_4 * \text{Pr } FxPP + B_5 * \text{Pr } FxPPP + B_6 * \text{Pr } FxPPPP + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Оценка данной модели в программном пакете SPSS дала следующие результаты:

- нулевая гипотеза об отсутствии зависимости не отвергается.

Для проверки обратной гипотезы «цены на препараты с фиксированной ценой зависят от цены препаратов со свободной ценой» использована аналогичная обратная зависимость:

$$\begin{aligned} \text{Pr } Fx_t = & B_0 + B_1 * \text{Pr } FxPP + B_2 * \text{Pr } FxPPP \\ & + B_3 * \text{Pr } FxPPPP + B_4 * \text{Pr } FrPP + B_5 * \text{Pr } FrPPP + B_6 * \text{Pr } FrPPPP + \varepsilon_t \end{aligned}$$

В результате моделирования на усредненных выборках были сделаны следующие выводы:

- гипотеза об отсутствии обратной зависимости не отвергается.

Возможным объяснением отсутствием такой зависимости является то, что абсолютное значение цены, установленной государством, не может оказывать влияния на абсолютное значение цен на другие лекарственные препараты. Для проверки самого факта зависимости уровня цен от факта фиксирования цены в модель добавлены дополнительные порядковые переменные:

1. Fix – данная переменная принимает значение 1, если цена в текущем периоде фиксирована, 0 – в обратном случае;
2. $FixPP$ – данная переменная принимает значение 1, если цена в периоде $t-1$ была фиксирована, 0 – в обратном случае;
3. $FixPPP$ – данная переменная принимает значение 1, если цена в периоде $t-2$ была фиксирована, 0 – в обратном случае;
4. $FixPPPP$ – данная переменная принимает значение 1, если цена в периоде $t-3$ была фиксирована, 0 – в обратном случае;

Далее была проведена оценка коэффициентов следующей регрессии:

$$\begin{aligned} Pr Fr_t = & B_0 + B_1 * Pr FrPP + B_2 * Pr FrPPP \\ & + B_3 * Pr FrPPPP + B_4 * FixPP + B_5 * FixPPP + B_6 * FixPPPP + \varepsilon_t \end{aligned}$$

В приложении приведены результаты оценки коэффициентов в программном пакете IBM SPSS – см. Приложение 1.

Как видно из приведенных таблиц, в работе была обнаружена связь между переменной PrFr и переменной FixPPPP. Нулевая гипотеза об отсутствии связи отвергается. Коэффициент $B_6 = 2,575$, то есть зависимость между ценой товара и фактом ограничения цены заменителя – положительная.

Далее была рассмотрена обратная гипотеза:

$$\begin{aligned} Fix_t = & B_0 + B_1 * FixPP + B_2 * FixPPP \\ & + B_3 * FixPPPP + B_4 * Pr FrPP + B_5 * Pr FrPPP + B_6 * Pr FrPPPP + \varepsilon_t \end{aligned}$$

В результате оценки, нулевая гипотеза об отсутствии зависимости переменной Fix от ряда PrFr не была отвергнута.

Таким образом, в результате применения теста Гранжера получены следующие результаты:

1. Гипотеза об отсутствии связи между зависимой переменной PrFr(Цена на лекарства, устанавливаемая свободно) и лагированными значениями Fix (факт наличия регулирования цена на лекарство-заменитель) отвергается на уровне значимости 5%.
2. Гипотеза об отсутствии связи между зависимой переменной Fix и лагированными значениями PrFr не отвергается.

Результаты теста наличие следующей причинно-следственной связи: ограничение цен на одни лекарственные препараты из перечня ЖНВЛС ведет к увеличению цен на их заменители. Дополнительно было обнаружено, что данный эффект проявляется в периоде, равном трём месяцам наблюдений.

2.4 Динамическая формулировка модели без учёта государственного регулирования

В результате статистического анализа было подтверждено влияние государственного ценового регулирования для препаратов из перечня ЖНВЛС на уровни цен на смежные лекарственные препараты.

Для построения модели, позволяющей находить новое равновесное состояние, в работе был использован инструментарий «нащупывания», описанный в работе Скарфа [150]. В данной работе «нащупывание» равновесного состояния предполагается осуществлять с помощью динамических имитационных моделей системной динамики.

Как было описано в главе 1, процесс построения модели системной динамики начинается с выявления ключевых зависимостей в форме «причинно-следственных» диаграмм, которые должны описывать характер взаимодействия сущностей модели. В процессе разработки модели были выделены основные характеристики и показатели рынка и выявлены следующие взаимосвязи между ними:

1. Цена единицы препарата (руб./ед.).
2. Объем спроса (ед./в год) – количество товара, которые потребители готовы приобрести по текущей цене.
3. Предложение (ед./ в год) – количество товара, которые производители готовы произвести при текущей рыночной цене.
4. Доступное количество (ед.) – количество имеющего товара на рынке.
5. Равновесная цена (руб./ед.) – цена, по которой потребители приобрели бы всё доступное количество товара.

На Диаграмма 4 приведена структура модели в нотации «казуальной диаграммы» (CLD – Casual Loop Diagram). Сплошными стрелками на

диаграмме обозначены переменные по направлению от причины к следствию.

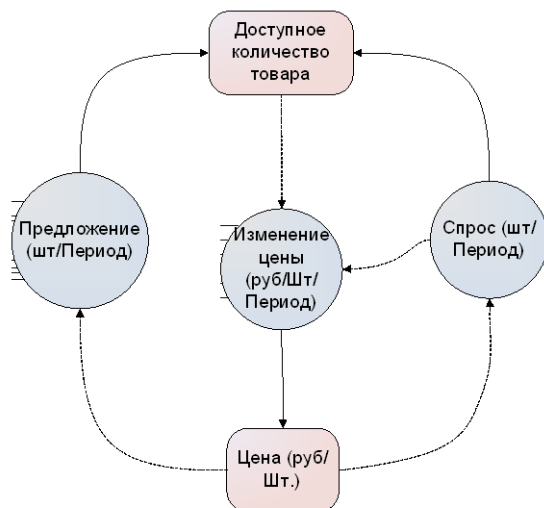


Диаграмма 4. Причинно-следственная диаграмма зависимости спроса и предложения в рыночном сегменте.

Дальнейшая реализация модели направлены на расчёт основных характеристик (показателей) российского фармацевтического в разрезе следующих аналитических измерений:

1. Торговое наименование лекарственного препарата. Под торговым наименованием в данной работе подразумевается общее название всех представленных на рынке разновидностей форм и упаковок лекарственного препарата.
2. Производитель препарата. Производителем подразумевается, организация, которая произвела конкретный экземпляр лекарственного препарата.
3. Регион продажи фармацевтического препарата.

Следует отметить, что торговое наименование препарата может использоваться одновременно несколькими производителями. Ниже представлен пример группировки экземпляров по выбранным измерениям:

Торговое наименование лекарственного препарата	Форма продажи лекарственного препарата	Производитель
Левомецетин	таблетки 500 мг, 10 шт.	ОАО "Дальхимфарм" - Россия
Левомецетин	таблетки 250 мг, 10 шт. - упаковки безъячейковые контурные	ОАО "Ирбитский химико-фармацевтический завод" - Россия
Левомецетин	таблетки 250 мг, 10 шт. - упаковки безъячейковые контурные	ОАО "Органика" - Россия
Левомецетин	таблетки 250 мг, 10 шт. -	ОАО "Ирбитский химико-фармацевтический завод" - Россия
Левомецетин	таблетки 250 мг, 10 шт.	ОАО "Ирбитский химико-фармацевтический завод" - Россия
Левомецетин	таблетки 250 мг, 10 шт.	ОАО "Синтез" - Россия

Таблица 1. Пример группировки лекарственных препаратов одного торгового наименования для разных производителей.

Далее представлена формальная запись построенной системно-динамической модели в соответствии с методологией системной динамики [52,161]. Основные характеристики, обозначенные на Диаграмма 4, представлены в форме «запасов» и «потоков».

Количество запаса (далее "запас" или "stock") это накопленный входящий поток какой-либо величины (материала) за вычетом исходящего потока. Запасы аккумулируют (интегрируют поток), а чистый поток является

скоростью изменения запаса, то есть могут быть представлены в форме следующего интегрального уравнения:

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [INFLOW(s) - OUTFLOW(s)] ds + Stock(t_0),$$

где

t – непрерывное время;

$Inflow(s)$ - представляет собой величину входящего потока в произвольный момент времени s между начальным t и конечным t .

Скорость изменения запаса является производной - разностью между входящими и исходящим потоками, то есть может быть описана в форме следующего дифференциального уравнения:

$$d(stock) / dt = Inflow(t) - Outflow(t)$$

Для моделирования динамики фармацевтического рынка в модели использованы следующие запасы и потоки:

1. Запасы – показатели, аккумулирующие в себе изменения рыночной ситуации в рассматриваемом сегменте фармацевтического рынка:

1. Quantity – количество товара доступное на рынке
2. Price – текущая установившаяся цена товара

2. Потоки – переменные, описывающие скорость изменения запасов

1. Demand – спрос на лекарственный препарат. Является исходящим потоком запаса Quantity
2. Supply – предложение лекарственного препарата. Является исходящим потоком запаса Quantity
3. Price Change – изменение цены, вызванное несоответствием между рыночной ценой и ценой, по которой потребители готовы приобрести

весь имеющийся на рынке товар. Является потоком для запаса Price, при этом может быть и положительным, и отрицательным

$$Price(t) = \int_{t_0}^t PriceChange(t)dt + Price(t_0) \quad Quantity(t) = \int_{t_0}^t [Supply(t) - Demand(t)]dt + Quantity(t_0)$$

Введем следующие обозначения:

$i = 1..I$ – множество агентов- производителей лекарственных препаратов;

$j = 1..J$ – множество торговых наименований лекарственных препаратов;

$k = 1..K$ – множество регионов (федеральных округов) ;

t – непрерывное время;

товар $(i;j;k)$ – лекарственный препарат j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе;

$P_{ijk}(t)$ – цена j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе в момент времени t ;

$Q_{ijk}(t)$ – количество товара j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе, доступного на рынке в момент времени t

Далее представлены дополнительные величины, связывающие текущее и целевое состояние рынка (при котором спрос равен предложению).

PE_{ijk} (Price Equilibrium) – уровень цены на препарат, соответствующий равновесному состоянию рынка;

QE_{ijk} (Quantity Equilibrium) – количество препарата, соответствующее равновесному состоянию рынка;

$$F_{ijk} = \frac{QS_{ijk}}{QD_{ijk}} - \text{обеспеченность спроса на препарат предложением};$$

PD_{ijk} (Price Desired) – уровень цены на препарат, при котором потребители готовы приобрести все имеющееся количество препарата. Данный уровень цен является равновесием модели Вальраса. Подробнее алгоритм вычисления равновесия описан в разделе 2.9.

2.5 Калибровка модели и оценка коэффициентов функций спроса и предложения в модели без государственного ценового регулирования

Калибровка модели была проведена с помощью методов статистики и имитационного моделирования:

1. Оценка коэффициентов эластичности функций спроса и предложения E_{ijk}^d и E_{ijk}^s выполнена с помощью применения метода наименьших квадратов к уравнениям 1 и 3.
2. Коэффициенты, определяющие динамику изменения цены - R^{PC} определены путем оценки коэффициентов регрессионных уравнений с лаговыми членами, аналогичных уравнению 11.
3. Дальнейшие настройки модели проведены с помощью имитационных экспериментов в ходе итерационного процесса калибровки в системе имитационного моделирования.

Далее представлено описание процесса определения коэффициентов основных уравнений паутинообразной модели без учёта государственного ценового регулирования. В общем виде, линейные функции спроса и предложения паутинообразной модели равновесия можно описываются следующей системой уравнений:

$$S_{ijk} : Q_{ijk}(t) = a_{ijk} + b_{ijk} P_{ijk}(t-1) \quad (1)$$

$$D_{ijk} : Q_{ijk}(t) = c_{ijk} - d_{ijk} P_{ijk}(t) \quad (2)$$

Для того чтобы оценить необходимые коэффициенты, использована статистика по продажам каждого препарата. Рассмотрим модель со следующими обозначениями:

QE_{ijk} – наблюдаемый объем продаж товара (i;j;k), близкий к равновесному;

PE_{ijk} - наблюдаемая цена товара (i;j;k), близкая к равновесной.

Подставляя имеющиеся данные в уравнения (1) и (2) получаем:

$$QE_{ijk}(t) = a_{ijk} + b_{ijk} PE_{ijk}(t-1) \quad (3)$$

$$QE_{ijk}(t) = c_{ijk} + d_{ijk} PE_{ijk}(t) \quad (4)$$

Коэффициенты а и с выражаются через имеющиеся значения, а также коэффициенты b и d:

$$a_{ijk} = QE_{ijk}(t) - b_{ijk} PE_{ijk}(t-1) \quad (5)$$

$$c_{ijk} = QE_{ijk}(t) - d_{ijk} PE_{ijk}(t) \quad (6)$$

$$Elasticity = \frac{dQ}{dP} * \frac{P_o}{Q_o} \quad (7)$$

Выразим коэффициенты b и d через коэффициенты эластичностей функций спроса и предложения:

Подставляя в определение коэффициента эластичности обозначения из уравнений (5) и (6) получены значения коэффициентов эластичности спроса и предложения:

$$Demand Elasticity Index(EID_{ij}) = \frac{dQ}{dP} * \frac{PE}{QE} = \frac{d(c - dP)}{dP} * \frac{PE}{QE} = -d_{ijk} * \frac{PE_{ij}}{QE_{ij}} \quad (8)$$

$$Supply Elasticity Index(EIS_{ijk}) = \frac{dQ}{dP} * \frac{PE}{QE} = \frac{d(a + bP)}{dP} * \frac{PE}{QE} = b_{ijk} * \frac{PE_{ijk}}{QE_{ijk}} \quad (9)$$

Коэффициенты с и d выражены через коэффициенты эластичности следующим образом:

$$d_{ij} = -EID / (PE / QE) = -EID \frac{QE_{ij}}{PE_{ij}} \quad (11)$$

$$b_{ij} = EIS / (PE / QE) = EIS \frac{QE_{ij}}{PE_{ij}} \quad (10)$$

Подставляем данные значения в формулы (5) и (6) для коэффициентов а и с:

$$a_{ij} = QE_{ij}(t) - EIS * \frac{QE_{ij}}{PE_{ij}} PE_{ij} = (1 - EIS) * QE_{ij} \quad (12)$$

$$c_{ij} = QE_{ij}(t) - EID * \frac{QE_{ij}}{PE_{ij}} PE_{ij} = (1 - EID) * QE_{ij} \quad (13)$$

Подставляя в уравнения (1) и (2) определения коэффициентов (5), (6), (10), (11) получены следующие выражения функций спроса и предложения через известные значения, а также коэффициенты эластичности функций спроса и предложения:

$$S_{ijk} : Q_{ijk}(t) = (1 - EIS)Q_{0ijk} + (EIS \frac{Q_{0ijk}}{P_{0ijk}})P_{ijk}(t-1) \quad (14)$$

$$D_{ijk} : Q_{ijk}(t) = (1 - EID)Q_{0ijk} + (EID \frac{Q_{0ijk}}{P_{0ijk}})P_{ijk}(t) \quad (15)$$

С помощью регрессионных моделей определены значения коэффициентов эластичности функций спроса и предложения: в результате оценки коэффициентов уравнений 14 и 15 на выборке данных были получены следующие значения:

- $EIS = 0,1$.
- $EID = -0,3$

Полученные значения коэффициентов использованы в дальнейших моделях, построенных в данной работе.

2.6 Доработка модели равновесия фармацевтического рынка с учётом государственного регулирования

Для оценки влияния государственного регулирования на основные характеристики фармацевтического рынка введём в модель две описанные в главе 1 стратегии государственного регулирования фармацевтического рынка:

1. Возмещение стоимости некоторых лекарственных средств.

Возмещение стоимости лекарственных средств повлияет на модель двумя эффектами:

- 1.1. Цена для потребителя определенных лекарственных средств снизится на величину возмещения
- 1.2. Величина расходов государства на возмещение стоимости лекарственных средств

При этом, при отсутствии дополнительных ограничений на цену и количество продаваемых лекарственных препаратов по программе возмещения стоимости лекарственных средств, количества и цена препарата будут определены рыночными механизмами установления равновесия на рынке лекарственных препаратов

2. Установление максимальной цены на препараты, входящие в перечень ЖНВЛС. Установление максимальной цены приводит к следующим эффектам:

- 2.1. Цена для потребителя становится фиксированной (установленной государственными органами)
- 2.2. В случае если установленная государством цена ниже рыночной цены (а иначе данная мера не имеет практического смысла), то рынок для отдельного препарата не будет находиться в равновесии.

Для моделирования влияния государственного регулирования цен на рынок введем дополнительную величину:

PR_{ijk} (Price Regulated) – установленная государством цена на i -торговое наименование (препарат) j -ого производителя в k -ом регионе.

В случае если цена препарата регулируется государством, то возникает следующий эффект:

1. Производители будут вынуждены продавать меньшее количество товара (исходя из собственных функций предложения).
2. Потребители, столкнувшись с дефицитом, будут вынуждены либо отказаться от покупки лекарственного препарата совсем, либо приобрести альтернативный лекарственный препарат.

В результате дефицита всех препаратов из перечня ЖНВЛС вырастет спрос на те препараты, которые обладают сходным фармацевтическим эффектом, но цена на которые не регулируется. Следовательно, их цена и объемы продаж будут увеличиваться в соответствии со следующей причинно-следственной диаграммой:

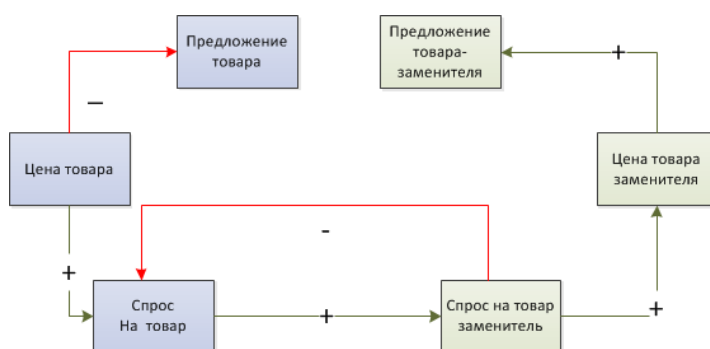


Диаграмма 5. Причинно-следственная диаграмма эффектов при введении государственного ценового регулирования

В свою очередь, спрос на препараты из ЖНВЛС сократится, так как потребители будут потреблять альтернативные лекарственные препараты.

Для учёта данной причинной следственной связи в модель добавлены следующие показатели:

$P'_{ijk}(t)$ -цена товара (I;j;k) в момент времени t в ситуации отсутствия действий агентов – государства и производителей. Данная величина рассчитывается в каждый момент времени при выполнении модели. Для этого моделируется «альтернативная ситуация», в которой государственное регулирование отсутствует.

$Q_{ijk}^L(t)$ - величина дефицита товара (i;j;k), вызванного действиями агентов. Данная величина рассчитывается в каждый момент времени при выполнении модели и представляет собой разность между доступным количеством товара (i;j;k) $Q_{ijk}(t)$ в ситуациях наличия и отсутствия государственного регулирования.

C_{ijk}^S - коэффициент замещения спроса, вызванного действиями агентов (0..1). Полноценная оценка данных коэффициентов в работе не проводилась. При этом в качестве исходных данных использовалась матрица коэффициентов, построенная в соответствии со следующими предположениями:

1) Замещение между товаром (i;j1;k) и товаром (i;j2;k) возможно только в случае, если j1 и j2 относятся к одной АТС-группе лекарственных препаратов. Данное предположение является реалистичным, так как препараты, относящиеся к одной АТС-группе имеют схожий лекарственный эффект.

2) Среди всех видов лекарственных препаратов $J_{1..L}$, относящихся к одной АТС-группе все препараты одинаково заменимы по стоимости: вместо дефицитного товара, потребитель приобретет любой препарат из той же АТС-группы на аналогичную сумму. Данное предположение также является разумным, если считать, что стоимость лекарственного препарата коррелирует с его лечебным эффектом.

Далее представлена диаграмма в форме модели системной динамики, отображающая основные зависимости между переменными, присутствующими в доработанной модели:

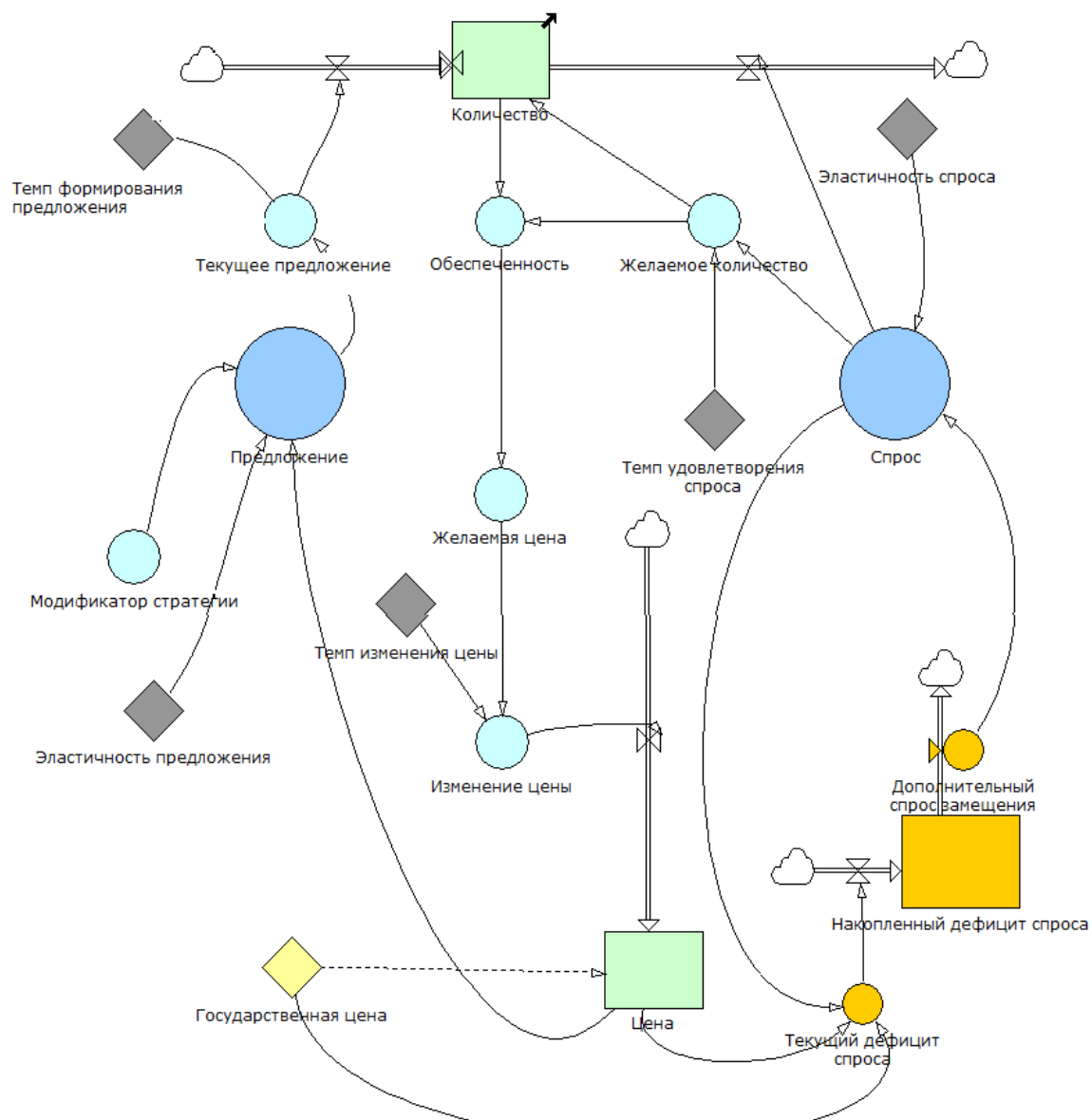


Диаграмма 6. Диаграмма запасов и потоков для модели с государственным регулированием

Далее представлено описание основных элементов модели. На диаграмме представлены элементы следующих типов:

Название	Обозначение	Назначение и условия
Озеро		Нулевой узел потоковых сетей.



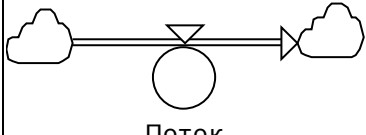


Связь		Связь показывает взаимное влияние переменных друг на друга
Уровень	 Уровень	Обозначает переменную типа «запас»
Темп	 Поток	Обозначает переменную типа «поток»
Вспомогательная переменная	 Переменная	Обозначает вспомогательную переменную, не являющуюся запасом или потоком
Константа	 Константа	Экзогенная переменная модели либо константа

Таблица 2. Типы элементов диаграммы запасов и потоков

На Диаграмма 6 представлены следующие переменные типа «запас» (уровни):

№	Переменная	Описание
1	Количество	Количество товара j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе, доступного на рынке в момент времени t ;
2	Цена	Цена j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе в момент времени t ;
3	Накопленный дефицит	Накопленная величина дополнительного спроса на товар $(i;j;k)$, вызванного введением возмещения стоимости лекарственных препаратов;

Таблица 3. Переменные типа "запас" диаграммы потоков и запасов динамической модели равновесия фармацевтического рынка

Также на Диаграмма 6 представлены следующие переменные типа «поток»:

№	Переменная	Описание
1	Желаемое количество	Количество товара (i;j;k) , которое потребители готовы приобрести по цене $P_{ijk}(t)$ в момент времени t;
2	Текущее предложение	Количество товара (i;j;k) добавленного на рынок в текущем периоде;
3	Изменение цены	Величина изменения цены товара (i;j;k) в текущем периоде;
4	Текущий дефицит	Разница между количествами потреблённого товара (i;j;k) в ситуациях наличия и отсутствия государственного регулирования;
5	Спрос замещения	Величина дополнительного спроса на товар (i;j;k) в момент времени t, переаллоцировано с других товаров, что обусловлено действиями агентов;

Таблица 4. Переменные типа "поток" диаграммы потоков и запасов динамической модели равновесия фармацевтического рынка

Также на Диаграмма 6 представлены следующие переменные типа «вспомогательная переменная»:

№	Переменная	Описание
1	Спрос	Спрос на товар (i;j;k) в момент времени t;
2	Предложение	Предложение товара (i;j;k) в момент времени t;

3	Обеспеченность	Соотношение между количеством и желаемым количеством;
4	Желаемая цена	Цена, при которой потребители готовы приобрести весь имеющийся запас препарата (i;j;k) в момент времени t-1;

Таблица 5. Переменные типа "вспомогательная переменная" диаграммы потоков и запасов динамической модели равновесия фармацевтического рынка

Дополнительно на Диаграмма 6 представлены следующие переменные типа «константа»:

№	Переменная	Описание
1	Эластичность спроса	Коэффициент эластичности спроса по цене для товара (i;j;k);
2	Эластичность предложения	Коэффициент эластичности спроса по цене для товара (i;j;k);
3	Темп изменения цены	Длительность периода изменения цены;
4	Темп удовлетворения спроса	Длительность периода удовлетворения спроса;
5	Темп формирования предложения	Длительность периода производства;

Таблица 6. Переменные типа "вспомогательная переменная" диаграммы потоков и запасов динамической модели равновесия фармацевтического рынка

В следующем разделе данная модель будет описана в виде системы нелинейных уравнений, то есть в форме CGE-модели.

2.7 Формулировка динамической агент-ориентированной модели общего равновесия фармацевтического рынка

Далее представлена полная формулировка разработанной динамической модели равновесия фармацевтического рынка.

Основные предположения модели приведены далее:

1. В состоянии отсутствия государственного регулирования и изменения стратегии агентов, спрос на товар $(i_1; j_1; k_1)$ не зависит от спроса на товар $(i_2; j_2; k_2)$ для любых i, j, k .

2. В случае если в результате действий агентов возникает дефицит предложения товара $(i; j; k)$ - $Q_{ij_1k_1}^L(t-1)$, то спрос на товар $(i_1; j_1; k_1)$ переаллоцируется в дополнительный спрос $D'_{i_2j_2k_2}(t)$ на товар $(i_2; j_2; k_2)$.

3. Поведение агентов, заключающееся в выборе рыночных сегментов, определяется одной стратегией, присущей данному типу агентов T^I_i и вероятностью w_{ijk} .

4. Все цены агентов в модели являются реальными, то есть приведенными к базовому году. При проведении аналитики над моделью, учитывается заданный уровень инфляции.

Основные стратегии поведения агентов следующие:

1. Стратегия агентов первого типа заключается в повторении действий других агентов (например, если Агент 1 уходит из региона k_1 , то агент первого типа сокращает предложение в регионе k_1).

2. Стратегия агентов второго типа заключается в противоположном поведении (то есть, увеличении предложения в тех регионах, откуда уходят игроки первого типа).

2.7.1 Основные обозначения модели

В разработанной модели приняты следующие обозначения:

$i = 1..I$ – множество агентов- производителей лекарственных препаратов;

Подмножество агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов, обозначено как A^G .

$$i \in A^G, \text{ если } \begin{cases} S_{ijk} > 0, \kappa=1..K^G, K^G > \frac{K}{2} \\ \exists j: P_{ijk} < \frac{\sum_j P_{ijk}}{J}; S_{ijk} > 0, \end{cases}$$

где $j = 1..J$ – множество торговых наименований лекарственных препаратов;

$k = 1..K$ – множество регионов (федеральных округов) ;

L – множество препаратов, включенных в перечень ЖНВЛС ($j \in L$);

t – непрерывное время;

товар $(i;j;k)$ – лекарственный препарат j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе;

$P_{ijk}(t)$ – цена j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе в момент времени t ;

$Q_{ijk}(t)$ – количество товара j -торгового наименования препарата i -ого производителя в k -ом регионе, доступного на рынке в момент времени t ;

$D_{ijk}(t)$ – спрос на товар $(i;j;k)$ в момент времени t ;

$D'_{ijk}(t)$ – величина дополнительного спроса на товар $(i;j;k)$ в момент времени t , переаллоцировано с других товаров, что обусловлено действиями агентов;

$D_{ijk}^G(t)$ - величина дополнительного спроса на товар (i;j;k), вызванного изменением емкости рынка;

$D_{ijk}^R(t)$ - величина дополнительного спроса на товар (i;j;k), вызванного введением возмещения стоимости лекарственных препаратов;

P_{ijk}^{MAX} - максимальная, установленная государством цена на товар (i;j;k) (для препаратов, входящих в перечень ЖНВЛС);

$S_{ijk}(t)$ - предложение товара в момент времени t;

S_i^{MAX} - объем выпуска лекарственных препаратов i-ым производителем, соответствующий его границе производственных возможностей;

$S'_{ijk}(t)$ - величина предложения товара (i;j;k) в момент времени t в ситуации отсутствия действий агентов – государства и производителей;

P_{ijk}^{MIN} - минимальная цена, по которой производитель I готов производить и продавать товар j в регионе k;

E_{ijk}^d - коэффициент эластичности спроса;

E_{ijk}^s - коэффициент эластичности предложения;

R^{PC} - длительность периода изменения цены;

R^C - длительность периода удовлетворения спроса;

R^P - длительность периода производства;

$P_{ijk}^D(t)$ - цена, при которой потребители готовы приобрести весь имеющийся запас препарата (i;j;k) в момент времени t-1;

$Q_{ijk}^D(t)$ - количество товара (I;j;k), которое потребители готовы приобрести по цене $P_{ijk}(t)$ в момент времени t;

$Q_{ijk}^{SA}(t)$ - изменение количества производимых товаров (I;j;k) связанное с адаптацией агента к действиям других агентов;

T^I_i - коэффициент влияния действий других агентов на предложение агента i : отрицательный для агентов типа 1, положительный для агентов типа 2;

W_{ijk} - вероятность начать производство товара $(i;j;k)$ для i -ого агента;

$P'_{ijk}(t)$ - цена товара $(I;j;k)$ в момент времени t в ситуации отсутствия действий агентов – государства и производителей;

$Q^L_{ijk}(t)$ - величина дефицита товара $(I;j;k)$, вызванного действиями агентов;

C^S_{ijk} - коэффициент замещения спроса, вызванного действиями агентов (0..1);

$F^R_{ik}(t)$ - рыночная доля i -ого производителя в k -ом регионе;

$F^P_{ij}(t)$ - рыночная доля i -ого производителя для j -ого торгового наименования;

F^R_{\min} - минимальная эффективная рыночная доля в регионе, при которой производитель готов осуществлять деятельность;

F^P_{\min} - минимальная эффективная рыночная доля для торгового наименования, при которой производитель готов осуществлять деятельность;

2.7.2 Основные уравнения модели

Основные уравнения модели приведены ниже.

Описание функций предложений спроса и предложения приведено в уравнениях 1-2. Стратегия агентов производителей определяется в уравнении 1:

$$S_{ijk}(t) = \begin{cases} (1 - E_{ijk}^s)Q_{ijk}(t_0) + E_{ijk}^s \frac{Q_{ijk}(t_0)}{P_{ijk}(t_0)} P_{ijk}(t-1) + Q^{SA}, & \text{если } \begin{cases} J \notin R \\ J \in R \\ F_{ij}^P(t) > F_{\min}^P \\ F_{ij}^R(t) > F_{\min}^R \end{cases} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (1)$$

Корректировка стратегии агентов в зависимости от действий других агентов (дополнительное слагаемое функции предложения - Q^{SA}) описана ниже в уравнении 2 – данная величина подставляется в уравнение 1:

$$Q_{ijk}^{SA}(t) = \sum_{x=1}^{i-1} [S_{xjk}(t) - S_{xjk}(t-1)] F_{ik}^R(t) R'_i + \sum_{x=i+1}^I [S_{xjk}(t) - S_{xjk}(t-1)] F_{ik}^R(t) R'_i \quad (2)$$

$$D_{ijk}(t) = (1 - E_{ijk}^d)Q_{ijk}(t_0) + E_{ijk}^d \frac{Q_{ijk}(t_0)}{P_{ijk}(t_0)} P_{ijk}(t) + D'_{ijk}(t) + D^G_{ijk}(t) + D^R_{ijk}(t) \quad (3)$$

Вектор направления цены определен в уравнениях 3-4. Государственное ценовое регулирование для лекарств, входящих в перечень ЖВНЛС ($j \in R$) учтено в уравнении 4:

$$P_{ijk}(t) = \begin{cases} P_{ijk}(t-1) + \frac{P_{ijk}^d(t-1) - P_{ijk}(t-1)}{R^{PC}}, & \text{если } j \notin L \\ P_{ijk}^{MAX}, & \text{если } j \in L \end{cases}, \quad (4)$$

$$P_{ijk}^d(t) = P_{ijk}(t) \frac{Q_{ijk}^d(t)}{Q_{ijk}(t)} \quad (5)$$

Объем доступного количества товара $Q_{ijk}(t)$, а также текущие значения спроса и предложения ($Q_{ijk}^D(t)$ и $Q_{ijk}^S(t)$ соответственно) определяются в уравнениях 6-8:

$$Q_{ijk}^D(t) = R^c * D_{ijk}(t) = R^c * [(1 - E_{ijk}^d) * Q_{ijk}(t_0) + E_{ijk}^d * \frac{Q_{ijk}(t_0)}{P_{ijk}(t_0)} P_{ijk}(t)] \quad (6)$$

$$Q_{ijk}(t) = Q_{ijk}(t-1) + S_{ijk}(t) - D_{ijk}(t) \quad (7)$$

$$Q_{ijk}^L(t) = Q_{ijk}^L(t-1) - R^D * S_{ijk}(t-1) + R^D * S'_{ijk}(t-1) \quad (8)$$

Величина дополнительного спроса, вызванного государственным регулированием, приведена в уравнении 9:

$$D'_{ijk}(t) = \sum_{i=1}^n Q_{ijk}^L(t) * C_{ijk}^S * \frac{D_{ijk}(t)}{\sum_{ijk} D_{ijk}(t)} \quad (9)$$

Предложение и цена при условии отсутствия государственного регулирования описаны в уравнениях 9-11:

$$S'_{ijk}(t) = (1 - E_{ijk}^s) Q_{ijk}(t_0) + (E_{ijk}^s \frac{Q_{ijk}(t_0)}{P_{ijk}(t_0)}) P'_{ijk}(t-1) \quad (10)$$

$$P'_{ijk}(t) = P'_{ijk}(t-1) + \frac{P_{ijk}^d(t-1) - P_{ijk}(t-1)}{R^{PC}} \quad (11)$$

Функции расчёта рыночных долей, влияющих на поведение агентов, приведены в уравнениях 11-12:

$$F_{ij}^P(t) = \frac{Q_{ijk}(t)}{\sum_{k=1}^K Q_{ijk}(t)} \quad (12)$$

$$F_{ik}^R(t) = \frac{Q_{ijk}(t)}{\sum_{j=1}^J Q_{ijk}(t)} \quad (13)$$

При решении описанных выше уравнений должны быть выполнены следующие ограничения, описывающие границу производственных возможностей агентов:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K S_{ijk}(t) \leq S_i^{MAX} \quad (14)$$

Основной задачей государства является выбор такого сценария государственного регулирования фармацевтического рынка, при котором

будет обеспечена максимальная доля агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов:

$$\frac{|A^G|}{I} \rightarrow \max \quad (15)$$

2.8 Карта состояний агента

Нелинейность модели обусловлена вероятностным распределением возможного поведения агентов. Все агенты в каждый период времени корректируют своё предложение в зависимости от действий других агентов в соответствии со своей стратегией, вероятностью R'_i и типом агента T'_i . Если $T'_i = 1$, то агент увеличивает предложение лекарственного препарата j в регионе k в пропорции, равной среднему увеличению предложения на рынке в предыдущем периоде.

При $T'_i = -1$, агент сокращает предложение в той же пропорции. Данный тип агентов обозначается как агент второго типа.

При $T'_i = 0$, предложение агента не зависит от действий других агентов. Данный тип агентов относится к третьему типу. Объем производства агентов-производителей описан в уравнениях 1 и 2.

Агенты любого типа при формировании своего продуктово-регионального ассортимента используют методологию портфельного анализа «матрица BCG». В соответствии с данным подходом, производители стараются действовать на двух типах рынков – рынках, где они имеют большую относительную долю рынка; и рынках, которые демонстрируют рост прибыли.

Применительно к построенной модели, поведение агентов заключается в следующем:

1) Агент i (любого типа) всех типов перестают производить товар j в регионе k , если:

- товар j попадает в перечень ЖНВЛС и агент теряет контроль над его ценой;

- доля агента в регионе k ниже минимально допустимой (см. уравнение 1);

2) Агенты первого типа сокращают производство товара j в регионе k , если другие агенты уходят с этого рынка. Сокращение предложения описано в уравнении 2.

3) Агенты второго типа, наоборот, увеличивают предложение на тех рынках, откуда уходят другие игроки. Увеличение предложения описано в уравнении 2.

Подробный алгоритм агента при принятии решения об объеме производства товара $(i;j;k)$ представлен ниже:

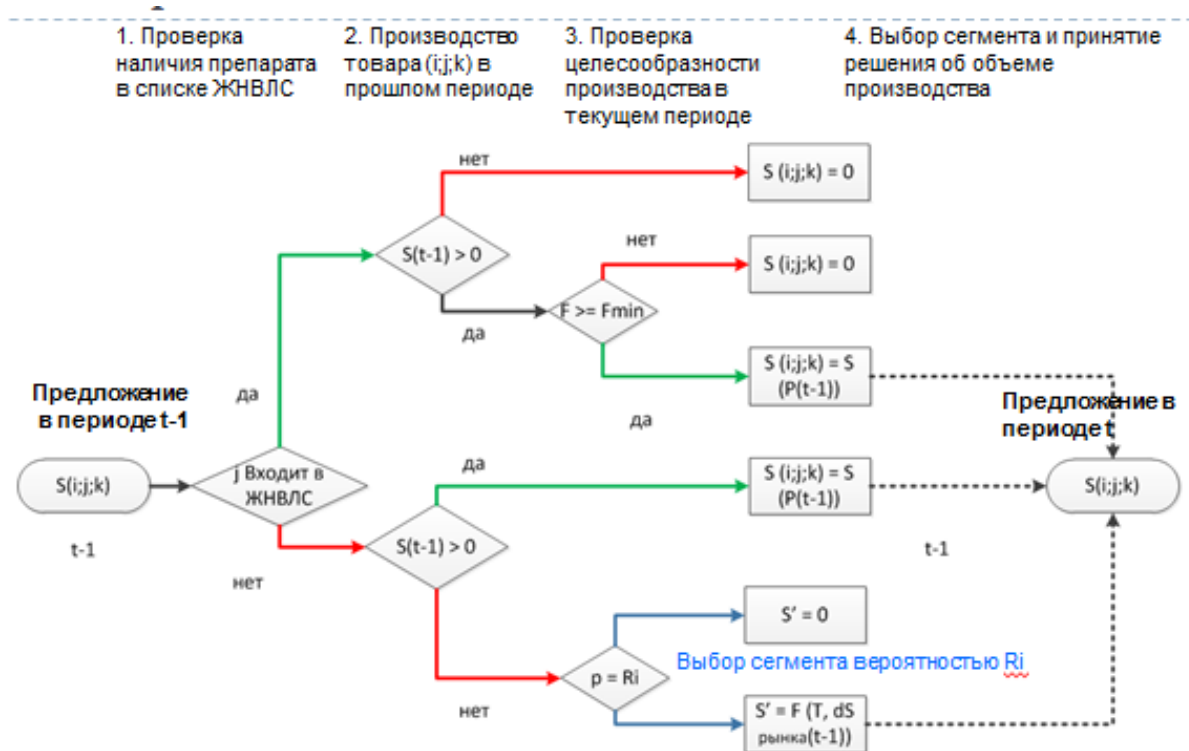


Диаграмма 7. Алгоритм поведения агента

Как видно из представленной диаграммы, в каждом периоде времени агент может принять одно из трех возможных решений:

1) Отказ от производства товара $(i;j;k)$;

Агент отказывается от производства в случае, если на товар введено регулирование цен и его доля на рынке товара $(i;j;k)$ меньше минимально приемлемой.

2) Начало производства товара $(i;j;k)$;

Агент может начать производство товара $(i;j;k)$ с вероятностью R_i в случае, если товар $(i;j;k)$ не входит в перечень ЖВНЛС и его производство соответствует стратегии для данного типа агентов T_i .

3) Сохранение производства

В случае если товар $(i;j;k)$ не входит в перечень ЖВНЛС, а агент в прошлом периоде уже производил данный товар, то его предложение в текущем периоде определяется уравнением 1 разработанной модели и зависит от уровня цен в предыдущем периоде.

Совокупность принятых агентом за период решений об объеме производства формирует продуктовый портфель агента. В данной работе рассматриваются две характеристики портфеля агента:

1. Количество регионов присутствия агента. Данная характеристика определяет в сколько регионах представлены лекарственные препараты, производимые агентом.

2. Ценовой сегмент агента. Данная характеристика определяется как средневзвешенная цена лекарственных препаратов, производимых агентов.

Рассматривая две описанные выше характеристики, динамика поведения агентов может быть представлена как перемещение агентов по плоскости в двух измерениях.

Далее представлена карта состояний агента на плоскости, формируемой следующим образом:

1. По горизонтальной оси отображается средний уровень цен, предлагаемых агентом.

2. По вертикальной оси отображается количество регионов присутствия агента.

В каждый момент времени агент производит оценку своего состояния (продуктовый и региональный портфель) на основании алгоритма, описанного на Диаграмма 7.

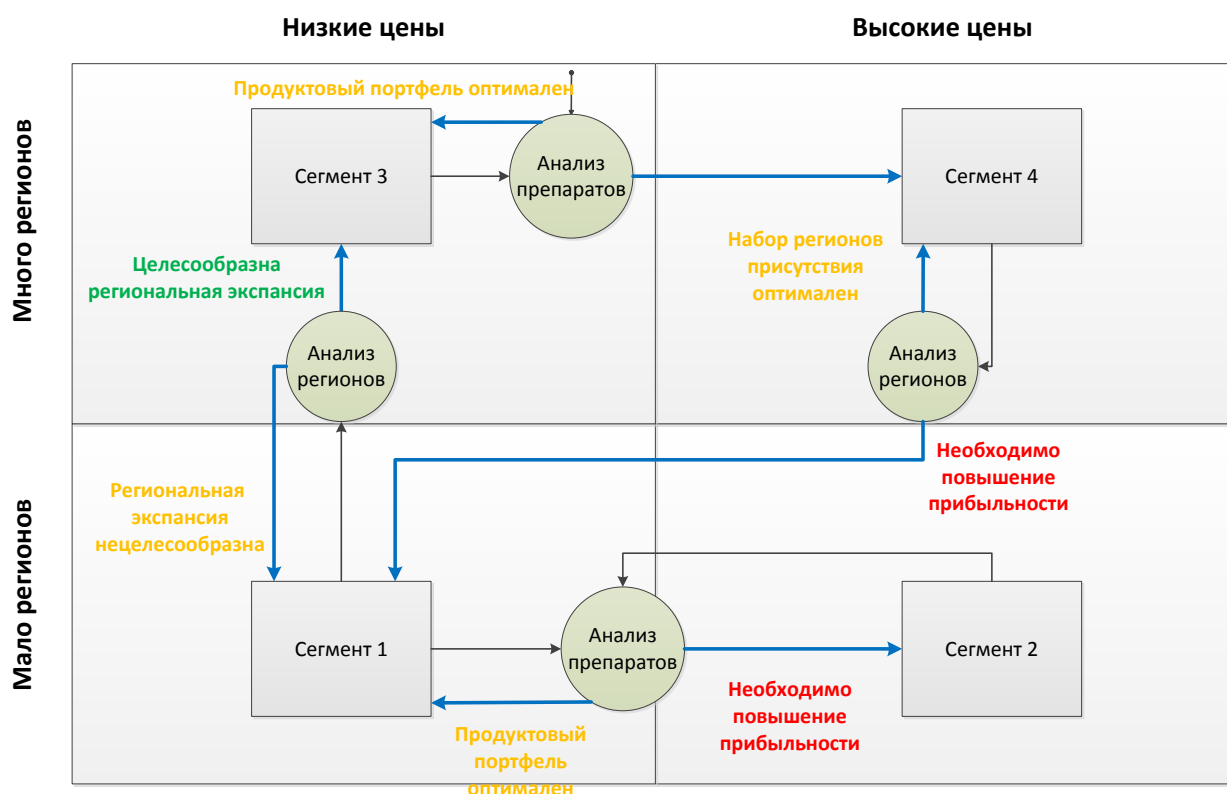


Диаграмма 8. Карта состояний агента

Каждый агент может принимать одно из четырёх возможных состояний, соответствующих сегменту рынка:

1) Сегмент 1. Агенты, продающие лекарства по низкой цене в малом количестве регионов;

2) Сегмент 2. Агенты, продающие лекарства по высокой цене в малом количестве регионов;

3) Сегмент 3. Агенты, продающие лекарства по низкой цене во многих регионах;

4) Сегмент 4. Агенты, продающие лекарства по высокой цене во многих регионах;

Как видно из представленной диаграммы, в зависимости от стратегии агента и рыночных характеристик, в каждый момент времени агенты могут переходить из одного состояния в другое.

2.9 Алгоритм вычисления равновесия в модели

Динамика модели построена на изменениях объема лекарственных препаратов на рынке, описанном в уравнении 6, и динамики цен, описанном в уравнение 3 - количество лекарственных препаратов зависит от уровня спроса (уменьшение количества) и предложения (увеличение количества препаратов), которые в свою очередь зависят от уровня цен. Система находится в равновесном состоянии, когда количество товара, доступное на рынке (см. уравнение 6) равно количеству товара, которые потребители хотят приобрести по текущей цене (см. уравнение 5). Равновесие вычисляется по следующему алгоритму:

1. В момент времени t в соответствии с функцией спроса определяется ожидаемая равновесная цена P^D , по которой будет приобретено все доступное количество товара.

2. Для препаратов со свободным ценообразованием происходит постепенное изменение цены (в течение времени, определяемого параметром R^{PC}) до уровня ожидаемой равновесной цены P^D .

3. Новая цена в каждый следующий момент времени формирует новые величины спроса и предложения, которые в свою очередь влияют на доступное количество Q .

4. Для препаратов из перечня ЖНВЛС (и их заменителей) спрос меняется на величину $D'_{ijk}(t)$ в соответствии с обратной связью, представленной на

Диаграмме 5. Если лекарственный препарат входит в перечень ЖНВЛС ($j \in L$), тогда его цена не меняется, а остаётся равной заданной. При этом, когда спрос на данный препарат превышает предложение (которое не меняется из-за фиксированной цены), излишек спроса аллоцируется на другие препараты - $D'_{ijk}(t)$, тем самым оказывая влияние на уровень цен препаратов, не входящих в перечень ЖНВЛС.

2.10 Выводы (по главе)

Во второй главе работы описан процесс анализа основных факторов, влияющий на уровень цен на лекарственные препараты, а также предложена динамическая модель равновесия фармацевтического рынка, учитывающая найденные факторы.

По результатам анализа статистических показателей фармацевтического рынка были обнаружены следующие наблюдения:

1. Увеличение доли продаж в рамках государственных программ возмещения стоимости лекарственных препаратов снижает средний уровень цен на лекарственные препараты;

2. Государственное регулирование цен на препараты из перечня ЖНВЛС вызывает рост цен на препараты-заменители, не входящие в данный перечень;

3. В ходе моделирования, было установлено, что процесс повышения цен на товары-заменители при введении государственного ценового регулирования занимает 3 месяца.

На основании результатов статистического анализа в данной работе была разработана динамическая модель расчёта равновесия для фармацевтического рынка, обладающая следующими особенностями:

1. Разработанная модель представляется собой модификацию существующей паутинообразной модели применительно к фармацевтическому рынку и относится к классу вычислимых моделей общего равновесия (CGE).

2. Равновесное состояние модели соответствует равновесию на каждом из сегментов фармацевтического рынка. Переход к равновесному состоянию в модели осуществляется с помощью метода «нащупывания».

3. Нелинейность модели обусловлена наличием вероятности возможного поведения агентов.

4. Модель позволяет учитывать государственное регулирование, характерное для российского фармацевтического рынка и особенности поведения экономических агентов в условиях регулирования.

Разработанная модель позволяет:

- 1) прогнозировать цен и объема продаж лекарственных препаратов;
- 2) анализировать влияние фиксирования государственного ценового регулирования на препараты перечня ЖНВЛС на рыночные показатели;
- 3) последовательно наблюдать процесс нащупывания рыночного равновесия на фармацевтическом рынке;
- 4) получать количественные оценки дефицита лекарственных препаратов вызванных государственным ценовым регулированием;
- 5) проводить анализ в разрезе конкретных торговых наименований лекарственных препаратов и конкретным производителям.

Калибровка модели была проведена с помощью методов статистики и имитационного моделирования:

1. Оценка коэффициентов эластичности функций спроса и предложения E^d_{ijk} и E^s_{ijk} выполнена с помощью применения метода наименьших квадратов к уравнениям 1 и 3.

2. Коэффициенты, определяющие динамику изменения цены - R^{PC} определены путем оценки коэффициентов регрессионных уравнений с лаговыми членами, аналогичных уравнению 11.

3. Дальнейшие настройки модели проведены с помощью имитационных экспериментов в ходе итерационного процесса калибровки в системе имитационного моделирования.

В третьей главе диссертации описана реализация разработанной модели в информационной системе и ее применение для оценки эффективности различных вариантов государственного регулирования российского фармацевтического рынка.

Глава 3. Реализация информационно-аналитической системы на основе динамической модели равновесия фармацевтического рынка

3.1 Архитектура информационно-аналитической системы для анализа динамики фармацевтического рынка

В данной работе была разработана многофункциональная аналитическая система, основанная на разработанной в главе 2 динамической модели равновесия фармацевтического рынка. Для решения поставленных в работе задач разработанная модель была реализована в системе имитационного моделирования PowerSim. Помимо этого, для автоматизации процесса анализа в систему были добавлены компоненты, позволяющие собирать, компоновать и упорядочивать исходные данные, проводить статистические тесты и представлять результаты в удобном для принятия решения виде.

Ниже приведена общая архитектура построенного решения:

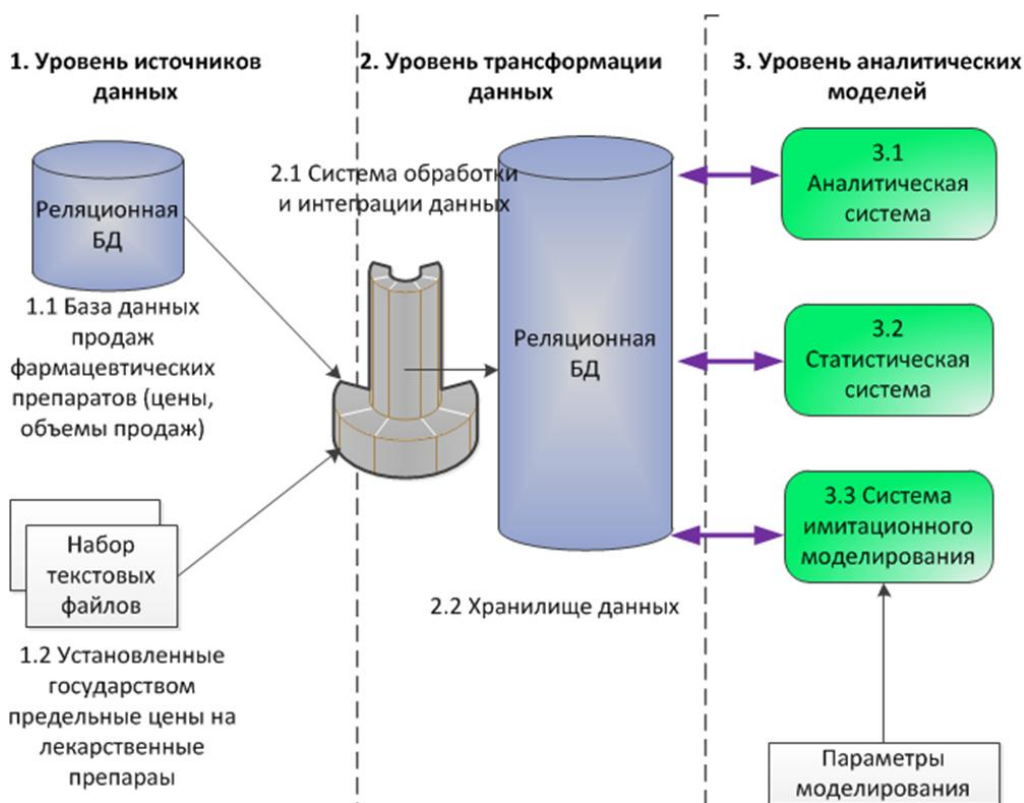


Схема 1. Архитектура аналитической системы на основе динамической модели равновесия фармацевтического рынка

Построенная система включает в себя 4 уровня:

- 1) уровень источников данных;
- 2) уровень трансформации данных;
- 3) уровень аналитических моделей;
- 4) уровень представления данных.

Далее представлено подробное описание каждого уровня:

3.1.1 Уровень источников данных

Как было описано в главе 2, спецификация динамической модели равновесия сегмента фармацевтического рынка предполагает ввод в модель существенного объема исходных данных, включая:

1. Наборы значений (P_{0ijk}) – наблюдаемые показатели цены проданных лекарственных препаратов в сегменте. Значения должны быть представлены в виде матрицы P размера $I \times J \times K$, где каждый элемент будет являться цена i -ого торгового наименования препарата j -ого производителя в K -ом регионе.

2. Наборы значений (Q_{0ijk}) – наблюдаемые показатели количества проданных лекарственных препаратов в сегменте. Значения должны быть представлены в виде матрицы P размера $I \times J \times K$, где каждый элемент будет являться цена i -ого торгового наименования препарата j -ого производителя в K -ом регионе.

3. Наборы значений $(PrFix_{ijk})$ – установленные государством цены i -ого торгового наименования препарата j -ого производителя в K -ом регионе.

Для того, чтобы получить требуемую информацию в данной работе используется два источника данных:

1. База данных «Аудит продаж лекарственных препаратов». Данная база данных распространяется на коммерческой основе компанией IMS Health.

2. Государственный реестр максимальных цен на лекарственные препараты, включенные в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов. Информация из реестра доступна в открытом

доступе и содержит информацию о предельной цене лекарственных препаратов с детализацией до торгового наименования лекарственного препарата, лекарственной формы и компании-производителя лекарственного препарата.

3.1.2 Уровень трансформации данных

Основные функции уровня трансформации данных включают:

- 1) приведение данных из используемых источников к единому формату;
- 2) подготовку данных для их последующей обработки в аналитических приложениях.

В данной работе для данных задачи используется инструментальное средство класса Extract-Transform-Load (ETL – извлечение, трансформация, загрузка) на платформе MS SQL Server 2012 – SQL Server Integration Services. В данном программном продукте были реализованы следующие процедуры загрузки:

1. Загрузка базы данных IMS Health

В данной процедуре исходная база данных IMS Health приводится к структуре хранилища данных, ответственного за хранение в едином формате исходных данных для динамической модели сегмента фармацевтического рынка.

В данной базе данных хранится суммарная ежемесячная информация о следующих показателях:

1. Объем продаж в штучном выражении.
2. Уровень цен.

Для использования в данной работе исходная база данных была преобразована к схеме «звезда» и содержит следующие таблицы:

1. Таблица фактов «F_MARKET_DATA_RMBC_RUS_QRT».
2. Измерение D_PRODUCT_HIERARCHY.
3. Измерение D_CORPORATION.
4. Измерение D_GEOGRAPHY.

5. Измерение D_TIME_PERIOD.

Физическая модель данной базы данных приведена в приложении 3.

2. Загрузка массива текстовых файлов реестра предельных цен

В данной процедуре набор из нескольких файлов-реестров в текстовом формате нормализуется и приводится к структуре хранилища данных, ответственного за хранение в едином формате исходных данных для динамической модели равновесия фармацевтического рынка.

Модель хранилища данных приведена на диаграмме 9.

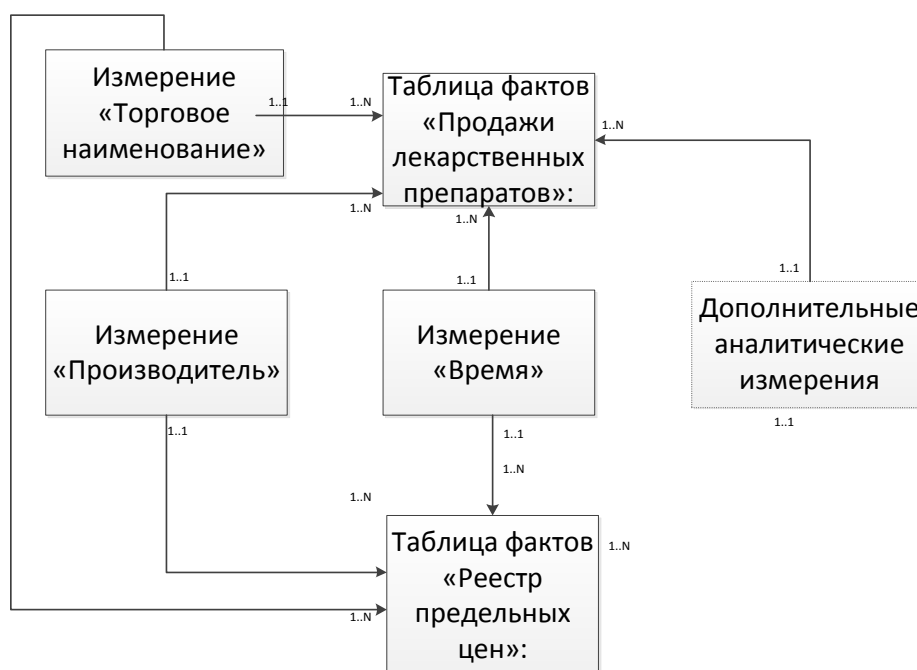


Диаграмма 9. Логическая структура для хранилища данных, использованного для подготовки исходных данных

3. Расчёт аналитической витрины

На последнем этапе обработки данные из области хранилища данных представляются в виде удобном для последующей обработки в аналитических приложениях.

3.1.3 Уровень аналитических приложений

В рамках данной работы данные анализируются с помощью трех аналитических приложений

1) Система анализа и представления данных QlikView

Данная система позволяет в режиме реального времени делать запросы к большим объемам данные. В рамках данного исследования, аналитическое приложение позволяет делать прогноз по рынку в целом, а также применять результаты, полученные в других приложениях ко всему массиву данных.

2) Система статистического анализа данных IBM SPSS

В рамках данной работы статистический пакет IBM SPSS применяется для построения различных регрессионных моделей и проверки статистических гипотез на длительных периодах наблюдений. В частности, были проведены следующие виды статистического анализа:

1. Выявление факторов, влияющих на цену лекарственных препаратов;
2. Исследование причинно-следственных связей;
3. Тестирование гипотез о наличии сезонных колебаний цен лекарственных препаратов;
4. Тестирование качества прогноза разработанной динамической модели равновесия фармацевтического рынка;

3) Система имитационного моделирования PowerSim

В рамках данного исследования, разработанная в главе 2 динамическая модель равновесия фармацевтического рынка была реализована в среде имитационного моделирования PowerSim. Подробная реализации модели в PowerSim будет описана в следующих частях данной главы. Среди видов анализа, которые были проведены в системе имитационного моделирования PowerSim, можно выделить следующие:

- 1) тестирование динамической модели фармацевтического рынка на устойчивость;

- 2) тестирование качества прогноза с помощью динамической модели фармацевтического рынка;
- 3) прогнозирование цен и объемов продаж лекарственных препаратов в выбранном сегменте в условиях отсутствия государственного регулирования цен на лекарственные препараты;
- 4) оценку влияния ограничения цен на цены товаров-заменителей в выбранном сегменте фармацевтического рынка;
- 5) оценку экономического эффекта проводимой политике в выбранном сегменте фармацевтического рынка;
- 6) оптимизацию проводимой политики фармацевтического рынка с точки зрения государства, излишка потребителей и излишка производителей;
- 7) графическую интерпретацию процесса установления равновесия в сегменте фармацевтического рынка.

3.2 Реализация динамической модели равновесия фармацевтического рынка в среде имитационного моделирования PowerSim

Рассмотрим реализацию динамической модели фармацевтического рынка в программном продукте IBM SPSS в виде модели **Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model**.

3.2.1 Основные особенности пакета PowerSim

Основная цель языка PowerSim заключается в построении описания или математической модели воображаемой или реальной системы. Любая модель состоит из множества взаимосвязанных элементов, описываемых переменными. Элементы модели и связи между ними определяют структуру модели. Модель является построенной, если определены все переменные и связи между ними, т.е. если задана структура модели. В основном, имеются пять типов объектов: уровни (запасы), потоки (материальные связи), вспомогательные переменные, константы и связи. Кроме того,

вспомогательные переменные можно комбинировать с потоками для создания "потоков с темпами", а связи можно подразделить на информационные связи, связи с запаздыванием, и инициализирующие связи.

Основные виды элементов перечислены ниже:

1. Level (Уровень или переменная уровня) – переменная, накапливающая изменения. Ее значение изменяется за счет потоков.
2. Flow (Поток или материальная связь) – переменная, влияющая на уровни и изменяющая их значения.
3. Flow with rate (Поток с темпом или переменная темпа) – переменная, влияющая на уровни. Поток регулируется соединенной с ним переменной темпа, которая обычно является вспомогательной переменной (и может быть отделена от потока).
4. Auxiliary (Вспомогательная переменная) – переменная, содержащая вычисления с другими переменными.
5. Constant (Константа) – переменная с фиксированным значением, используемым при вычислениях значений вспомогательных переменных или потоков.
6. Link (Связь) – предоставляет информацию вспомогательным переменным относительно значения других переменных.

3.2.2 Задание констант

Ниже представлено описание констант, применяемых в модели **Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model**:

№	Имя константы	Значение константы	Описание константы
1	Market_Growth	10%	Темпы роста продаж за год для торгового наименования
2	Market_Price	--	Наблюдаемая равновесная

			рыночная цена в начале периода моделирования
3	Price_Change_Latency	«1 месяц»	Период, за который корректируется цена в соответствии с балансом спроса и предложения
4	Regulator_Price	--	Фиксированная цена на препарат в начале периода моделирования
5	Subst_Period	«1 неделя»	Период, за который дефицит переходит в спрос на товар-заменитель
6	Time_to_Saturate	«1 месяц»	Время удовлетворения спроса
7	EIS	0,1	Эластичность предложения по цене
8	EID	-0,3	Эластичность спроса по цене

Диаграмма 10. Константы модели Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model

3.2.3 Задание уровней

Ниже представлено описание уровней, использованных в модели **Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model**:

№	Имя уровня	Исходное значение	Входной поток	Выходной поток	Описание уровня
1	Converted_Demand_Accrued	0	Conversion_Demand		Общий накопленный спрос на товары заменители
2	Deficit	0	Deficit_Demand	Subst_Rate	Величина дефицита спроса, вызванная государственным регулированием
3	Deficit_Accrued	0	Deficit_Accumulation_Rate		Общая накопленная величина дефицита спроса, вызванная государственным

					регулированием
4	Price	IF (Regulator_ Price>0; Regulator_P rice; Market_Pric e)	Price_Change		Текущая рыночная цена на препарат
5	Quantity	Desired_Quantity	Supply	Demand	Текущее доступное на рынке количество препарата
6	True_Price	Market_Price	True_Price_Change		Равновесная рыночная цена на препарат (в ситуации отсутствия ограничения цен)

Диаграмма 11. Уровни модели Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model

3.2.4 Задание переменных

Ниже представлено описание переменных, использованных в модели Rus_Pharma_J05:

№	Наименование переменной	Определение	Описание
1	CntDim1	ELEMCOUNT(ARRSUM(ARRSUM(Market_Price;3);2))	Количество элементов измерения "Производитель"
2	CntDim2	ELEMCOUNT(ARRSUM(TRANSPOSE(ARRSUM(Market_Price;3));2))	Количество элементов измерения "Лекарственный препарат"
3	CntDim3	ELEMCOUNT(ARRSUM(Market_Price;1;2))	Количество элементов измерения "Лекарственный регион"

4	Converted_Demand	IF (Regulator_Price > 0; 0/1 <<da>>; ARRSUM(Subst_Rate) * (Market_Volume_Size) / ARRSUM (Market_Volume_Size))	Объем спроса на препарат-заменитель
5	Coverage	IF (Price * Desired_Quantity= 0; 0 ;Quantity/Desired_Quantity)	Обеспеченность спроса имеющимся количеством препарата
6	Deficit_Demand	IF (True_Price=0 OR Market_Price=0 ;0 / 1 <<mo>>; ((1-EID)*Market_Volume_Size +EID*(True_Price) *(Market_Volume_Size / Market_Price)) / 12 <<mo>> +Growth_Demand)	Величина дефицита спроса, вызванная ограничением уровня цен
7	Demand	IF (Quantity <0,1 OR Price=0 OR Market_Price =0 ;0 / 1 <<mo>>; ((1- EID)*Market_Volume_Size +EID*(Price) *(Market_Volume_Size / Market_Price)) / 12 <<mo>> +Growth_Demand)	Спрос
8	Desired_Price	IF (Price*Market_Price*Desired_Quantity = 0; 0;Price * (1/Coverage)^(1/2))	Уровень цены, при котором все потребители готовы купить все имеющееся количество препарата
9	Desired_Quantity	Demand*Time_to_Saturate	Количество товара, которое потребители хотят приобрести при текущей рыночной цене
10	AddSupply	IF ((StrategyMod=0) AND (Price >0) AND Quantity >0; (1-EIS) * Market_Volume_Size/ 12 <<mo>> + EIS*(Price) *(Market_Volume_Size / Market_Price) / 12 <<mo>> ;0/12 <<mo>>))	Изменение предложения, вызванное стратегией агента
11	Growth_Demand	STEP (Market_Volume_Size * (Market_Growth/100); DATE(2012;01;03)) / 12<<mo>>	Величина спроса, вызванная ростом рынка
12	IsFixedTradeName	ARRMAX(TRANSPPOSE(ARRMAX('Is Fixed';3));2)	Признак наличия государственного регулирования цены
13	Price_Change	IF (Market_Price = 0 ;0 / 1<<da>> ;IF (Regulator_Price=0;0 /(Price_Change_Latency); (Desired_Price - Price)/(Price_Change_Latency)))	Величина изменения цены для уравновешивания рынка
14	QTransposed	FOR(i=CntDim3;j=CntDim2;k=CntDim1 LOOKUP(Quantity;k;j;i))	Служебная величина
15	RegionStock	ARRSUM(QTransposed;2)	Служебная величина
16	StrategyMod	IF (Regulator_Price>0; StratRegion*StratTm;1)	Служебная величина

17	StratRegion	IF (SupplierRegionShare1 <MinRegShare;0;1)	Расчёт стратегии присутствия в регионе
18	StratTm	IF (SupplierTmShare<MinTmShare;0;1)	Расчёт стратегии наличия препарата в портфеле
19	Subst_Rate	IF (Market_Volume_Size*Price > 0;Market_Volume_Size/ARRSUM(Market_Volume_Size)*(Deficit/Price)/Subst_Period; 0/Subst_Period)	Скорость замещения спроса
20	SupplierRegionShare1	FOR(i=CntDim1;j=CntDim2; k=CntDim3 IF (LOOKUP(RegionStock;k)=0;0;LOOKUP(SupplierRegionStock;i;k)/ LOOKUP(RegionStock;k)))	Служебная величина для расчёта стратегии
21	SupplierRegionStock	TRANSPOSE(ARRSUM(QTransposed;2;2))	Служебная величина для расчёта стратегии
22	SupplierRegionTmShare	FOR(i=CntDim1;j=CntDim2; k=CntDim3 IF (LOOKUP(TmRegionStock;k;j)=0;0;LOOKUP(Quantity;i;j;k)/ LOOKUP(TmRegionStock;k;j)))	Служебная величина для расчёта стратегии
23	SupplierTmRegionShare	FOR(i=CntDim1;j=CntDim2; k=CntDim3 IF (LOOKUP(TmRegionStock;k;j)=0;0;LOOKUP(Quantity;i;j;k)/ LOOKUP(TmRegionStock;k;j)))	Служебная величина для расчёта стратегии
24	SupplierTmShare	FOR(i=CntDim1;j=CntDim2; k=CntDim3 IF (LOOKUP(TmStock;j)=0;0;LOOKUP(SupplierTmStock;i;j)/ LOOKUP(TmStock;j)))	Служебная величина для расчёта стратегии
25	SupplierTmStock	ARRSUM(Quantity;3)	Служебная величина для расчёта стратегии
26	Supply	IF ((StrategyMod=0) OR (Price =0); 0 / 12 <<mo>>; (1-EIS) * Market_Volume_Size/ 12 <<mo>> + EIS*(Price) *(Market_Volume_Size / Market_Price) / 12 <<mo>>)	Предложение
27	SupplyRate	Supply	Темп формирования предложения
28	TmRegionStock	ARRSUM(QTransposed;3)	Служебная величина для расчёта стратегии
29	TmStock	ARRSUM(TRANSPOSE(ARRSUM(Quantity;3));2)	Служебная величина для расчёта стратегии
30	True_Price_Change	(Desired_Price - Price)/(Price_Change_Latency)	Величина изменения цен в ситуации, когда цена не ограничена

Диаграмма 12. Переменные модели Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model

3.2.5 Задание потоков и связей

Разработанная модель выглядит следующим образом:

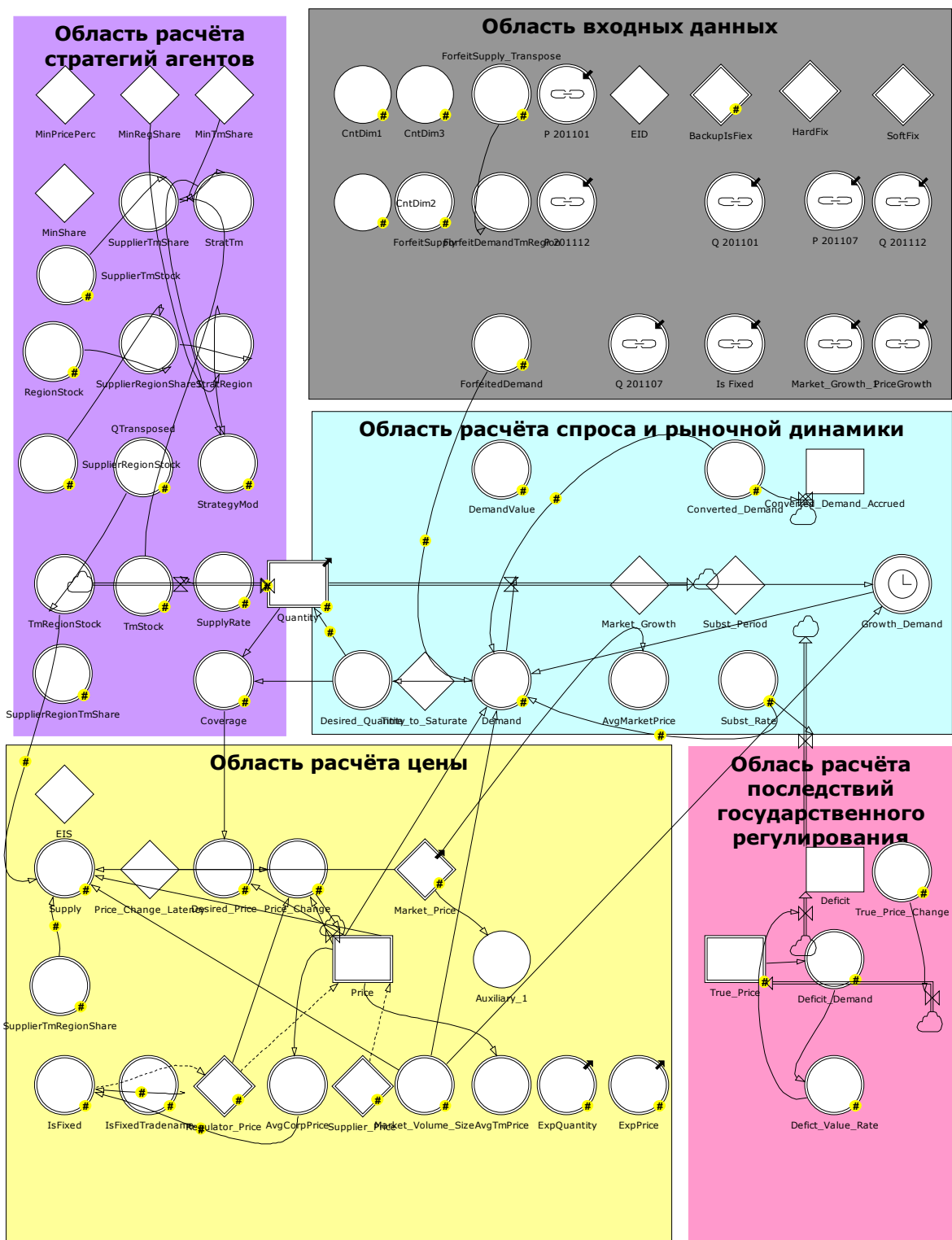


Диаграмма 13. Диаграмма модели Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model

3.2.6 Настройка служебных параметров модели

В модели **Rus_Pharma_Market_Dynamic_Model** установлены следующие настройки:

- 1) шаг моделирования – 1 день;
- 2) период моделирования – с 01.01.2013 до 01.01.2015.

3.3 Верификация модели

Для проверки результатов, получаемых с помощью модели, были проведены тесты качества прогноза. Для этого прогноз, полученный с помощью модели, сравнивался с фактическими значениями основных показателей фармацевтического рынка.

В ходе тестирования было проведено два набора испытаний:

- 1) Тестирование качества прогноза по сравнению с наблюдаемыми фактическими значениями;
- 2) Сравнение качества прогноза с аналогичной регрессионной моделью;

В качестве исходных данных для оценки качества прогноза будут использованы:

- 1) Информация о ценах и объемах продаж 10 торговых наименований сегмента J04:

- «Изониазид»,
- «ПАСК-Акри»,
- «Пизина»,
- «Пиразинамид»,
- «Протионамид»,
- «Рифампицин»,
- «Феназид»,

- «Фтивазид»,
- «Этамбутол»,
- «Этамбутол-Акри»

2) Выборка производителей включала 20 ведущих производителей лекарственных препаратов:

- «АКРИХИН ХФК ОАО»,
- «БЕЛМЕДПРЕПАРАТЫ АО»,
- «БИОСИНТЕЗ ОАО (ПЕНЗА)»,
- «БИОХИМИК ОАО (САРАНСК)»,
- «БРЫНЦАЛОВ-А ЗАО»,
- «ИПКА ЛАБОРАТОРИЗ ЛТД»,
- «ИРБИТСКИЙ ХФЗ ОАО»,
- «ЛЮПИН ЛАБОРАТОРИЗ ЛТД»,
- «МАКИЗ-ФАРМА ЗАО»,
- «МОСХИМФАРМПРЕПАРАТЫ»,
- «ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ЛЕКАРСТВА (ЭРКА - Ф)»,
- «ПРОМЕД ЭКСПОРТС ПВТ ЛТД»,
- «РОЗФАРМ ЗАО»,
- «СЕВЕРНАЯ ЗВЕЗДА ЛТД ЗАО»,
- «СИНТЕЗ АКОМП»,
- «ТАТХИМФАРМПРЕПАРАТЫ КПХФО»,
- «ТЮМЕНСКИЙ ХФЗ»,
- «ФАРМАСИНТЕЗ ОАО (ИРКУТСК)»,
- «ФАРМСИНТЕЗ ООО (С-ПЕТЕРБУРГ)»

3) Модель была построена для всех регионов, данные были просуммированы до уровня федеральных округов.

3.3.1 Тестирование качества прогноза модели

До проведения основной серии вычислительных экспериментов (описанных далее в разделах 3.5 – 3.6) был проведен ряд испытаний модели с целью проверки адекватности модели, то есть ее способности давать точные прогнозные значения.

Для проведения тестирования модель была откалибрована на данных 2010 – 2011 г, включающих ежемесячную статистику цен и объемов продаж отдельных лекарственных препаратов каждого производителя во всех регионах.

Для проверки адекватности модели был проведен расчёт данных показателей на следующий период – 2012 г. без проведения дополнительной калибровки. Таким образом, сравнивая рассчитанные моделью значения на 2012 г. с реально наблюдаемыми значениями возможно посмотреть отклонение данных.

Результаты моделирования

Ниже приведены исходные, прогнозируемые и наблюдаемые цены на лекарственные препараты:

Торговое наименование	Производитель	Начальная цена	Прогноз цены	Наблюдаемая цена	Рост цен	Ошибка прогноза
Рифампицин	АКРИХИН ХФК ОАО	20,71	21,78	21,51	4%	-1%
Рифампицин	БЕЛМЕДПРЕПАРАТЫ АО	24,29	25,54	24,49	1%	-4%
Рифампицин	МОСХИМФАРМПРЕПАРАТЫ	24,69	25,96	25,94	5%	0%
Рифампицин	ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ЛЕКАРСТВА (ЭРКА	36,00	37,86	35,01	3%	-8%

	- Ф)					
Рифампицин	СЕВЕРНАЯ ЗВЕЗДА ЛТД ЗАО	29,28	30,79	27,46	6%	-12%
Фтивазид	ИРБИТСКИЙ ХФЗ ОАО	16,09	16,92	16,71	4%	-1%
Этамбутол	ИПКА ЛАБОРАТОРИЗ ЛТД	103,29	108,61	108,32	5%	0%
Этамбутол	МАКИЗ-ФАРМА ЗАО	116,53	122,53	121,25	4%	-1%
Изониазид	~	39,09	41,10	43,25	11%	5%
Изониазид	БИОСИНТЕЗ ОАО (ПЕНЗА)	38,04	40,00	40,13	5%	0%
Изониазид	МОСХИМФАРМПРЕ ПАРАТЫ	40,08	42,14	42,41	6%	1%
Изониазид	СЕВЕРНАЯ ЗВЕЗДА ЛТД ЗАО	36,34	38,21	36,83	1%	-4%
Изониазид	ТАТХИМФАРМПРЕ ПАРАТЫ КПХФО	42,95	45,16	39,92	7%	-13%
Пизина	ЛЮПИН ЛАБОРАТОРИЗ ЛТД	85,29	89,68	82,80	3%	-8%
Пиразинамид	МАКИЗ-ФАРМА ЗАО	114,77	120,68	110,34	4%	-9%

Диаграмма 14. Результаты прогнозирования цены в сегменте противовирусных препаратов в ситуации отсутствия государственного регулирования.

Среднее значение ошибки прогноза составило 8%.

Для проверки качества прогноза модели был проведен тест на неудачу предсказания (тест Чоу). Для этого в модель были включены оценки прогноза PriceForecast, а также дамми-переменные DummyForecast, после чего была оценена F-статистика Чоу, равная

$$F(m; T - k - 1) = \frac{(RSS_{T+m} - RSS_T) / m}{RSS_T / (T - k - 1)}$$

, где RSS_{t+m} - сумма квадратов отклонений после включения фиктивных переменных, RSS_T - сумма квадратов отклонений до включения стандартных переменных. После подстановки, было получено значение F-статистики Чоу, равное 0,68. Значение 0,95 квантиля F-распределения с (12;32) степенями свободы = 2,01. Таким образом, нулевая гипотеза о стабильности коэффициентов регрессии не была отвергнута, что свидетельствует о качестве прогнозов, полученных с помощью разработанной динамической модели равновесия фармацевтического рынка.

3.3.2 Сравнение качества прогноза разработанной модели с регрессионной моделью

Для оценки эффективности используемого подхода было проведено дополнительное сравнение качества прогноза с аналогичной моделью, основанной только на статистических методах. Для этого был построен прогноз с помощью классической линейной регрессионной модели, использованной для калибровки модели (см. раздел 2.5). Ниже приведено сравнение качества прогнозов, полученных с использованием двух моделей:

Препарат	Прогноз динамической модели	Прогноз статистической модели	Ошибка прогноза динамической модели	Ошибка прогноза статистической модели
DAPSON FATOL ARZNEIMITTEL	2316,548	1 988,22	29%	17%
ETHAMBUTOL AKRIKHIN- PHARMA*	175,7459	158,17	5%	11%
ETHAMBUTOL FARMSYNTEZ	211,278	179,80	-9%	18%

ETHAMBUTOL UNIDENTIFIED MANUF	142,5437	136,40	-2%	5%
ISONIAZID BIOTEK*	39,96667	35,00	4%	14%
ISONIAZID MOSCHIMF.PRE P. RF	35,56342	27,66	-2%	29%
ISONIAZID PHARM- CENTER*	86,15493	73,29	17%	18%
ISONIAZID ROZFARM ZAO	109,6468	44,00	27%	149%
ISONIAZID TUMENSK HFZ RF	-28,91574	55,90	-4%	-152%

Диаграмма 15. Сравнение качества прогноза динамической модели фармацевтического рынка со статистической моделью на основе линейной регрессии

Оценка результатов, полученных с помощью динамической модели равновесия фармацевтического рынка показала:

1. Динамическая модель дает в среднем в два раза меньшую ошибку прогноза, чем модель, использующая регрессию.
2. В среднем, ошибка прогноза не превышает 10%.

Сравнение прогнозов, полученных с помощью разработанной динамической модели равновесия фармацевтического рынка с реально наблюдаемыми значениями, а также оценками, полученными с помощью моделей линейной регрессии показало, что расчётные значения незначительно отличаются от фактических. Таким образом, это даёт

основания предполагать, что с помощью разработанной модели возможно получить достоверные оценки на длительный период моделирования.

3.4 Тестирование модели на устойчивость

Далее представлено описание проведенных тестов на устойчивость разработанной модели. В работе проведено два вида тестирования на устойчивость:

- 1) тестирование модели на устойчивость к аномальным значениям исходных данных;
- 2) тестирование модели на стохастическую устойчивость результатов.

3.4.1 Тестирование модели на устойчивость при аномальных значениях исходных данных

Предположим, в рассматриваемый период времени рыночная ситуация не соответствовала состоянию равновесия и уровень спроса существенно превышал уровень предложения товаров. Например, сразу после вступления в силу закона об обязательной регистрации цен на ЖВНЛС, многие производители не успели выполнить данное требование и были вынуждены временно отсутствовать на рынке.

Тестирование показало, что модель обладает способностью возвращаться в исходное состояние:

Ниже приведена динамика цен на один из лекарственных препаратов:

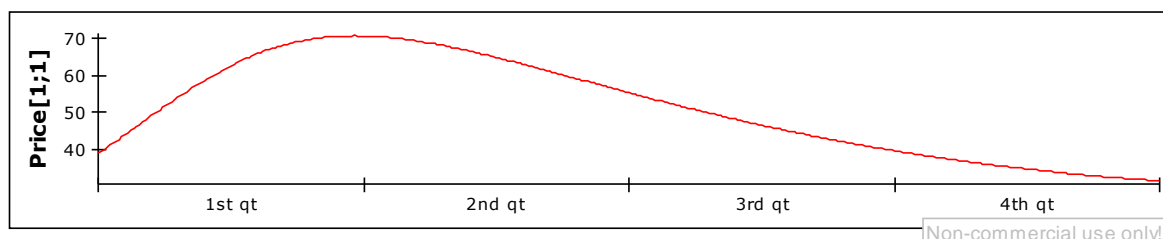


Диаграмма 16. Динамика цены в ситуации начального дефицита

Ниже приведена динамика уровня доступного количества одного из лекарственных препаратов:

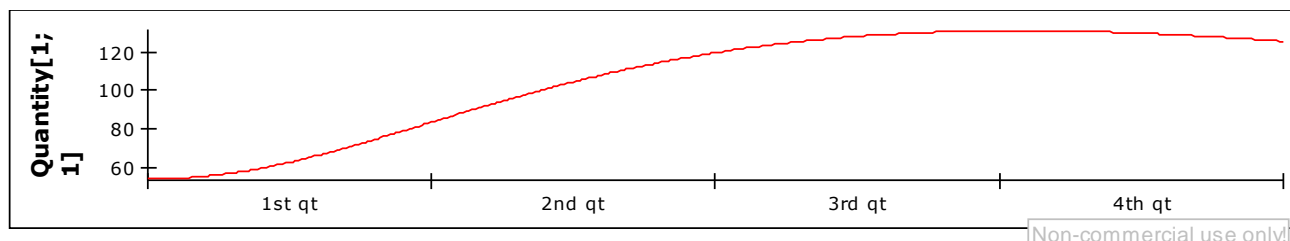


Диаграмма 17. Динамика запаса количества лекарственного препарата в ситуации начального дефицита

Ниже приведена динамика показатели дефицитности на один из лекарственных препаратов:

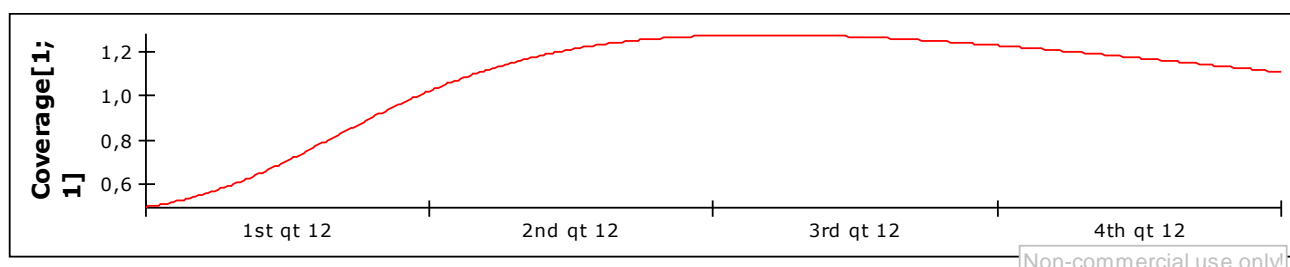


Диаграмма 18. Динамика обеспеченности товаром

Приведенные диаграммы иллюстрируют процесс успешного перехода модели к равновесному состоянию (соответствующему единичному уровню показателя дефицитности).

3.4.2 Тестирование модели на стохастическую устойчивость

В рамках тестирования динамической модели равновесия фармацевтического рынка был проведен набор испытаний, направленных на оценку вероятностной устойчивости модели.

Для тестирования вероятностной устойчивости был проанализирован разброс целевого показателя – доли агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов, при большом количестве итераций прогона модели (более 1000). Для моделирования был рассмотрен «мягкий» сценарий государственного регулирования, предполагающий сохранение ценового регулирования для 33% лекарственных препаратов. Разброс динамики целевого показателя при большом количестве итераций представлен на Диаграмма 19:

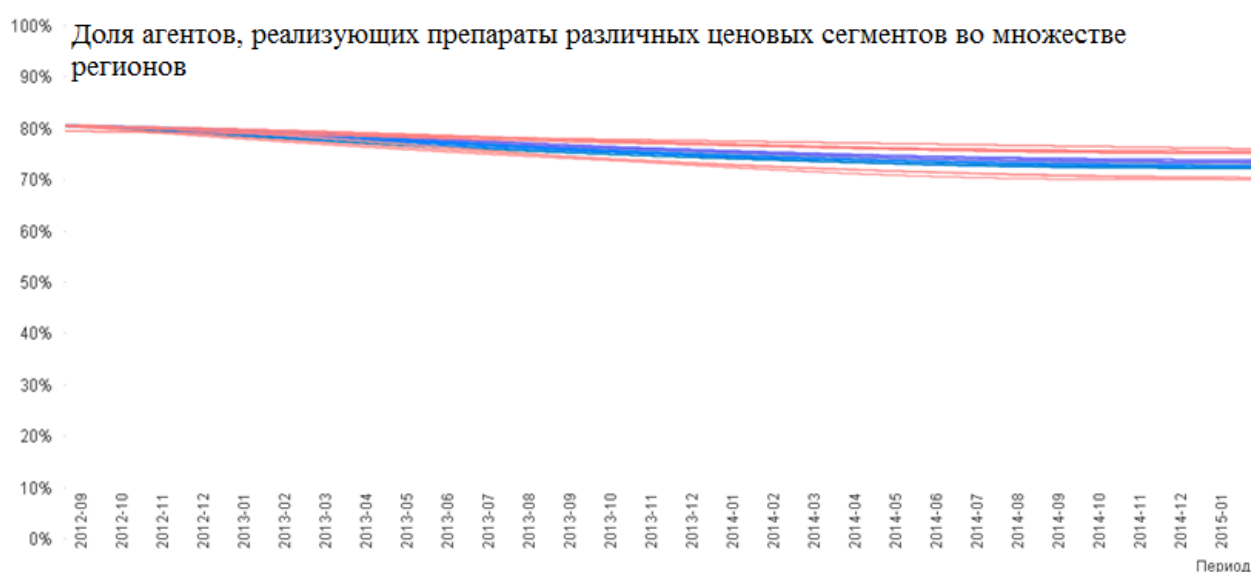


Диаграмма 19. Разброс динамики целевого показателя при большом количестве итераций моделирования

Результаты анализа показывают, что разброс целевого показателя не превышает 10%, что свидетельствует о высоком уровне стохастической устойчивости построенной динамической модели равновесия фармацевтического рынка.

3.5 Расчёты эффективности государственного ценового регулирования фармацевтического рынка

В работе был проведен ряд вычислительных экспериментов, направленных на оценку эффективности существующей государственной политики ценового регулирования. Для этого было проведено моделирование поведения цен на выбранном сегменте фармацевтического рынка в двух ситуациях – с наличием ограничения цен государственной политикой и без нее. Ниже приведены результаты расчётов для *сегмента антибактериальные и противовирусные препараты (Сегмент J04 по классификации АТС)* за период с 01.01.2011 по 31.12.2011. для следующих показателей

1. P0 – цена в начале периода моделирования.
2. PN – цена конце периода моделирования при отсутствии регулирования цен.
3. PN% - процент роста цены при **отсутствии регулирования** цен.
4. PR – цена конце периода моделирования при наличии регулирования цен.
5. PR% - процент роста цены при наличии регулирования цен.

Препарат	P0	PN	PN%	PR	PR%
АМОКСИЦИЛЛИН	22,93	26,43	15,2%	28,40	23,8%
АМПИЦИЛЛИН	12,59	14,51	15,2%	12,59	0,0%
БЕНЗИЛПЕНИЦИЛЛИН	1,41	1,55	10,2%	1,41	0,0%
ГЕНТАМИЦИН	15,74	16,55	5,2%	15,74	0,0%
ДИОКСИДИН	21,47	24,74	15,2%	26,59	23,8%
ИЗОНИАЗИД	16,30	17,14	5,2%	16,30	0,0%
ЛЕВОМИЦЕТИН	7,60	8,95	17,7%	7,60	0,0%
ЛИНКОМИЦИН	32,44	34,12	5,2%	36,85	13,6%
МЕТРОНИДАЗОЛ	3,08	3,23	5,0%	3,08	0,0%
ОКСАЦИЛЛИН	7,89	9,09	15,2%	7,89	0,0%

РИФАМПИЦИН	9,12	10,73	17,7%	11,52	26,3%
ЦЕФАЗОЛИН	46,38	46,54	0,3%	46,38	0,0%
ЭРИТРОМИЦИН	16,38	17,22	5,2%	18,60	13,6%
Общая средняя цена	16,41	17,75	8,2%	17,92	9,2%

Диаграмма 20. Сравнение темпов роста цен при наличии и отсутствии государственного регулирования

В результате темпов роста цен в двух случаях (наличия и отсутствия государственного регулирования цен) была зафиксирована следующая ситуация:

1. Для тех препаратов, цена которых была фиксированной, фиксирование цены приносит положительный эффект, так как остаётся неизменной.
2. Для остальных препаратов, темпы роста цен заметно выше в ситуации с государственным регулированием, чем в ситуации свободного рынка.
3. Средневзвешенный рост цен в ситуации наличия государственного ценового регулирования выше, чем в ситуации его отсутствия.

Таким образом, можно говорить о том, наличие государственного регулирования в целом достигает своей цели – предотвращении роста цен на одни препараты за счет роста цен на другие препараты. Тем не менее, достижение этой цели обладает негативным эффектом – общим ростом средневзвешенных цен на лекарственные препараты сегмента.

Далее в работе был предложен подход, позволяющий повысить эффективность проводимой государственной политики. Для этого предлагается ввести программу возмещения стоимости лекарственных препаратов, входящих в перечень ЖНВЛС. Для расчёта последствий подхода была построена следующая модель:

Период моделирования – 01.01.2012- 31.12.2015.

Сравниваются три вида проводимой государственной политики:

1. Отсутствие государственного регулирования;
2. Ограничение уровня цен препаратов из перечня ЖНВЛС на уровне, соответствующем началу периода;
3. Возмещение государством 50% стоимости лекарственных препаратов ЖНВЛС.

Ниже приведены результаты расчётов темпов роста цен при наличии возмещения издержек производителям ЖНВЛС:

Торговое наименование / производитель препарата	% роста цен при отсутствии регулирования	% роста цен при наличии регулирования	% роста цен при возмещении затрат на ЖНВЛС
DAPSON FATOL ARZNEIMITTEL	5%	5%	5%
ETHAMBUTOL AKRIKHIN- PHARMA*	5%	0%	2%
ETHAMBUTOL FARMSYNTEZ	5%	14%	5%
ETHAMBUTOL UNIDENTIFIED MANUF	5%	0%	2%
ISONIAZID AKRIKHIN-PHARMA*	5%	26%	5%
ISONIAZID BIOTEK*	5%	0%	2%
ISONIAZID MOSCHIMF.PREP. RF	5%	0%	2%
ISONIAZID PHARMASYNTEZ IRKUT	5%	0%	2%
ISONIAZID PHARM-CENTER*	5%	23%	5%
ISONIAZID ROZFARM ZAO	5%	35%	5%
ISONIAZID SEVERNAYA ZVEZDA	5%	21%	5%
ISONIAZID TUMENSK HFZ RF	5%	0%	2%
ISONIAZID UNIDENTIFIED MANUF	5%	43%	5%
MYCOBUTIN PFIZER*	5%	6%	5%

NATRIUM PARA-AMINO ZIO- ZDOROVIE ZAO	5%	5%	5%
PHENAZID PHARMSYNTHEZ S.PET	5%	10%	5%
PROTIONAMID AKRIKHIN- PHARMA*	5%	11%	5%
PROTIONAMID PROMED EXPORTS IND	5%	13%	5%
PROTIONAMID UNIDENTIFIED MANUF	5%	0%	2%
PYRAZINAMID AKRIKHIN- PHARMA*	5%	13%	5%
PYRAZINAMID OZON OOO	5%	0%	2%
PYRAZINAMID STADA*	5%	16%	5%
PYRAZINAMID UNIDENTIFIED MANUF	5%	16%	5%
RIFABUTIN OZON OOO	5%	0%	2%
TERIZIDON FATOL ARZNEIMITTEL	5%	5%	5%
Средневзвешенный рост	5%	10%	4%

Диаграмма 21. Темпы роста цен на лекарственные препараты при возмещение издержек производителей государством

Стоимость затрат на реализацию государственной программы возмещения стоимости согласно политике 3 – 4 445 849 руб., что составляет около 10% от объема продаж в выбранном сегменте (38 млн .руб.).

3.6 Моделирование поведения агентов при различных сценариях государственного регулирования

Далее рассмотрен пример использования разработанной динамической модели равновесия фармацевтического рынка для моделирования поведения агентов и поиска сценария, обеспечивающего максимальную долю агентов,

реализующих лекарственные препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов. Для оценки поведения агентов использованы следующие метрики:

- 1) количество различных лекарственных препаратов, производимых агентов;
- 2) количество регионов присутствия агента;
- 3) средняя цена лекарственных препаратов, производимых агентом.

Рассмотрим поведение агентов в период с 2013 по 2015 год. Для моделирования динамики поведения агентов использована сегментная матрица следующего вида:

- по оси X определен средний уровень цен производителя;
- по оси Y определено количество регионов присутствия производителя.

В работе проведено сравнение последствий реализации трех возможных сценариев государственного регулирования фармацевтического рынка:

- 1) «Мягкий» сценарий – перечень лекарственных препаратов, цены на которые регулируются, включает до 33% от общего числа доступных лекарственных препаратов на рынке.
- 2) «Жесткий» сценарий – перечень лекарственных препаратов, цены на которые регулируются, включает до 66% от общего числа доступных лекарственных препаратов на рынке.
- 3) «Предлагаемый» сценарий – вместо государственного регулирования цен внедряется программа возмещения стоимости лекарственных препаратов.

Фактическое распределение наиболее крупных агентов по сегментам в начале периода моделирования представлено на рис. 2:

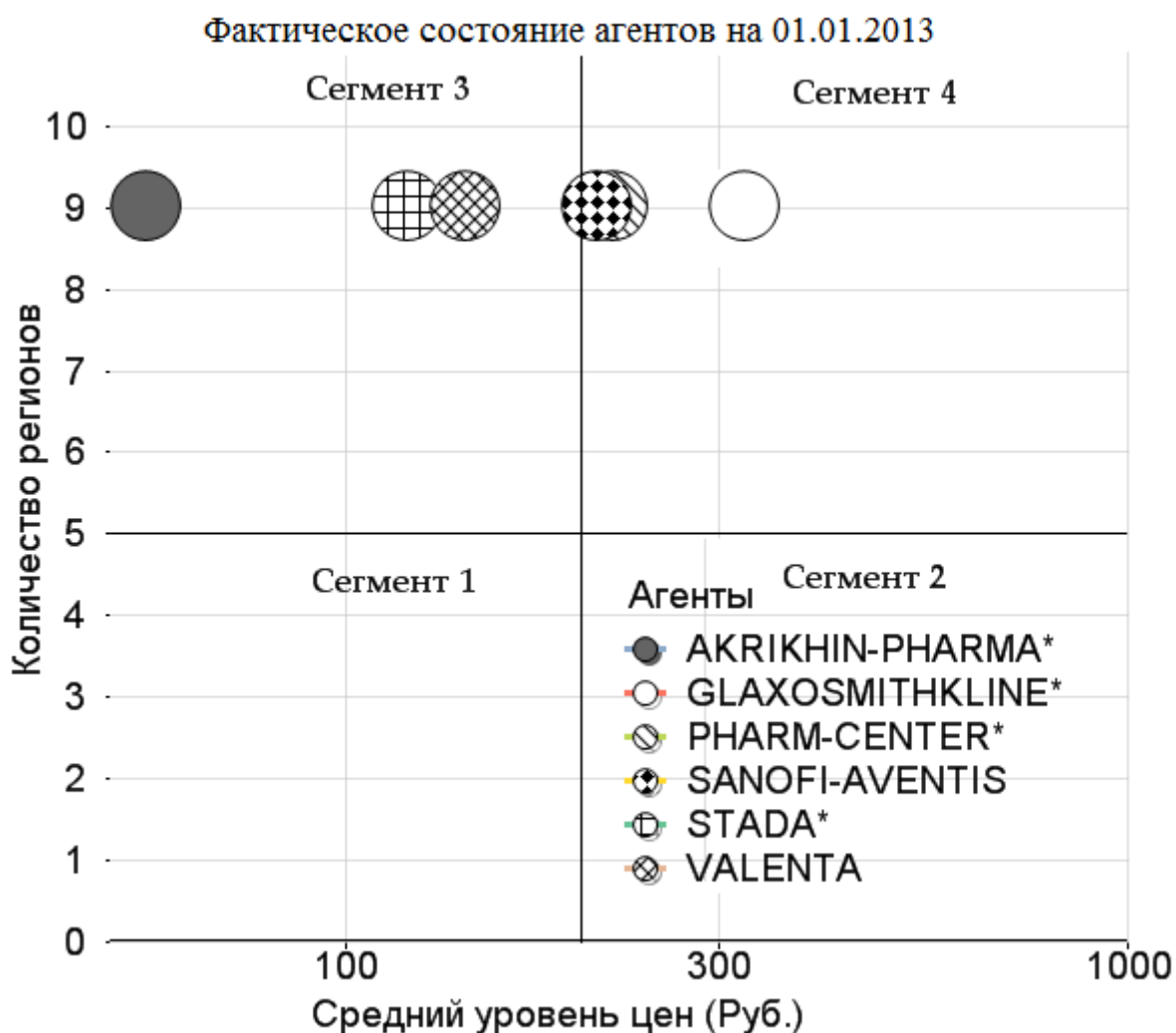


Рис. 1. Положение агентов по состоянию на 01.01.2013

На Рис. 1 - 4 представлены четыре сегмента:

- 1) агенты, продающие лекарства по низкой цене в малом количестве регионов (сегмент 1);
- 2) агенты, продающие лекарства по высокой цене в малом количестве регионов (сегмент 2);
- 3) агенты, продающие лекарства по низкой цене в большом количестве регионах (сегмент 3);
- 4) агенты, продающие лекарства по высокой цене в большом количестве регионах (сегмент 4).

Далее представлены результаты моделирования положения агентов при различных сценариях государственного регулирования.

Рассчитанное состояние агентов на 01.01.2015 ("Жесткий" сценарий)

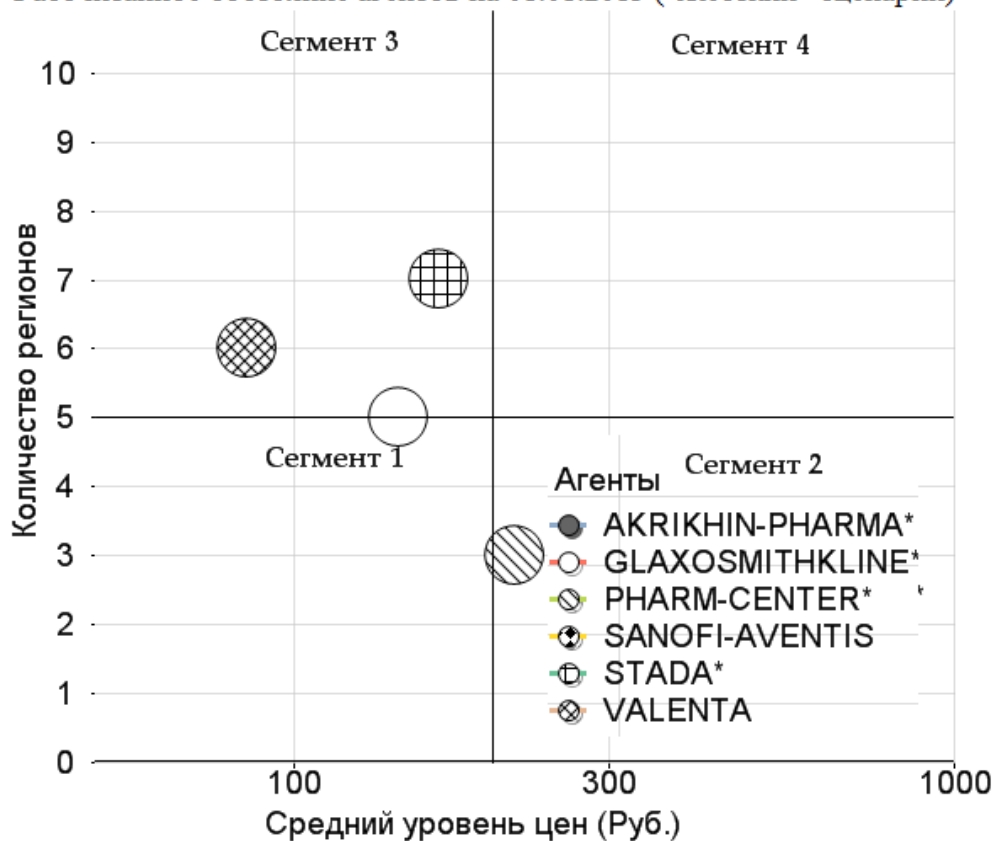


Рис. 2. Динамика агентов при "жестком" сценарии регулирования

Рассчитанное состояние агентов на 01.01.2015 ("Мягкий" сценарий)

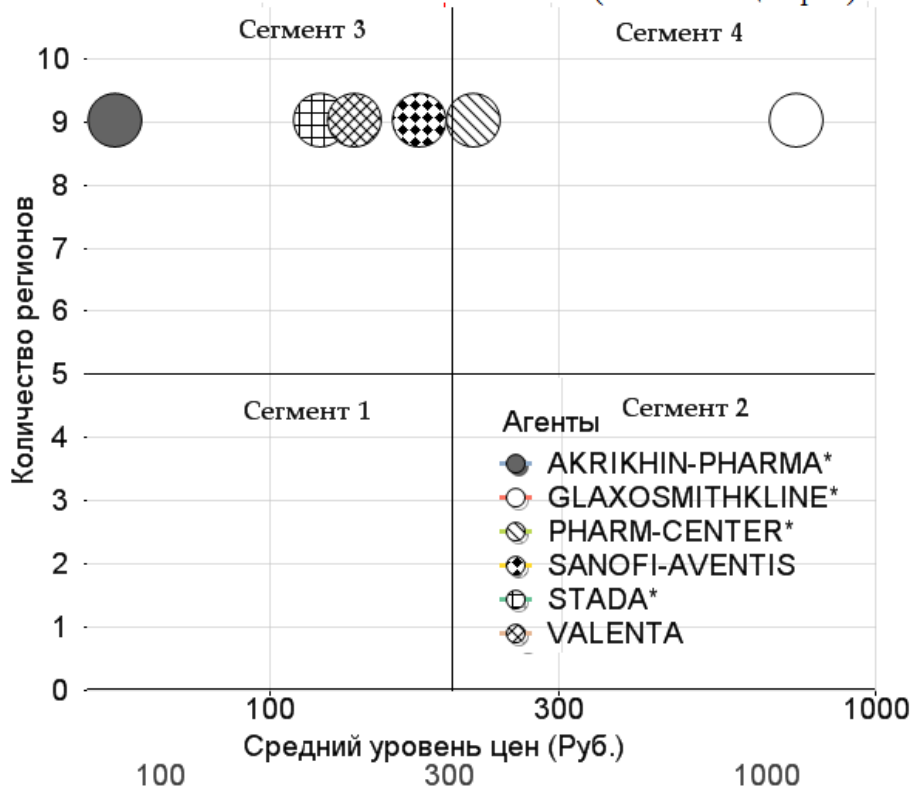


Рис. 3. Динамика агентов при "мягком" сценарии регулирования

Анализ Рис. 2 показывает, что при «жесткий» сценарий приводит к следующим последствиям:

- 1) «Жесткий» сценарий вынуждает производителей реализовывать продукцию более низких ценовых сегментов.
- 2) При «жестком сценарии» регулирования часть производителей полностью уходят с российского фармацевтического рынка.
- 3) При «жестком сценарии» моделирования все агенты сокращают своё присутствие в ряде регионов.

Анализ Рис. 3 показывает, что при «мягком» сценарии государственного регулирования, последствия существенно отличаются от «жесткого» сценария:

1. Сокращения присутствия агентов в регионах и на рынке в целом не происходит.
2. Некоторые агенты переходят в сегменты с более высокими ценами, остальные агенты сохраняют свой ценовой уровень.

На Рис. 4 представлены результаты моделирования альтернативного вида государственного регулирования – введения программы частичного возмещения стоимости лекарственных препаратов из перечня ЖНВЛС.

Предлагаемый вариант регулирования – введение программы возмещения стоимости лекарственных препаратов: он позволяет максимально увеличить долю агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов. На Рис. 5 представлены 3 графика, отражающая динамику изменения доли агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов, при различных сценариях государственного регулирования:

Рассчитанное состояние агентов на 01.01.2015 ("Предлагаемый" сценарий)

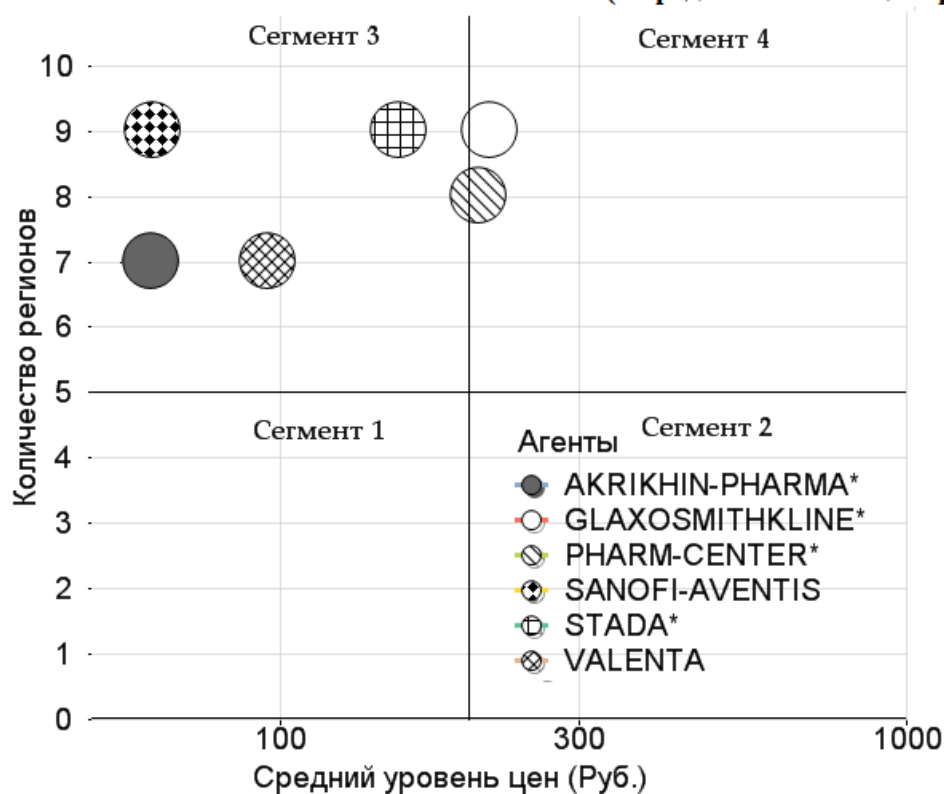


Рис. 4. Динамика агентов при «предлагаемом» сценарии регулирования

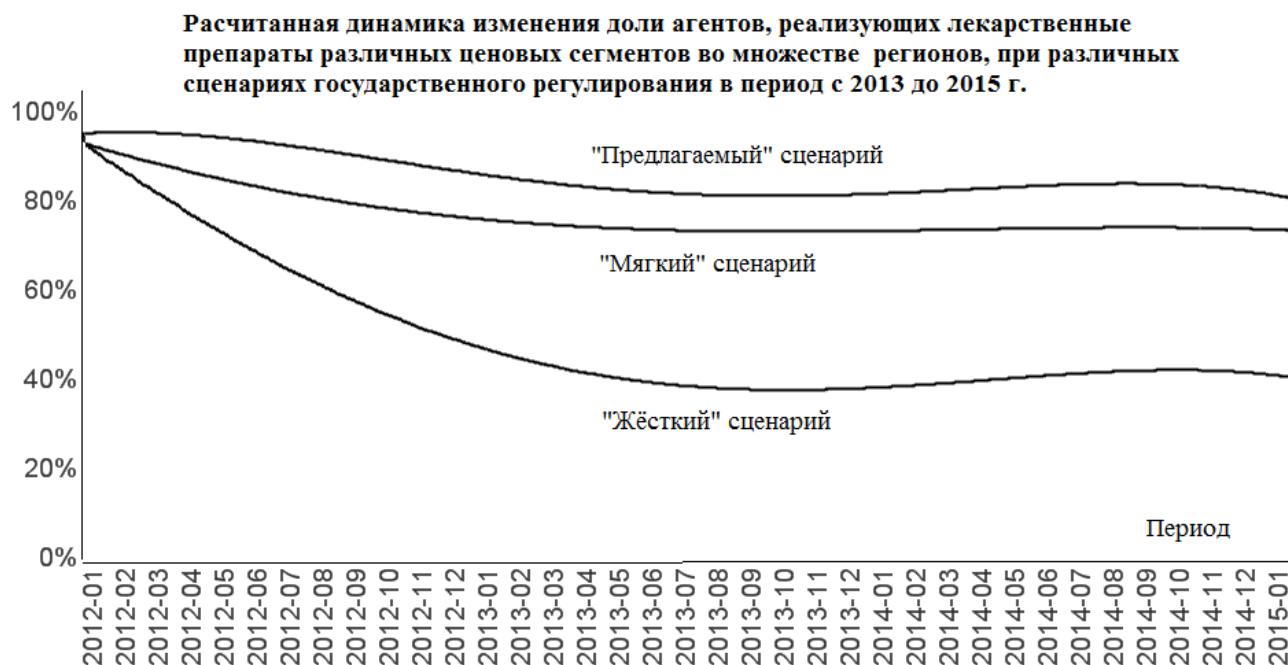


Рис. 5. Динамика доли агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов, при различных сценариях регулирования

Как видно из Рис. 5, предлагаемый в данной работе сценарий обеспечивает большее число агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов, чем «жесткий» и «мягкий» сценарии на всём периоде моделирования. Следует отметить, что данный сценарий потребует дополнительных государственных расходов, расчётная величина которых составляет 889 849 руб., что составляет около 2% от объема продаж в выбранном сегменте (38 млн .руб.).

Тем не менее, позитивный опыт проведения аналогичной политики в европейских странах позволяет рассматривать данный сценарий как эффективный вариант государственного регулирования фармацевтического рынка.

3.7 Выводы (по главе)

В рамках исследования реализованный программно-инструментальный комплекс был успешно применен для решения различных задач, включая:

- 1) тестирование разработанной динамической модели равновесия фармацевтического рынка;
- 2) прогнозирование основных показателей фармацевтического рынка с помощью разработанной модели при различных сценариях государственного регулирования (результаты приведены в разделе 3.5);
- 3) применение модели для нахождения сценария государственного регулирования, позволяющего добиться максимизации доли агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов.

Непосредственная реализация разработанной динамической модели равновесия сегмента фармацевтического рынка была сделана в системе имитационного моделирования PowerSim. Модель позволяет работать с многомерными данным, в том числе следующими аналитическими измерениями:

- 1) торговое наименование лекарственного препарата;
- 2) производитель лекарственного препарата;
- 3) регион продажи фармацевтического препарата.

В разрезе данных измерений модель позволяет проводить пошаговый расчёт динамики фармацевтического рынка, в том числе следующих показателей:

- 1) цена лекарственного препарата;
- 2) накопленный объем продаж лекарственного препарата за период;
- 3) величины спроса и предложения лекарственного препарата.

Заключение

В диссертационной работе получены следующие **основные научные результаты и теоретические выводы**:

1. Разработана агент-ориентированная динамическая модель равновесия фармацевтического рынка, относящаяся к классу вычислимых моделей общего равновесия. Модель расширяет существующую паутинообразную системно-динамическую модель равновесия возможностями анализа последствий государственного регулирования, характерного для фармацевтического рынка и учёта его влияния на поведение агентов – производителей лекарственных препаратов.

2. С помощью разработанной модели проведены вычислительные эксперименты на реальных данных о продажах фармацевтических препаратов в РФ в период с 2010 по 2012 годы. Проанализировано влияние государственного ценового регулирования на поведение производителей лекарственных препаратов (агентов модели). Результаты анализа показали, что введение государственного регулирования цен на препараты, входящие в перечень ЖНВЛС приводит к следующим негативным последствиям:

- 1) повышению цен на препараты, не входящие в перечень ЖНВЛС;
- 2) уходу некоторых ключевых игроков с ряда продуктовых и региональных рынков;
- 3) стремлению небольших и средних производителей к переходу в сегменты с более высокой ценой.

3. Реализована информационная система на основе разработанной модели, позволяющая:

- 1) собирать и интегрировать различные источники информации о фармацевтическом рынке, включая коммерческие базы данных аудита продаж и данные реестра предельных отпускных цен на лекарственные препараты;

2) рассчитывать статистические показатели российского фармацевтического рынка, а также прогнозировать поведение агентов в будущих периодах.

4. Сформированы рекомендации по выбору наилучшего сценария государственного регулирования фармацевтического рынка. В частности, показано, что введение программы возмещения стоимости лекарственных препаратов, позволяет снизить темпы роста цен, а также увеличить долю агентов, реализующих препараты различных ценовых сегментов во множестве регионов.

5. Было обнаружено и оценено влияние государственного регулирования цен на жизненно-необходимые и важные лекарственные средства на рост цен на смежные лекарственные препараты, не входящие в перечень ЖНВЛС. Было показано, что действующая политика недостаточно эффективна. В частности в сегменте «Противовирусные препараты» установление фиксированных цен на препараты из перечня ЖНВЛС привело к общему росту цен на 17.2% при росте уровня спроса на 10%, что на 9.2% выше рассчитанного роста цен при отсутствии государственного регулирования.

6. Предложен подход, позволяющий минимизировать общий средневзвешенный рост цен на лекарственные средства. Например, при прогнозируемом 10% росте уровня спроса на лекарственные препараты сегмента «Противовирусные препараты» компенсация государством 10% стоимости лекарственных позволяет сократить общий средневзвешенный рост цен до 4%.

Библиографический список

1. Авдашева С.Б., Розанова Н.М. Теория организации отраслевых рынков: Учебник. – М.: ИЧП «Издательство Магистр», 1998.
2. Аверина М. В., Шевкуненко М.Ю. Российский рынок лекарственных средств. Бизнес в законе 2010 (2)
3. Акопов А.С. К вопросу проектирования интеллектуальных систем управления сложными организационными структурами. Ч1. Математическое обеспечение системы управления инвестиционной деятельностью вертикально-интегрированной нефтяной компании // Проблемы управления. 2010. № 6. С. 12-18.
4. Акопов А.С. Об одной модели адаптивного управления сложными организационными структурами // Аудит и финансовый анализ. 2010. № 3. С. 310-31
5. Акопов А.С. Системно-динамическое моделирование стратегии банковской группы // Бизнес-информатика. 2012. № 2. С. 11-20
6. Андреев М.Ю., Поспелов И.Г. Принцип рациональных ожиданий: обзор концепций и примеры моделей, М.: ВЦ РАН, 2008.
7. Андреев М.Ю., Поспелов И.Г., Поспелова И.И., Хохлов М.А. Технология моделирования экономики и модель со-временной экономики России, М.: МИФИ, 2007.
8. Бахтизин А.Р. (2003): Вычислимая модель «Россия: Центр – Федеральные округа». Препринт # WP/2003/151. М.: ЦЭМИ РАН.
9. Бахтизин А.Р. (2008): Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика, 2008.
10. Бахтизин А.Р. Гибридные методы моделирования общего экономического равновесия с использованием агент-ориентированных моделей. Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. Москва, 2008.
11. Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. Опыт построения гибридной агент-ориентированной модели с нейронными сетями // Журнал «Нейрокомпьютеры: разработка, применение», №8, 2010 г.
12. Бахтизина Н.В. (2003): CGE модель конкурирующих партий России // Материалы IV всероссийского симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий». М.: ЦЭМИ РАН.
13. Бекларян Г.Л. (2002): Анализ эффективности экономической политики России с помощью вычислимой модели общего равновесия, описывающей взаимодействие совокупного потребителя, совокупного производителя и государства. Препринт # WP/2002/143. М.: ЦЭМИ РАН.
14. Бесстремянная Г.Е. Монетизация льгот на лекарства - первые итоги.// Экономика здравоохранения, 2002.



15. Бесстремьянная Г.Е., Бахтизин А.Р. Вычислимая модель «Социальная Россия». / Препринт # WP/2004/173. – М.: ЦЭМИ РАН, 2004.
16. Горбунов. А.Р. Управление финансовыми потоками. Проект «сборка холдинга». М.: Глобус, 2004.
17. Денисова С.В., Бахтизин А.Р. Моделирование процесса слияний организаций с помощью агент-ориентированной модели //Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. N2, 2011
18. Источник - Центральная статистическая база данных Федеральной Службы Государственной статистики, размещенная в открытом доступе по адресу <http://cbsd.gks-test.ru/> (на 31.12.2012)
19. Источник - ЦМИ Фармэксперт – Аудит розничных продаж, госпитальных закупок и ДЛО в России <http://www.pharmexpert.ru/> (на 31.12.2012)
20. Карпов Ю. (2006): Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург.
21. Ковалевский Д.В., Ковалевская Л.Д., Применение вычислимых моделей общего равновесия для анализа региональной политики. М., 2010.
22. Лычкина Н.Н. Инновационные парадигмы и технологии имитационного моделирования и их применение в управлении и информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений: Вестник Университета, № 20, М., 2012 с.136-145.
23. Лычкина Н.Н. Инновационные парадигмы имитационного моделирования и их применение в сфере управленческого консалтинга и стратегического менеджмента. Пленарный доклад. - XX Международная студенческая конференция-школа-семинар «Новые информационные технологии»- стр. 94-105, М.:МИЭМ, 2012 г.
24. Лычкина Н.Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития //Бизнес-информатика. 2009. № 3. С. 55-67.
25. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Комплекс имитационных моделей пенсионной системы Российской федерации. - XIII Апрельская Международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества, НИУ ВШЭ, 2012 г. с. 409-417.
26. Лычкина Н.Н.Имитационное моделирование экономических процессов: Учебное пособие. М.: Инфра-м, 2012
27. Магнус, Катышев, Пересецкий. Эконометрика. Начальный курс. Изд-во «Дело». Москва, 2004
28. Макаров В.Л. (1999): Вычислимая модель российской экономики (RUSEC). Препринт # WP/99/069. М.: ЦЭМИ РАН.
29. Макаров В.Л. Вычислимая модель общего равновесия.
30. Макаров В.Л. Государство в Российской модели общества. Доклад на научном семинаре Отделения экономики и ЦЭМИ РАН “Неизвестная экономика”
31. Макаров В.Л. Искусственные общества / Искусственные общества. 2006. Т. 1. № 1. М: ЦЭМИ РАН, 2006.



32. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. (2001): Эффективный способ оценки государственной политики // Экономика и управление. № 4.
33. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Новый инструментарий в общественных науках – агент-ориентированные модели: общее описание и конкретные примеры / «Экономика и управление», № 12 (50), 2009 г.
34. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика, 2013. – 295 с.
35. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. (2005): CGE модель социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями. М.: ЦЭМИ РАН, 2005.
36. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Васенин В.А., Роганов В.А., Трифонов И.А. Средства суперкомпьютерных систем для работы с агент-ориентированными моделями / Программная инженерия, № 3, 2011.
37. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Верховская О.И., Жиянов В.И. CGE модель, включающая сектор социального страхования / Препринт # WP/2009/251. – М.: ЦЭМИ РАН, 2009.
38. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. «CGE модели как эффективный инструмент оценки государственной политики».
39. Медоуз Д.Л. Системное поведение, «мания»-структура и загрязнение окружающей среды. Свердловск: изд-во Уральского университета, 1990.
40. Новицкая К.Е. Программа ДЛО в России. Интересы и поведение основных участников. Социологический журнал, 2009. №1.
41. Паринов С.И. Новые возможности имитационного моделирования социально-экономических систем. Искусственные сообщества. 2007. №3-4.
42. Пильник Н.П., Поспелов И.Г. О естественных терминальных условиях в моделях межвременного равновесия. // Эко-номический журнал ВШЭ, 2007, т. 11, №1, с. 1-33.
43. Поспелов И.Г. Динамическая модель рынка // Экономика и матем. методы. 1988. Т. 24, N3.
44. Поспелов И.Г. Модели экономической динамики, основанные на равновесии прогнозов экономических агентов. М. ВЦ РАН. 2003.
<http://www.ccas.ru/mmes/mmest/ecodyn03.htm>
45. Поспелов И.Г. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АГЕНТЫ И СИСТЕМЫ БАЛАНСОВ. Препринт WP2/2001/03. Серия WP2.Количественный анализ в экономике. Москва 2001
46. Поспелов И.Г., Пильник Н.В. ОПИСАНИЕ ЦЕЛЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИРМЫ В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР им. А.А. ДОРОДНИЦЫНА РАН. МОСКВА 2008
47. Поспелов И.Г., Поспелова И.И., Хохлов М.Ю., Шипулина Г.Е. Новые принципы и методы разработки макромоделей экономики и модель современной экономики России, М. ВЦ РАН. 2006.



48. Сидоренко В.Н. Системная динамика. М.: ТЕИС, 1998.
49. Сидоренко В.Н. Системно-динамическое моделирование в среде POWERSIM: Справочник по интерфейсу и функциям. М.: Макс-Пресс, 2001.
50. Сидоренко В.Н., Красносельский А.В. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение // Бизнес-информатика. 2009. № 2. С. 52-57.
51. Форрестер Д. Мировая Динамика. СПб, Терра Фантастика, 2003.
52. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) / пер. с англ., общая редакция Д. М. Гвишиани. М: Прогресс, 1971.
53. Чарчян Б.В, Уваров В.В. Управление ценовой политикой фармацевтических компаний на российском рынке. Российский внешнеэкономический вестник. 2011 (12)
54. Шуляк С. Фармацевтический рынок России. DSM Group. 2010
55. Abbota T. The Cost of US Pharmaceutical Price Regulation: A Financial Simulation Model. MANAGERIAL AND DECISION ECONOMICS, 2010
56. Adelman, I. and Robinson, S. (1978). Income distribution policies in developing countries, Stanford University Press, Stanford.
57. Åkerman, Gustav (1957), "The Cobweb Theorem: A Reconsideration," Quarterly Journal of Economics, 71, 151-160.
58. Alekseev A., Tourdyeva N., Yudaeva K. (2003): Estimation of the Russia Trade Policy with the Help of the Computable General Equilibrium Model. CEFIR Academic papers.
59. Annabi N., Cisse F., Cockburn J. and Decaluwe B. (2005): Trade Liberalization, Growth and Poverty in Senegal: A Dynamic Microsimulation CGE Model Analysis, CIRPEE Working Paper No. 05-12, May 2005.
60. Arrow, Kenneth J. and Marc Nerlove (1958) "A Note on Expectations and Stability," Econometrica, 26, 297-305.
61. Austvoll-Dahlgren A., Aaserud M., Vist G., Ramsay C., Oxman A.D., Sturm H., Koesters J. P., Vernby A. Pharmaceutical policies: effects of cap and co-payment on rational drug use / Cochrane Database of Systematic Reviews, Article Number CD007017, 2008.
62. Axelrod R. «The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration», Princeton: Princeton University Press, ISBN 978-0-691-01567-5
63. Bak, P., M. Paczuski, Shubik, M. (1997) Price Variations in a Stock Market with Many Agents. Physica A 246: 430–453
64. Bandara, J. (1991). Computable general equilibrium models for development policy analysis in LDCs, Journal of economic surveys 5: 3–69.
65. Bergman, L. (1990). The development of computable general equilibrium modeling, in D. J.
66. Bergman, L. and E. Zalai (eds), General equilibrium modelling and economic policy Analysis, Basil Blackwell, Oxford, pp. 3–30.



67. Bergman, L., Jorgenson, D. W. and Zalai, E. (1990). General equilibrium modelling and economic policy analysis, Basil Blackwell, Oxford.
68. Besstremyannaya G.E., Bakhtizin A.R. Tax Policy Measures for Education and Healthcare Sectors of Russian Economy: Computable General Equilibrium Analysis / Working paper # WP/2006/208. – Moscow, CEMI Russian Academy of Sciences, 2006.
69. Binswanger, H., and J. Quizon. "Distributional Consequences of Alternative Food Policies in India." Washington DC: World Bank Disc. Pap. No. ARU 20, 1984
70. Black D (1968) The theory of committees and elections. Cambridge University Press, Cambridge
71. Bonabeau E. Agent-based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1999(suppl.3), p.7280–7287.
72. Bonabeau Eric (2002): Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. Proc. National Academy of Sciences 99(3): 7280-7287.
73. Bowen HR (1943) The interpretation of voting in the allocation of economic resources. QJ Econ 58:27-48
74. Braverman, A., J. Hammer, and J. Levinsohn. "Agricultural Pricing Policies in Senegal: Their Implications for Government Budget, Foreign Exchange, and Regional Income Distribution." Washington D C: World Bank, Country Policy Dep., 1983
75. Buchanan, N. S. (1939), "A Reconsideration of the Cobweb Theorem," Journal of Political Economy, 47, pp. 67-81.
76. Burstall M.L. Co-payments for medicines — how much should patients pay? // Pharmacoeconomics. 1994. Vol. 6. P. 187–192.
77. Burstall M.L., Reuben B.G., Reuben A.J., Pricing and reimbursement regulation in Europe: An update on the industry perspective // Drug Information Journal. 1999. Vol. 33. P. 669–688.
78. Caldarelli, C., M. Marsili, Y.-C. Zhang (1997) A Prototype Model of Stock Exchange. Europhysics Letters 40: 479–484
79. Challet, D., Stinchcombe, R. (2001) Analyzing and modelling 1+1d markets. Physica A 300:285
80. Chamberlin EH (1962) The theory of monopolistic competition, 8ed. Harvard University Press, Cambridge, Mass
81. Cliff, D., Bruten, J. (1997) Zero is Not Enough: On The Lower Limit of Agent Intelligence For Continuous Double Auction Markets. Technical Report HPL-97-141, Hewlett-Packard Laboratories Bristol
82. Coase, R. H., and R. F. Fowler (1935), "Bacon Production and the Pig Cycle in Great Britain," Economica New Series,, 2, pp. 142-167.
83. Cockburn J (2001): Trade Liberalization and Poverty in Nepal: A Computable General Equilibrium Micro Simulation Analysis / Discussion paper 01-18, Centre for the Study of African Economies and Nuffield College (Oxford University), October 2001.



84. Cont, R. (2001) Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues. *Quantative Finance* 1: 223–236
85. Dael, Strom, Haabeth. *Price Regulation and Genereic Competition in pharmaceutical Market*. Sptinger Medizin Verlag, 2006
86. Daniel, G. (2006) *Asynchronous Simulations of a Limit Order Book*. Ph.D. thesis, University of Manchester, UK
87. d'Aspremont C, Gabszewicz J J, Thisse JF (1979) On Hotelling's 'stability in competition'. *Econometrica* 47:1145-1150
88. Davis O, Hinich M, Ordeshook P (1970) An expository development of a mathematical model of the electoral process. *Am Polit Sci Rev* 64:426-448
89. Debreu G. *Theory of Value. An axiomatic analysis of economic equilibrium*. New York: John Wiley & Sonc Inc., 1959.
90. Dickson, Michael, Hurst, Jerney, Jacobzone, Stephane, "Survey of Pharmacoeconomic Assessment Activity in Eleven Countries.
91. Downs A (1957) *An economic theory of democracy*. Harper and Row, New York
92. Dunham J.B. An Agent-Based Spatially Explicit Epidemiological Model in MASON. // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2005, vol. 9, no. 1.
93. Eaton BC, Lipsey RG (1975) The principle of minimum differentiation reconsidered: some new developments in the theory of spatial competition. *Rev Econ Studies* 42:27-49
94. Eliécer Vargas, Dean Schreiner, Gelson Tembo. *Computable General Equilibrium Modeling for Regional Analysis*.
95. Epstein Joshua M. (2005): Remarks on the foundations of agent-based generative social science. *Handbook on Computational Economics, Volume II*, K. Judd and L. Tesfatsion, eds. North Holland Press.
96. Ezekiel, Mordecai (1928), Review of Hanau (1927), *Journal of the American Statistical Association*, 23 NewSeries, pp. 205-208.
97. Ezekiel, Mordecai (1938), "The Cobweb Theorem," *Quarterly Journal of Economics*, 52, 255-280.
98. Filson, Masia. Effects of Profit-Reducing Policies on Firm Survival, Financial Performance, and New Drug Introductions in the Research-Based Pharmaceutical Industry. *Manage. Decis. Econ.* 28: 329–351, 2007
99. General software and toolkits. Agent-Based Computational Economics (ACE) and Complex Adaptive Systems (CAS). – Электрон. Дан. – Режим доступа: www.econ.iastate.edu/tesfatsi/acecode.htm.
100. Gode, D. K., Sunder, S. (1993) Allocative Efficiency of Market with Zero-Intelligence Traders: Market as a Partial Substitute for Individual Rationality. *Journal of Political Economy* 101(1): 119–137
101. Gordon G. A General Purpose Systems Simulation Program. // *McMillan NY, Proceedings of EJCC, Washington D.C., 1961*, p. 87–104.
102. Goreux, L., and A. Mann, eds. *Multi-level Planning: Case Studies in Mexico*. New York: American Elsevier Publishing Co., 1973



103. Hanau, Arthur (1927), Die Prognose der Schweinepreise, Vierteljahrshefte zur Konjunkturforschung, Institut fuer Konjunkturforschung, Sonderheft 2, Berlin: Reimar Hobbing.
104. Harberger, A. (1962). The incidence of the corporate income tax, Journal of Political Economy 70: 215–240.
105. Helbing D., Farkas I., Vicsek T. // Nature (London) 2000, p. 407, 487–490.
106. Henderson B. The BCG Matrix, 1970
107. Hotelling H (1929) Stability in competition. Econ J 39:41-57
108. Huttin C. Income distribution and consumer demand for health services. The case of prescribed medicine in the USA // Applied Economics. 1997. Vol. 29. P. 497–503.
109. Huttin C. The use of prescription charges // Health Policy. 1994. Vol. 27. P. 53–73.
110. Jager W., Janssen M.A., De Vries H.J.M., De Greef J., Vlek C.A.J. Behaviour in commons dilemmas: Homo Economicus and Homo Psychologicus in an ecological-economic model. // Ecological Economics, 2000, vol. 35, p. 357–380.
111. Johansen, L. (1960). A multisectoral study of economic growth, NorthHolland, Amsterdam.
112. Johnson R.E., Goodman M.J., Hornbrook M.C., Eldredge M.B., The effect of increased prescription drug cost-sharing on medical care utilization and expenses of elderly health maintenance organization members // Medical Care. 1997. Vol. 35. P. 1119–1131.
113. Jonsson B. Cost sharing for pharmaceuticals — The Swedish reimbursement system // Pharmacoeconomics. 1996. Vol. 10. P. 68–74.
114. Jorgenson, D.W. (1984). Econometric methods for applied general equilibrium analysis, in H. Scarf and J. Shoven (eds), Applied general equilibrium analysis, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 139–203.
115. Kaldor, N. (1956). Alternative theories of distribution, Review of economic studies 23: 94–100.
116. Kaldor, Nicholas (1934), "A Classificatory Note on the Determinateness of Equilibrium," The Review of Economic Studies, 1, 122-136.
117. Keynes, J. (1936). The general theory of employment, interest and money, Macmillan, London.
118. Kim W. Competitive Strategy Dynamics, London Business School, John Wiley&Sons Ltd., 2002
119. Kim W. Strategic Management Dynamics, London Business School, John Wiley&Sons Ltd., 2008
120. Koh, Y. "Analysis of Oklahoma's Boom and Bust Economy by Means of a CGE Model." Unpublished Ph.D. Dissertation, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, 1991
121. Lange, O. (1935), "Formen der Angebotsanpassung und Wirtschaftliches Gleichgewicht," Zeitschrift für Nationalökonomie, 6, 358-365.
122. Lau, L. J. (1984). Comments on: Numerical specification of applied general



- equilibrium models: estimation, calibration, and data, by Ahsan Mansur and John Whalley, in H. Scarf and J. Shoven (eds), *Applied general equilibrium analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 127–137.
123. Leontief, Wassily, W. (1934), "Verzögerte Angebotsanpassung und partielles Gleichgewicht." *Zeitschrift für nationalökonomie*, 5, 676-676.
124. LiCalzi, M., Pellizzari, P. (2006) The allocative effectiveness of market protocols under intelligent trading. *Advances in Artificial Economics*, pp. 17–29
125. Lychkina N.N., Andrianov D.L., Morozova Y.A. Social sphere modeling based on system dynamics methods //29th International System dynamics conference, Washington, D.C., 24-28 July 2011
126. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Bakhtizina N.V. Agent-based model of Russian socio-economic system (CGE model with built-in neural networks approach) / Журнал «Искусственные общества» Том 1, номер 1, IV квартал 2006, М: ЦЭМИ РАН, 2006.
127. Mannaro, K., M. Marchesi, Setzu, A. (2008) Using an artificial financial market for assessing the impact of Tobin-like transaction taxes. *Journal of Economic Behavior and Organization* 67(2).
128. Maslov, S. (2000) Simple model of a limit order-driven market. *Physica A* 278: 571–578
129. McCarthy, D., and L. Taylor. "Macro Food Policy Planning: A General Equilibrium Model for Pakistan."
130. Metropolis N., Ulam S. The Monte Carlo Method. // *Journal of the American Statistical Association*. 1949. No. 44 (247). P. 335-341.
131. Moore, H. L. (1925), "Moving Equilibrium of Demand and Supply," *Quarterly Journal of Economics*, 34, 357-71.
132. Moore, H. L. (1929), *Synthetic Economics*, New York: Macmillan.
133. Morecraft S. *Strategic Modelling and Business Dynamics A Feedback Systems Approach*, John Wiley & Sons Ltd., 2007
134. Muth, John F. (1961), "Rational Expectations and the Theory of Price Movements," *Econometrica*, 29, 315-335.
135. Nerlove, Marc (1958a), *The Dynamics of Supply: Estimation of Farmers' Response to Price*, Baltimore: The Johns Hopkins Press.
136. Nerlove, Marc (1958b), "Adaptive Expectations and Cobweb Phenomenon," *Quarterly Journal of Economics*, 72, 227-240.
137. Nerlove, Marc, and D. A. Bessler (2001), "Expectations, Information and Dynamics," *Handbook of Agricultural Economics*, Volume 1, edited by B. Gardner and G. Rausser, 156- 206.
138. Nerlove, Marc, and I. Fornari (1998), "Quasi-Rational Expectations, An Alternative to Fully Rational Expectations: An Application to Modeling U.S. Beef Cattle Supply," *Journal of Econometrics*, 83, pp. 129-161.
139. Noyce P.R., Huttin C., Atella V., Brenner G., Haaijer-Ruskamp F.M., Hedvall M.-B., Mechtler R. The cost of prescription medicines to patients // *Health Policy*. 2000. Vol. 52. P. 129–145.



140. Parker Jon (2007): A Flexible, Large-Scale, Distributed Agent Based Epidemic Model. CSED Working Paper No. 52.
141. Pellizzari, P., Dal Forno, A. (2007) A comparison of different trading protocols in an agentbased market. *Journal of Economic Interaction and Coordination* 2: 27–43
142. Preis, T., S. Golke, S. Paul, Schneider, J. (2006) Multi-agent based Order Book Model of financial markets. *Europhysics Letters* 75: 510–516
143. Ricci, Umberto (1930), "'Die 'Synthetische Ökonomie' von Henry Ludwell Moore,'" *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 1, 649-668.
144. Roberts E.B., editor. *Managerial Application of System Dynamics*. Cambridge, Massachusetts; Norwalk, Connecticut: Productivity Press, 1994.
145. Rutherford T., Shepotylo O., Tarr D. (2005): Poverty Effects of Russia's WTO Accession: Modeling «Real» Households and Endogenous Productivity Effects. / *WTO Bank Policy Research Working Paper No. 3473*, January 2005.
146. Sadoulet, Elisabeth, and Alain de Janvry. *Quantitative Development Policy Analysis*, The Johns Hopkins University Press, 1995.
147. Salop S (1979) Monopolistic competition with outside goods. *Bell J Econ* 10:141-156
148. Samuelson, Douglas A. and Charles M. Macal, "Agent-Based Modeling Comes of Age, " *OR/MS Today*, August 2006.
149. Samuelson, Douglas A., "Agents of Change, " *OR/MS Today*, February 2005.
150. Scarf H. *The Computation of Economic Equilibria*. Monograph. New Haven & London, Yale University Press. 1973
151. Scarf, H. (1967). On the computation of equilibrium prices, in W. Feliner (ed.), *Ten economic studies in the tradition of Irving Fisher*, Wiley, New York.
152. Scarf, H. E. and Shoven, J. B. (1984). *Applied general equilibrium analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
153. Schneeweiss S. Reference drug programs: Effectiveness and policy implications// *Health Policy*. 2007. Vol. 81. P. 17–28.
154. Schultz, Henry (1930), "Der Sinn der Statistischen Nachfragen," *Veröffentlichungen der Frankfurter Gesellschaft für Konjunkturforschung*, Heft 10, Bonn: Kurt Schroeder Verlag.
155. Shoven, J. B. and Whalley, J. (1992). *Applying general equilibrium*, Cambridge University press, Cambridge.
156. Singh, I., L. Squire, and J. Strauss. "Agricultura household Models: A Survey of Recent Findings and Their Policy Implications." *Yale University Economic Growth Center Disc. Pap. No. 474*, 1985
157. Skraba A. Cobweb Model in System Dynamics Form. *System Dynamics Conference*, 2006
158. Smithies A (1941) Optimum location in spatial competition. *J Polit Econ* 49:423-439
159. Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth, *Quarterly*



Journal of Economics 70: 65–94.

160. Spence AM (1976) Product selection, fixed costs and monopolistic competition. *Rev Econ Studies* 43:217–235
161. Sterman J. *Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill Higher Education, 2000
162. Stigler GJ (1972) Economic competition and political competition. *Publ Choice* 13:91–106
163. Stiglitz J (1980) Variety, equity, efficiency and the theory of monopolistic competition. Working Paper, Princeton University
164. Storm, S. (1992). *Macroeconomic considerations in the choice of an agricultural policy*, Thesis publishers, Amsterdam.
165. Swan, T. (1970). Golden ages and production functions, in A. Sen (ed.), *Growth economics*, Penquin Books, Harmondsworth, England, pp. 203–218.
166. Tamblyn R., Laprise R., Hanley J.-A., Abrahamowicz M., Scott S., Mayo N., et al. Adverse events associated with prescription drug cost-sharing among poor and elderly persons // *The Journal of the American Medical Association*. 2001. Vol. 285. P. 421–429.
167. Taylor, L. (1990a). Socially relevant policy analysis: structuralist computable general equilibrium models for the developing world, MIT press, Cambridge (MA).
168. Taylor, L. (1990b). Structuralist CGE models, in L. Taylor (ed.), *Socially relevant policy analysis: structuralist computable general equilibrium models for the developing world*, MIT press, Cambridge, pp. 1–70.
169. Taylor, L. (1991). Shortrun model closures and steady state growth, *Income distribution, inflation, and growth- Lectures on structuralist macroeconomic theory*, MIT press, London, pp. 40–65.
170. Taylor, L. and Lysy, F. (1979). Vanishing income distribution: Keynesian clues about model surpluses in the shortrun, *Journal of Development Economics* 6: 11–29.
171. Taylor, L. *Macro Models for Developing Countries*. New York: McGraw-Hill Book Co., 1979
172. Tinbergen, J. (1930), "Bestimmung und Deutung von Angebotskurven, Ein Beispiel," *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 1, 669–679.
173. Tobin, J. (1971). A general equilibrium approach to monetary theory, *Essays in Economics*, Markham Publishing Company, Chicago, pp. 323–338.
174. Toil D.R. *System dynamics – background, methodology, and applications. Part 2. Applications* // *Computing and Control Engineering Journal*. December 1993. P. 261–266.
175. Tolley, G., V. Thomas, and C. M. Wong. *Price Policies in the Developing Countries*. Baltimore MD: Johns Hopkins University Press, 1982
176. Venables M., Bilge U. *Complex adaptive modelling at J Sainsbury: the SimStore supermarket supply chain experiment*, 1998.
177. Voit, J. (2005) *The Statistical Mechanics of Financial Markets*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
178. Watsham, T. J., Parramore, K. (1997) *Quantitative methods in finance*.



Cengage Learning (Formerly Thomson Learning), 2nd edn

179. Wiese, A. (1995). On the construction of total accounts from the us national income and product accounts: How sensitive are applied general equilibrium results to initial conditions, *Journal of Policy Modeling* 17: 139–162.

180. Willenbockel, D. (1994a). *Applied general equilibrium modelling- Imperfect competition and European integration*, Wiley, Chichester U.K.

181. Willenbockel, D. (1994b). The computable general equilibrium approach under perfect competition, *Applied General Equilibrium modelling- Imperfect competition and European Integration*, Wiley, Chichester U.K., pp. 39–62.

182. Working, Elmer J. (1927), "What Do Statistical Demand Curves Show?" *Quarterly Journal of Economics*, 41, 212-235.

183. Yeh, C.-H. (2008) The effects of intelligence on price discovery and market efficiency. *Journal of Economic Behavior and Organization* 68: 613–625



Приложение 1. Оценка параметров регрессионных уравнений в SPSS

Оценка параметров цены

Описательные статистики			
	Среднее	Стд. Отклонение	N
Price	71,039988	7,9967634	60
PricePP	70,224816	8,1278778	60
Income	11156,865344	1311,3555729	60
PricePPP	69,375960	8,2993241	60
PercReimb	13,0494%	0,83094%	60
PercGen	11,2817%	9,73064%	60

Свойства полученной регрессионной модели приведены ниже:

Сводка для модели ^b										
Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки	Изменения статистик					Дурбин-Уотсон
					Изменение R квадрат	изменения F	ст.св.1	ст.св.2	Знач. изменения F	
1	,922 ^a	,850	,836	3,2361972	,850	61,251	5	54	,000	1,702
a. Предикторы: (конст) PercGen, PercReimb, PricePPP, Income, PricePP										
b. Зависимая переменная: Price										

Оценка параметров модели при уменьшении числа переменных

1) Коэффициенты

Коэффициенты ^a											
Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты		t	Знач.	95,0% доверительный интервал для B		Статистики коллинеарности	
		B	Стд. Ошибка	Бета				Нижняя граница	Верхняя граница	Толерантность	КРД
1	(Константа)	84,353	20,509			4,113	,000	43,234	125,472		
	PricePP	,471	,122	,479		3,852	,000	,226	,716	,180	5,565
	Income	-,001	,001	-,150		-1,537	,130	-,002	,000	,293	3,417

PricePPP	,039	,115	,041	,341	,734	-,192	,271	,193	5,175
PercReimb	-3,296	,991	-,342	-3,326	,002	-5,282	-1,309	,262	3,818
PercGen	,360	,073	,438	4,923	,000	,214	,507	,350	2,858
a. Зависимая переменная: Price									

Сводка для модели ^b										
Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки	Изменения статистик					Дурбин-Уотсон
					Изменение R квадрат	изменения F	ст. св. 1	ст. св. 2	Знч. изменения F	
1	,918 ^a	,843	,835	3,2475155	,843	100,583	3	56	,000	1,735
a. Предикторы: (конст) PricePP, PercReimb, PercGen										
b. Зависимая переменная: Price										

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты		t	Знч.
	B	Стд. Ошибка	Бета			
(Константа)	61,678	12,926			4,772	,000
PercGen	,343	,070	,418		4,897	,000
PercReimb	-2,218	,650	-,230		-3,410	,001
PricePP	,490	,092	,498		5,355	,000

Тестирование на наличие сезонности

Сводка для модели

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки
1	,930 ^a	,865	,850	3,0947975

a. Предикторы: (конст) PercReimb, SnSping, PercGen, SnWint, SnAut, PricePP

Коэффициенты^a

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты		Знач.
	B	Стд. Ошибка	Бета		
(Константа)	70,711	13,361		5,292	,000
PricePP	,433	,092	,440	4,715	,000
SnWint	-2,808	1,183	-,153	-2,374	,021
SnSping	-1,374	1,188	-,075	-1,156	,253
SnAut	,191	1,165	,010	,164	,870
PercGen	,375	,069	,456	5,463	,000
PercReimb	-2,554	,653	-,265	-3,913	,000

a. Зависимая переменная: Price

Тестирование на наличие причинно-следственной связи (прямая зависимость)

Дисперсионный анализ^a

Модель	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
1 Регрессия	762,370	6	127,062	413,335	,000 ^b
Остаток	7,378	24	,307		
Всего	769,748	30			

a. Зависимая переменная: PrFr

b. Предикторы: (конст) PrFxPPPP, PrFxPP, PrFrPPPP, PrFxPPP, PrFrPP, PrFrPPP

Коэффициенты ^a						
Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Знч.
		B	Стд. Ошибка	Бета		
1	(Константа)	7,074	6,511		1,086	,288
	PrFrPP	1,422	,211	1,399	6,739	,000
	PrFrPPP	-,601	,345	-,576	-1,742	,094
	PrFrPPPP	,177	,222	,164	,800	,432
	PrFxPP	-,026	,035	-,019	-,738	,468
	PrFxPPP	,001	,037	,001	,022	,983
	PrFxPPPP	-,023	,034	-,017	-,695	,494

a. Зависимая переменная: PrFr

Тестирование на наличие причинной-следственной связи (обратная зависимость)

Сводка для модели^b

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки	Изменения статистик					Дурбин-Уотсон
					Изменение R квадрат	изменения F	ст.св.1	ст.св.2	Знч. изменения F	
1	,607 ^a	,369	,211	3,2685095	,369	2,337	6	24	,064	2,161

a. Предикторы: (конст) PrFxPPPP, PrFxPP, PrFrPPPP, PrFxPPP, PrFrPP, PrFrPPP

b. Зависимая переменная: PrFx

Коэффициенты^а

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Знч.
	В	Стд. Ошибка	Бета		
(Константа)	135,706	38,384		3,535	,002
PrFrPP	-1,647	1,244	-2,231	-1,324	,198
PrFrPPP	2,309	2,033	3,046	1,136	,267
PrFrPPPP	-,726	1,306	-,923	-,556	,583
PrFxPP	,453	,206	,453	2,202	,038
PrFxPPP	-,165	,219	-,165	-,752	,459
PrFxPPPP	-,250	,198	-,250	-1,263	,219

а. Зависимая переменная: PrFx

Тестирование на наличие причинно-следственной связи с лагом 3 месяца
(прямая зависимость)

Сводка для модели

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки
1	,993 ^а	,986	,983	,8804701

а. Предикторы: (конст) FixPPPP, PrFrPPPP, FixPP, FixPPP, PrFrPP, PrFrPPPP

Коэффициенты^а

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Знч.
	В	Стд. Ошибка	Бета		
(Константа)	10,465	2,265		4,620	,000
PrFrPP	,655	,262	,675	2,502	,020
PrFrPPP	-,064	,294	-,065	-,218	,829
PrFrPPPP	,213	,157	,217	1,352	,189
FixPP	-,662	,945	-,048	-,700	,491
FixPPP	,689	1,258	,051	,548	,589
FixPPPP	2,575	1,104	,193	2,332	,028

а. Зависимая переменная: PrFr

Тестирование на наличие причинно-следственной связи с лагом 3 пмесяца (обратная зависимость)

Сводка для модели

Модель	R	R-квадрат	Скорректирован ный R-квадрат	Стд. ошибка оценки
1	,932 ^a	,869	,836	,192

a. Предикторы: (конст) FixPPPP, PrFrPPPP, FixPP, FixPPP, PrFrPP, PrFrPPP

Коэффициенты^a

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизован ные коэффициенты		Знач.
	В	Стд. Ошибка	Бета		
(Константа)	,033	,495		,066	,948
PrFrPP	-,017	,057	-,240	-,290	,775
PrFrPPP	-,001	,064	-,018	-,020	,984
PrFrPPPP	,019	,034	,278	,564	,578
FixPP	,878	,207	,899	4,251	,000
FixPPP	,002	,275	,002	,008	,994
FixPPPP	,026	,241	,028	,110	,914

a. Зависимая переменная: Fix

Приложение 2. Результаты расчётов цен на препараты

Результаты расчётов цен на лекарственные препараты при отсутствии государственного регулирования

Ниже приведены расчётные цены в рыночном сегменте при отсутствии государственного регулирования цен

103,23	21,53	0,00	0,00	41,92	9,05	0,00	2,63	59,50
49,95	2,24	20,84	6,52	2,19	14,68	0,00	31,40	2,77
0,00	3,58	0,00	2,01	1,42	5,25	0,00	0,00	1,73
67,16	0,74	0,00	2,90	23,34	11,06	23,97	19,80	0,00
0,00	0,00	0,00	59,79	55,74	33,27	0,00	73,86	0,00
0,00	40,34	36,36	4,47	38,21	23,65	0,00	11,21	0,00
0,00	0,00	14,20	15,10	17,84	10,53	0,00	9,50	13,38
0,00	57,57	55,25	0,00	85,70	49,52	18,81	40,20	0,00
0,00	0,13	9,45	2,69	6,50	2,64	6,80	0,30	0,59
0,00	0,30	39,91	3,28	0,53	6,57	0,00	31,22	0,00
0,00	34,77	10,46	0,00	15,75	20,85	0,00	14,76	0,00
0,00	4,07	0,00	6,12	7,40	11,88	0,00	0,00	389,39
12,45	0,00	28,31	17,85	21,19	22,86	0,00	17,89	34,44

Диаграмма 22. Матрица цен в конце периода моделирования при отсутствии государственного регулирования цен

Результаты расчётов цен на лекарственные препараты при наличии государственного регулирования

В случае, если будет применяться политика ограничения цен, то результаты моделирования следующие:

110,94	23,13	0,00	0,00	45,05	9,72	0,00	2,82	63,94
43,34	1,94	18,08	5,66	1,90	12,74	0,00	27,25	2,40
0,00	3,25	0,00	1,82	1,29	4,76	0,00	0,00	1,57
63,87	0,70	0,00	2,76	22,20	10,52	22,80	18,83	0,00
0,00	0,00	0,00	64,25	59,90	35,75	0,00	79,37	0,00
0,00	38,36	34,58	4,25	36,34	22,49	0,00	10,66	0,00

0,00	0,00	12,06	12,83	15,16	8,95	0,00	8,07	11,37
0,00	62,18	59,67	0,00	92,56	53,48	20,32	43,42	0,00
0,00	0,12	8,99	2,56	6,18	2,51	6,47	0,29	0,59
0,00	0,26	34,63	2,85	0,46	5,70	0,00	27,09	0,00
0,00	37,32	11,23	0,00	16,90	22,37	0,00	15,84	0,00
0,00	3,87	0,00	5,82	7,04	11,30	0,00	0,00	389,39
13,45	0,00	30,57	19,28	22,88	24,69	0,00	19,32	37,19

Диаграмма 23. Матрица цен в конце периода моделирования при наличии государственного регулирования цен

Приложение 3. Описание информационной базы исследования

Источник «Продажи фармацевтических препаратов» формируется специализированным маркетинговым агентством IMS Health (PharmExpert) и распространяется в виде базы данных формата MS SQL Server.

В данной базе данных хранится агрегированная по кварталам информация о следующих показателях

- 1) Объем продаж
- 2) Сумма продажи
- 3) Цены продажи

Все показатели хранятся в следующих аналитических разрезах:

- 1) Время
- 2) Регион
- 3) Канал распределения (розница, госпиталь, ДЛО)
- 4) Продукт (с классификатором АТС, EphMRA, и по производителям)

Для использования в данной работе исходная база данных была преобразована к схеме «звезда» и содержит следующие таблицы:

- 1) Таблица фактов «F_MARKET_DATA_RMBC_RUS_QRT»
- 2) Измерение D_PRODUCT_HIERARCHY
- 3) Измерение D_CORPORATION
- 4) Измерение D_GEOGRAPHY
- 5) Измерение D_TIME_PERIOD

Таблица фактов F_MARKET_DATA_RMBC_RUS_QRT:

Таблица 7. Таблица F_MARKET_DATA_RMBC_RUS_QRT

Поле	Т ип	Назначение
ID	bi gint	Идентификатор строки
Date_ID	int	Ключ таблицы D_TIME_PERIOD
Product_ID	int	Ключ таблицы D_PRODUCT_Hierarchy
Channel_ID	int	Ключ таблицы D_CHANNEL
Geographical_ID	int	Ключ таблицы D_GEOGRAPHY
Currency_ID	int	Ключ таблицы D_CURRENCY
Volume	flo at	Объем продажи (шт.)
Ex_Mnf_Value	flo at	Цена производителя
WhS_Value	flo at	Цена дистрибьютора
Retail_Value	flo at	Цена розничная
nBatch_ID	int	
nPartYearMonth	int	

Таблица D_Geography

Таблица 8. Таблица D_Geography

Name	Data	Описание
------	------	----------

	Type	
ID	int	
LEVEL1_ID	int	
LEVEL1_NAME_EN	nvarchar (100)	
LEVEL1_NAME_RU	nvarchar (100)	
LEVEL1_COUNTRY_ID	int	
LEVEL2_ID	int	
LEVEL2_NAME_EN	nvarchar (100)	
LEVEL2_NAME_RU	nvarchar (100)	
LEVEL2_UP	bit	
LEVEL2_FEDERAL_DISTRICT_ID	int	
LEVEL3_ID	int	
LEVEL3_NAME_EN	nvarchar (100)	
LEVEL3_NAME_RU	nvarchar (100)	
LEVEL3_UP	bit	
LEVEL3_FEDERAL_SUBJECT_ID	int	
LEVEL4_ID	int	
LEVEL4_NAME_EN	nvarchar (100)	

LEVEL4_NAME_RU	nvarchar (100)	
LEVEL4_UP	bit	
LEVEL4_CITY_ID	int	
LEVEL4_BRICK_ID	int	

Таблица D_Time_Period

Таблица 9. Таблица D_Time_Period

Name	Data Type	Описание
Date_ID	int	
Date	datetime	
DayOfWeek	int	
DayOfMonth	int	
DayOfYear	int	
LastDayInWeek	varchar(1)	
LastDayInMonth	varchar(1)	
WeekStartingDate	datetime	
YearWeek_ID	int	
WeekNumberInYear	int	
MonthStartingDate	datetime	
MonthName	nvarchar(30)	
MonthNumberInYear	int	
YearMonth	nvarchar(35)	
YearMonth_ID	int	
QuarterStartingDate	datetime	

QuarterNumber	int	
YearQuarter	nvarchar(36)	
YearQuarter_ID	int	
YearStartingDate	datetime	
YearNumber	int	

Таблица D_CHANNEL

Таблица 10. Таблица D_CHANNEL

Name	Data Type	
ID	int	
LEVEL1_ID	int	
LEVEL1_NAME_EN	nvarchar(255)	
LEVEL1_NAME_RU	nvarchar(255)	
LEVEL1_CHANNEL_LEVEL_1_ID	int	
LEVEL2_ID	int	
LEVEL2_NAME_EN	nvarchar(255)	
LEVEL2_NAME_RU	nvarchar(255)	
LEVEL2_UP	int	
LEVEL2_CHANNEL_LEVEL_2_ID	int	
CHANNEL_MDT	int	

Таблица D_PRODUCT_HIEARCHY

Таблица 11. Таблица D_CURRENCY

Name	Data Type	
ID	int	
CODE_EN	nvarchar(255)	
CODE_RU	nvarchar(255)	
NAME_EN	nvarchar(255)	
NAME_RU	nvarchar(255)	

D_PRODUCT

Таблица 12. Таблица D_PRODUCT_HIERARCHY

Name	Data Type	Identity
ID	int	X
GMID_ID	int	
PRESENTATION_ID	int	
PRODUCT_MDT	bigint	
PRODUCT_ATC_1	nvarchar(255)	
PRODUCT_ATC_2	nvarchar(255)	
PRODUCT_ATC_3	nvarchar(255)	
PRODUCT_ATC_4	nvarchar(255)	

	255)	
PRODUCT_ATC_5	nvarchar(255)	
PRODUCT_CORPORATION	nvarchar(255)	

