

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

С.А. КОЛЫЧЕВ

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ КОНКУРЕНТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика

САМАРА
Издательство Самарского университета
2023

УДК 330.45(075)

ББК Ув631я7

К61

Рецензенты: д-р экон. наук, проф. Д. Ю. Иванов,
д-р экон. наук, проф. В. М. Рамзаев

Колычев, Сергей Александрович

К61 **Имитационные модели конкурентного взаимодействия в экономических системах:** учебное пособие / *С.А. Колычев.* – Самара : Издательство Самарского университета, 2023. – 88 с. : ил.

ISBN 978-5-7883-1875-2

В пособии рассмотрены основные теоретические подходы к решению задач по определению оптимальной конкурентной стратегии по выбору объемов производства, уровня качества и стоимости продукции в условиях экономического взаимодействия. Приведено экономико-математическое описание принципов конкурентного взаимодействия, рассмотрены примеры решения задач по выбору оптимальных параметров в рыночных условиях. Представлено руководство по формированию имитационных моделей конкурентного взаимодействия с использованием программно-вычислительного комплекса.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика, изучающих дисциплину «Исследование операций».

Разработано на кафедре экономики.

УДК 330.45(075)

ББК Ув631я7

ISBN 978-5-7883-1875-2

© Самарский университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1	5
1.1 Рынок, фирма, конкуренция	5
1.2 Типы рыночных структур	7
1.3 Возникновение конкуренции на рынке	12
Глава 2	22
2.1 Модель объемной конкуренции	22
2.2 Модель ценовой конкуренции на рынке	36
2.2.1 Числовой пример определения оптимальной цены на рынке	42
2.3 Модель конкуренции по качеству изделия	45
Глава 3	53
3.1 Имитационная модель объемной конкуренции	53
3.2 Имитационная модель ценовой конкуренции	64
3.3 Имитационная модель конкуренции по качеству	74
Список литературы	87

ВВЕДЕНИЕ

Математические модели являются краеугольным камнем в изучении исследования операций. В данном пособии приведены и подробно рассмотрены теоретико-аналитические, экономико-математические модели, с помощью которых определяются общие свойства и закономерности конкурентного взаимодействия на рынке, оценивается влияние отдельных экономических параметров на стратегии участников рынка.

Цель настоящего учебного пособия донести до читателей особенности математического моделирования конкурентного взаимодействия предприятий в рыночных условиях, где основными параметрами конкуренции являются объемы выпуска, цены и качество продукции.

Экономические процессы являются динамическими вследствие изменчивости их параметров и структурных отношений. В этой связи возникает необходимость формирования экономической модели рынка, позволяющей определять влияние отдельных параметров на спрос в динамике с помощью имитационных моделей. В третьей части данного пособия представлен алгоритм формирования имитационных моделей конкурентного взаимодействия, позволяющий проводить исследование в динамике на всех этапах взаимодействия участников рынка.

В пособие включены практические примеры с использованием математического аппарата, графики и таблицы, которые способствуют более глубокому пониманию рыночной конкуренции студентами экономических специальностей.

ГЛАВА 1

1.1 Рынок, фирма, конкуренция

Рынок – это способ взаимодействия производителей и потребителей, основанный на децентрализованном механизме ценовых сигналов. Многие современные авторы главной предпосылкой возникновения рынка считают рационализм экономического поведения человека. Рационализм состоит в том, чтобы сбалансировать растущие потребности и ресурсные возможности.

Необходимым условием существования рынка является свободный обмен ресурсами. Только он позволяет сформироваться свободным ценам, которые и будут подсказывать хозяйственным агентам наиболее эффективные направления их деятельности.

Рынок – форма взаимоотношений и взаимосвязей отдельных хозяйственных субъектов, определяющих обмен товарами и услугами.

Экономические агенты (хозяйствующие единицы) – это субъекты экономических отношений, принимающие участие в производстве, распределении, обмене и потреблении экономических благ.

Рыночные агенты – хозяйствующие единицы, взаимодействующие посредством рынка.

Фирмы, предприниматели – экономические единицы, самостоятельно принимают решения, используют факторы производства для изготовления и реализации товаров, цель – получение максимальной прибыли.

Конкуренция (лат. *concurrentia*, от лат. *concurro* – сбегаться, стекаться, совпадать, соответствовать, равняться, быть равным) – это борьба между экономическими субъектами за максимально эффективное использование факторов производства, при единых правилах для всех ее участников.

В экономике говорят о деловой конкуренции хозяйствующих субъектов, каждый из которых своими действиями ограничивает возможность конкурента односторонне воздействовать на условия обращения товаров на рынке, т.е. о степени зависимости рыночных условий от поведения отдельных участников рынка.

Конкуренция – соперничество между участниками экономических отношений за ограниченные ресурсы: сырье, рабочую силу, капитал, рынки сбыта. Конкуренция в широком смысле присутствует в любой экономике – как плановой, так и рыночной. В первом случае предприятия и другие экономические субъекты часто конкурируют на внерыночном и даже внеэкономическом поле (борьба за благосклонность руководящих органов государства, за увеличение или уменьшение плановых заданий, а также за директивное обеспечение ресурсами), а во втором – дефицитные ресурсы распределяются на основе свободных торгов.

Конкуренция – в повседневном понимании – соперничество экономических субъектов за лучшие условия производства, купли и продажи товаров.

Конкуренция – в классической экономической теории – элемент рыночного механизма, который позволяет уравновесить спрос и предложение.

Конкуренция – в теории строения рынка – критерий, по которому определяется тип отраслевого рынка.

По законодательству РФ – состязательность хозяйствующих субъектов, при которой их самостоятельные действия эффективно ограничивают возможность каждого из них односторонне воздей-

ствовать на общие условия обращения товаров на соответствующем товаром рынке.

В советской политэкономии – антагонистическая форма экономического соревнования частных товаропроизводителей за получение возможно большей прибыли. В ходе конкуренции происходит массовое разорение мелких и средних товаропроизводителей, банкротства предприятий.

По Адаму Смиту – поведенческая категория, когда индивидуальные продавцы и покупатели соперничают на рынке за более выгодные продажи и покупки соответственно. Конкуренция – «невидимая рука» рынка, которая координирует деятельность его участников.

В теории рынка – степень зависимости общих рыночных условий от поведения отдельных участников рынка. В зависимости от степени совершенства конкуренции выделяют различные типы рынков, для каждого из которых свойственно определенное поведение экономических субъектов.

1.2 Типы рыночных структур

В экономическом анализе самым важным индикатором степени конкуренции является способность фирм контролировать цены и использовать их в качестве оружия в конкурентной борьбе. Крайней формой конкуренции является совершенная конкуренция. На таком рынке конкуренция настолько интенсивна, а фирмы распределены настолько равномерно, что нет ни одного продавца или группы продавцов, который не могли бы осуществлять контроль над ценами. Таким образом, все фирмы являются ценополучателями. Вторым ключевым параметром конкуренции в экономическом анализе является способность фирмы получать сверхприбыль в течение длительного времени.

Совершенная конкуренция – состояние рынка, при котором имеется большое число покупателей и продавцов, которые являются производителями, каждый из которых занимает относительно малую долю на рынке и не может диктовать условия продажи и покупки товаров. Предполагается наличие необходимой и доступной информации о ценах, их динамике, продавцах и покупателях не только в данном месте, но и в других регионах и городах. Рынок совершенной конкуренции предполагает отсутствие власти производителя над рынком и установление цены не производителем, а через функцию спроса и предложения.

Черты совершенной конкуренции не присущи ни одной из отраслей в полной мере. Все они могут лишь приближаться к модели.

Признаками идеального рынка (рынка идеальной конкуренции) являются:

- единство правил для всех участников;
- отсутствие входных и выходных барьеров в той или иной отрасли производства;
- отсутствие ограничений на количество участников рынка;
- однородность одноименных представленных продуктов на рынке;
- свободные цены;
- отсутствие давления, принуждения со стороны одних участников по отношению к другим.

Закон совершенной конкуренции. Объем выручки распределяется между конкурентами обратно пропорционально объему их собственности. Объем выручки и объемы собственности оцениваются в деньгах.

Создание идеальной модели совершенной конкуренции является чрезвычайно сложным процессом. Примеров отраслей, близких к рынку совершенной конкуренции, в настоящий момент не существует.

Несовершенная конкуренция – конкуренция в условиях, когда отдельные производители имеют возможность контролировать цены на продукцию, которую они производят. Не всегда на рынке возможна совершенная конкуренция. Формами несовершенной конкуренции являются монополистическая конкуренция, олигополия, монополия. При монополии возможно вытеснение монополистом других фирм с рынка.

Существуют несколько различных взглядов. Так, сторонники Адама Смита считают конкуренцию и монополию полярными понятиями. Хотя и не всегда исключают друг друга. Сторонники марксизма считают монополию неотъемлемой частью конкуренции и видом конкурентной борьбы. Зачастую приравнивая и смешивая понятия конкуренции с различными видам монополий.

Признаками несовершенной конкуренции являются:

- создание неравных условий для участников и товаров (демпинговые цены, ценовая дискриминация (продажа одного и того же товара по разным ценам));
- создание входных барьеров на рынок;
- использование или разглашение конфиденциальной научно-технической, производственной и торговой информации;
- распространение ложных сведений в рекламной или иной информации касаясь способа и места изготовления или количества товаров;
- умалчивание важной для потребителя информации;
- вмешательство государства или использование административного ресурса.

Потери от несовершенной конкуренции:

- неоправданный рост цен;
- увеличение издержек обращения;
- замедление научно-технического прогресса;
- снижение конкурентоспособности на мировых рынках;

- падение эффективности экономики;
- коррупция, со всеми ее негативными факторами.

Монополия – исключительное право на что-либо. Применительно к экономике – исключительное право на производство, покупку, продажу, принадлежащее одному лицу, определенной группе лиц или государству. Возникает на основе высокой концентрации и централизации капитала и производства. Цель – извлечение сверхвысокой прибыли. Обеспечивается посредством установления монопольно высоких или монопольно низких цен. Подавляет конкурентный потенциал рыночной экономики, ведет к росту цен и диспропорциям.

Модель монополии:

- единственный продавец;
- отсутствие близких продуктов-заменителей;
- диктуемая цена.

Следует отличать естественную монополию, т.е. структуры, демонаполизация которых либо нецелесообразна, либо невозможна: коммунальное хозяйство, метрополитен, энергетика, водоснабжение и др.

Монополистическая конкуренция

Монополистическая конкуренция осуществляется тогда, когда много продавцов конкурируют, чтобы продать дифференцированный продукт на рынке, где возможно появление новых продавцов.

Для рынка с монополистической конкуренцией характерно следующее:

- товар каждой фирмы, торгующей на рынке, является несовершенным заменителем товара, реализуемого другими фирмами;
- на рынке существует относительно большое число продавцов, каждый из которых удовлетворяет небольшую, но не микроскопическую долю рыночного спроса на общий тип товара, реализуемого фирмой и ее соперниками;

- продавцы на рынке не считаются с реакцией своих соперников, когда выбирают, какую цену установить на свои товары, или, когда выбирают ориентиры по объему годовых продаж;
- на рынке есть условия для входа и выхода

Монополистическая конкуренция похожа на ситуацию монополии, поскольку отдельные фирмы обладают способностью контролировать цену своих товаров. Она также похожа на совершенную конкуренцию, так как каждый товар продается многими фирмами, а на рынке существует свободный вход и выход.

Олигополия – тип рынка, при котором в отрасли хозяйства господствует не одна, а несколько фирм. Иными словами, в олигополистической отрасли производителей больше, чем в условиях монополии, но значительно меньше, чем в условиях совершенной конкуренции. Как правило, насчитывается от 3 и более участников. Частным случаем олигополии выступает дуополия. Контроль над ценой очень высокий, высокие входные барьеры в отрасль, значительная неценовая конкуренция. Примером могут послужить операторы сотовой связи и рынок жилья.

Основные параметры конкуренции на рынке для производителей: объем производства, цена и качество продукции. Высокие предельные издержки и «долгие» инвестиции заставляют более ответственно подходить к выбору управленческих решений. Для российских предприятий в условиях развивающегося рынка и растущей конкуренции важно выявлять тренды развития рынка, количественно определять качество и конкурентоспособность выпускаемых изделий, определять взаимозависимости между основными параметрами, формирующими спрос. На основе всестороннего анализа и прогноза динамики рынка должны формироваться конкурентные стратегии по развитию предприятий.

Предприятия отечественной отрасли находятся в условиях жесткой конкуренции как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Для минимизации рисков, связанных со стратегическим взаимодействием с участниками этих рынков, предприятия должны формировать производственную программу, опираясь на всесторонний анализ конкурентной среды. Определение оптимальных равновесных значений объемов выпуска для каждого участника не дает информации о динамике взаимодействия конкурентов. В этой связи для описания динамики рыночных отношений возникает необходимость в разработке динамической имитационной модели развития рынка легких летательных аппаратов. В работе рассмотрена динамическая модель задачи выбора производственной программы предприятиями, выпускающими продукцию на дуопольном рынке, с использованием дискретной имитационной компьютерной модели.

Данное моделирование представлено алгоритмами, сформированными в программном пакете Simulink (Matlab), с помощью операторов данного пакета. Данный программный пакет позволяет сформировать модели, которые позволяют определить траектории изменений основных экономических параметров: равновесных значений объемов, цен, уровня качества, дохода прибыли и т.д. Также с помощью данных моделей можно оценить влияние затрат, производимых предприятиями на реализацию производственной программы, на результаты рыночного взаимодействия, определить наиболее значимые параметры и на этой основе сформировать решение по выбору конкурентной стратегии.

1.3 Возникновение конкуренции на рынке

Олигополия – это рыночная структура, в которой небольшому количеству производителей противостоит множество покупателей.

Принципиальное отличие олигополии от монополистической и чистой конкуренции заключается в том, что при олигополии в от-

расли существует лишь несколько соперников, а потому каждая фирма обязана учитывать реакцию остальных участников на свои действия. Действия любого олигополиста в отрасли оказывают непосредственное влияние на каждого из соперников, т.е. фирмы в отрасли являются взаимозависимыми, продукция может быть как однородной, так и неоднородной. Возможности входа в отрасль также варьируются в широких пределах.

В модели совершенной конкуренции фирмы проводят оптимальную политику поведения: при нахождении рынка в равновесии они не имеют причин изменять цену или объем выпуска. При равенстве спроса и предложения производитель продает все, что выпускает, и максимизирует свою прибыль.

В модели монополии фирма-монополист находится в равновесии при условии $MR = MC$. В этом случае монополист максимизирует свою прибыль и также проводит оптимальную политику (с точки зрения монополии).

В модели олигополии фирма также имеет тенденцию осуществлять оптимальную политику с учетом действий своих соперников и предполагает, что прочие производители в отрасли будут поступать аналогичным образом. Данная концепция была впервые сформулирована Дж. Нэшем.

Равновесие Нэша: каждая фирма-олигополист ведет себя наилучшим образом при данном поведении своих конкурентов.

Первая теория олигополии была разработана французским экономистом и математиком Антуаном Огюстином Курно (1801–1877) в 1838 г. Курно задался вопросом: что произойдет, если на монополистический рынок, на котором прежде действовал единственный производитель-монополист, войдет второй производитель? Может ли возникшая дуополия (отрасль с двумя производителями) достичь стабильного выпуска при определенных ценах и объемах производства? Если да, то возможно ли к отрасли добавить

третьего производителя, затем – четвертого и т.д., до тех пор, пока монополия не превратится в конкуренцию?

Курно рассматривал рынок однородного продукта с двумя производителями. Оба производителя должны установить единую цену: в противном случае покупатель может найти лишь производителя, предлагающий более низкую цену.

Предположим, что рыночная цена P (а значит, и средний доход AR) является линейной функцией от общего выпуска:

$$P(Q) = a - bQ, \quad (1.1)$$

где $Q = q_1 + q_2$ – выпуск первого и второго продавца; при этом кривая предельных издержек каждого продавца горизонтальна: $MC = c$ (c – константа).

В модели Курно каждый дуополист исходит из того, что в ответ на его действия соперник не изменит своего выпуска.

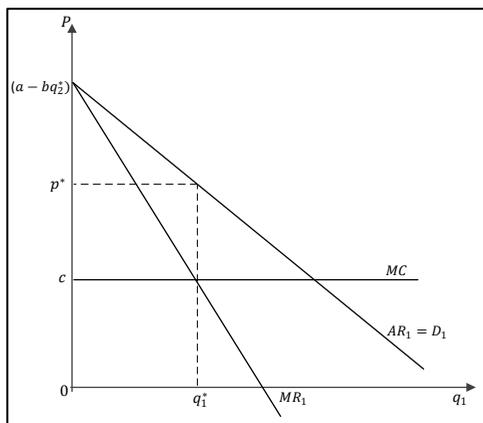


Рисунок 1.1 – Объем выпуска и ожидаемая цена производителя 1

Ситуация с точки зрения производителя 1 (рис. 1.1). Продавец 1 оценивает функцию собственного среднего дохода ($AR_1 = D_1$) как

$P(Q) = (a - bq_1^*) - bq_2$, полагая, что объем выпуска предприятия 2 равен q_2^* . Идея заключается в том, что предприятие 2 заполучила первые q_2^* единиц рыночного спроса, предоставив предприятию 1 для работы оставшуюся часть рынка.

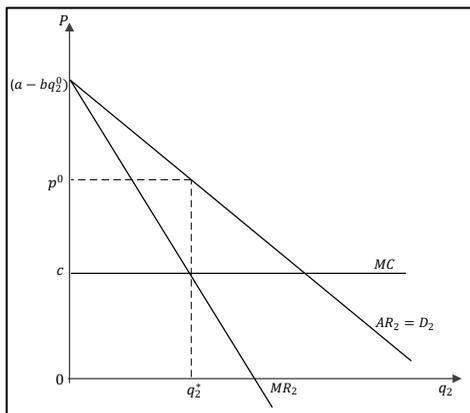


Рисунок 1.2 – Объем выпуска и ожидаемая цена производителя 2

Так как $(a - bq_2^*)$ – величина постоянная, предельный доход предприятия 1 равен:

$$MR_1 = \frac{\Delta P(Q)Q}{\Delta q_1} = (a - bq_2^*) - 2bq_1. \quad (1.2)$$

При $MR = MC = c$ предприятие 1 предложит q_1^* единиц выпуска. Равновесная рыночная цена P^* выпуска q_1^* (при фиксированном q_2^*) получает вид:

$$P^*(Q) = (a - bq_2^*) - bq_1. \quad (1.3)$$

Ситуация с точки зрения предприятия 2. Пока предприятие 1 принимает решение относительно своего объема выпуска (q_1^*), предприятие 2 занимается тем же: определяет собственный объем выпуска, максимизируя прибыль. Предприятие 2 полагает, что его соперник производит q_1^0 продукта, и, исходя из этого, определяет собственную функцию спроса (среднего дохода $AR_2 = D_2$):

$$P(Q) = (a - bq_1^0) - bq_2. \quad (1.4)$$

При этом предельный доход продавца 2 равен:

$$MR_2 = \frac{\Delta P(Q)Q}{\Delta q_2} = (a - bq_1^0) - 2bq_2. \quad (1.5)$$

На рисунке 1.2 показано, что фирма 2 производит выпуск q_2^0 по рыночной цене P^0 , если фирма 1 производит тот объем выпуска, который от нее ожидает продавец 2, т.е. q_1^0 .

В модели Курно цена и выпуск приходят в равновесие только в том случае, если каждый дуополист производит столько, сколько от него ожидает его конкурент (если $q_1^* = q_1^0, q_2^0 = q_2^*$, и $P^* = P^0$).

Вернемся к посылке, что рынок первоначально был монопольным, т.е. $q_2^* = 0$ на рисунке 1.2, действуя в качестве монополиста, производитель 1 устанавливает выпуск, при котором $MR_1 = MC_1 = c$. Тогда с учетом формулы (1.2) имеем:

$$a - 2bq_1 = c. \quad (1.6)$$

Отсюда:

$$q_1 = (a - c) / 2b \quad (1.7)$$

и
$$P = (a - b)[(a - c) / 2b] = \frac{1}{2}a + c. \quad (1.8)$$

Производитель 2 вступит на рынок в том случае, если общий доход производителя 1 превзойдет ее совокупные издержки ($TR_1 > TC_1$), т.е. рынок продемонстрирует свою притягательность.

Так как:

$$VC_1 = cq_1 = \frac{1}{2b} \left(\frac{ac}{2b} - c^2 \right) \quad (1.9)$$

и

$$TR_1 = Pq_1 = \left(\frac{1}{2}a + c \right) [(a - c) / 2b] = \left(\frac{1}{2}a + c \right) (a^2 / 2 - c^2) \quad (1.10)$$

у производителя 2 появится стимул вступить на рынок, если $FC_1 \leq (1/4b)(a^2 - ac)$.

Курно упростил анализ, предположив, что постоянные издержки обоих производителей равны нулю. При любой цене выше предельных издержек производитель 2 имеет склонность войти на рынок.

Но вход на рынок производителя 2 противоречит ожиданиям бывшего монополиста (производитель 1). Рисунок 1.1 построен так, что $P^0 < P^*$: ожидая, что производитель 1 будет поддерживать монопольный выпуск при $q_1 = (a - c) / 2b$, производитель 2 определит функцию своего предельного дохода как:

$$MR_2 = \left(\frac{1}{2}a + c \right) - 2bq_2, \quad (1.11)$$

устанавливая объем выпуска исходя из условия $MR=MC=c$, или

$$c = \left(\frac{1}{2}a + c \right) - 2bq_2. \quad (1.12)$$

Отсюда:

$$2bq_2 = \frac{1}{2}a \quad \text{или} \quad q_2 = a / 4b. \quad (1.13)$$

Когда выпуск производителя 2 добавится к выпуску прежнего монополиста (производителя 1), рыночная цена неизбежно упадет. Ожидания производителя 1 о монопольной цене вошли в противоречие с действительностью, и его выпуск должен быть приспособлен к новой ситуации.

В модели Курно приспособление выпуска к неожиданным изменениям в рыночном спросе (благодаря чему другие продавцы не производят свой ожидаемый выпуск) определяет функцию реакции каждого продавца.

Функция реакции Курно $q_i^* = R_i(q_j)$ – кривая, показывающая, какой объем продукции будет поставлять на рынок один дуополист (i) при каждом заданном объеме продукции, поставляемом другим дуополистом (j).

Функция реакции производителя 1 выводится из правила максимизации прибыли $MR_1 = MC_1$:

$$(a - bq_2) - 2bq_1 = c. \quad (1.14)$$

Определим q_1 :

$$q_1 = (1/2)(a - c - bq_2). \quad (1.15)$$

Таким образом, в условиях дуополии функция реакции имеет вид:

$$q_i^* = (1/2)(a - c - bq_j). \quad (1.16)$$

При $q_2 = 0$, $q_1 = (1/2b)(a - c)$ возникла ситуация монопольного выпуска.

Однако вхождение на рынок производителя 2 приводит к снижению выпуска производителя 1 на $1/2$ единицы от каждой единицы выпуска, выпущенной производителем 2, т.е.:

$$\frac{\Delta q_1}{\Delta q_2} = (1/2)(-b) = -1/2. \quad (1.17)$$

Когда производитель 1 изменяет свой выпуск, производитель 2 получает новый объем максимизации прибыли в соответствии с функцией реакции, которая выводится из решения $MR_2 = MC$.

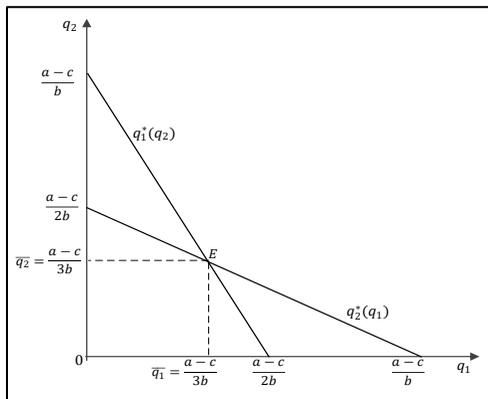


Рисунок 1.3 – Функции реакции дуополии 1

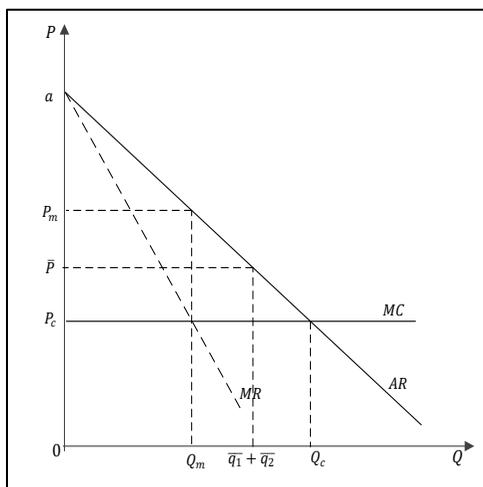


Рисунок 1.4 – Объем выпуска и цены в условиях монополии и конкуренции

Правила выпуска для q_2 таковы: $c = (a - bq_1) - 2bq_2$ откуда $q_2 = (1/2)(a - c - bq_1)$.

Так как $\frac{\Delta q_2}{\Delta q_1} = (1/2)(-b) = -1/2$, то второй производитель увеличит свой выпуск на $1/2$ единицы на каждую единицу снижения выпуска производителя 1.

Правило дуополии Курно: если производитель 1 снизит свой выпуск на единицу, то производитель 2 увеличит свой выпуск на половину единицы (и наоборот).

Как предполагается, этот процесс приспособливания объема выпуска одного продавца к изменению выпуска другого продавца приведет общий выпуск и результирующую цену к стабильному равновесию. Графическое решение дуополии Курно представлено на рисунке 1.3.

Равновесные выпуски дуополистов: $q_1^* = \frac{a - c}{3b}$ и $q_2^* = \frac{a - c}{3b}$.

Равновесные выпуски дуополистов являются координатами точки равновесия Курно-Нэша (точка $C - N$).

Таким образом, общий объем равновесного выпуска в условиях дуополии равен:

$$Q^* = (q_1^* + q_2^*) = 2(a - c) / 3b. \quad (1.18)$$

Как показано на рисунке 1.4, равновесная дуопольная цена Курно (\bar{P}) меньше монопольной цены (P_m), но больше цены предельных издержек, т.е. конкурентной цены (P_c).

Важное достижение А. Курно заключается в том, что он вскрыл саму проблему дуополии. Он показал также, что ряд допущений, определяющих решение равновесия, могут быть перенесены с модели дуополии на модель собственно олигополии.

Если задаться вопросом, что станет, если на рынок дуополии войдет третий производитель (дуополия превратится в «триополию»), то, используя рассуждения, приведенные выше, получим такой результат:

$$Q^* = (q_1^* + q_2^* + q_3^*) = 3(a - c) / 4b. \quad (1.19)$$

Таблица 1.1 – Основные параметры равновесия модели Курно1

Выпуск		Прибыль		Рыночная цена
Фирмы	Отрасли	Фирмы	Отрасли	
$\frac{(a - c)}{3b}$	$\frac{2(a - c)}{3b}$	$\frac{(a - c)^2}{9b}$	$\frac{2(a - c)^2}{9b}$	$\frac{(a + 2c)}{3b}$

Отсюда нетрудно сделать вывод, что с ростом количества фирм (n) в отрасли выпуск каждой отдельной фирмы будет снижаться, а общий выпуск отрасли расти:

$$Q_1 = nq_1 = \frac{a - c}{b} \times \frac{n}{n + 1}. \quad (1.20)$$

Поэтому можно утверждать, что модель Курно предсказывает приближение общего выпуска к объему производства совершенно конкурентной отрасли при достаточно большом числе ее субъектов. То же самое происходит с ценой:

$$P = a - bQ = a - b \left(\frac{a - c}{b} \right) \left(\frac{n}{n + 1} \right), \quad (1.21)$$

что после упрощений дает:

$$P = \left(\frac{a}{n + 1} \right) + \left(\frac{cn}{n + 1} \right). \quad (1.22)$$

С ростом n величина $\left[\frac{a}{n + 1} \right]$ бесконечно уменьшается, а

$\left[\frac{cn}{n + 1} \right]$ приближается к c , т.е. к предельным издержкам (MC).

ГЛАВА 2

2.1 Модель объемной конкуренции

Количество изделий, которое производитель готов произвести и предложить на рынок по определенной цене, исходя из цели максимизации прибыли в течение некоторого периода, формирует объем предложения данного производителя. Сумма объемов выпуска всех производителей формирует рыночное предложение $Q_{ij}^s(i = \overline{1, k_i^n}, j = \overline{1, m})$, где k_i^n – количество предприятий, конкурирующих по j -му виду продукции. Современная продукция характеризуется широкими возможностями различного применения, поэтому производители предлагают изделия в различных модификациях, которые обуславливают многоцелевое назначение выпускаемых изделий. Каждая модификация изделия представляет определенный сегмент, который характеризуется особой функцией спроса. В сегментах по модификациям между производителями возникает конкурентное взаимодействие. Каждый участник рынка при формировании конкурентной стратегии независимо от других выбирает такой объем производства отдельной модификации, который обеспечивает максимум целевой функции.

Управляемыми параметрами в модели принятия решений каждым производителем в случае объемной конкуренции являются объемы выпускаемых изделий каждого наименования. Если на рынке участвуют « n » предприятий, выпускающих « m » модификаций изделий, то каждый производитель заинтересован в обеспечении максимального значения критерия при известных функциях

спроса по каждому наименованию. При этом следует учитывать, что спрос и критерий каждого производителя зависят не только от его собственного объема выпуска изделий, но и от объема выпуска конкурирующих предприятий.

Конкурентные стратегии каждого производителя и их оптимальные значения зависят от того, какие величины принимают предположительные вариации выпуска одного предприятия от изменения выпуска другого. Таким образом, если задана обратная функция спроса на выпускаемую продукцию по j -й модификации

$P_j(Q_j(q_{ij})), j = \overline{1, m}$, где $Q_j(q_{ij}) = \sum_{j=1}^m q_{ij}, j = 1, m$, то для существования равновесных устойчивых стратегий по выбору каждым производителем каждого наименования изделия q_{ij} обратная функция спроса должна быть убывающей функцией, т.е.

$$\frac{\partial P_j(Q_j)}{\partial Q_j} \cdot \frac{\partial Q_j}{\partial q_{ij}} < 0, j = 1, m.$$

Предположительные вариации по объемам выпуска являются неположительными величинами и представляют собой меру вытеснения соответствующим предприятием конкурента при единичном изменении выпуска его изделий, т.е.

$$\frac{\partial q_{ij}}{\partial q_{ik}} \leq 0, j, k = 1, m, j \neq k.$$

Потенциальный объем изделий в определенном сегменте, которые потребители готовы и могут приобрести по определенной цене в течение заданного периода времени, формирует спрос по каждой модификации продукции. Для выявления потенциального спроса и определения перспективной доли рынка применяются различные методы прогнозирования. Наиболее часто применяемым и доступным является прогноз, основывающийся на статистических данных, на основе которых формируют корреляционно-регрессионные модели. Оценки, полученные с помощью данных методов, корректируются экспертами. Если по результатам анализа величина спроса

на изделие превышает ограничительные показатели производственных возможностей, то определение оптимального объема выпуска и выбор конкурентной стратегии производятся исходя из области допустимых значений.

Разработана модель экономического механизма конкурентного взаимодействия между участниками рынка в виде комплекса взаимосвязанных моделей как аналитического инструмента исследования рыночной среды и обоснования принимаемых решений по определению цен, уровня летного качества и объемов выпускаемых изделий в случае объемной, ценовой и неценовой конкуренции.

Если на рынке присутствует « n » производителей, каждый из которых в качестве целевой функции устанавливает величину прибыли $Pr_i(q)$, то модель выбора оптимального объема выпуска изделий каждой модификации i -ым производителем с учетом влияния конкурентов представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned} Pr_i(q) &= \sum_j^m q_{ij} \cdot P_j(Q_j) - \sum_j C_{ij}(q_{ij}) \longrightarrow \max_{q_{ij}}, i = 1, n, \\ P_j(Q_j) &= D_j^{-1} \left(Q_j = \sum_{i=1}^n q_{ij} \right), j = 1, m, \\ q_{ij} &\in [0, \overline{q_{ij}}], i = 1, n, j = 1, m, \end{aligned} \quad (2.1)$$

где $P_j(Q_j)$ – цена изделий j -й модификации в виде обратной функции спроса от суммарного объема выпуска j -го наименования всеми производителями $Q_j = \sum_{i=1}^n q_{ij}$;

$C_{ij}(q_{ij})$ – затраты i -го производителя на выпуск в количестве q_{ij} ;

q_{ij} – количество продукции j -го наименования выпускаемых i -го производителя;

$\overline{q_{ij}}$ – максимально возможный объем выпуска j -й модификации i -го производителя.

Необходимо также учитывать ограничение на объем выпуска по нормативам затрачиваемых ресурсов для производства заданного количества продукции каждой модификации. Ограничения по видам ресурсов, учитывающих специфику производства представлены в виде следующей совокупности неравенств:

$$\sum_{j=1}^m \beta_{ij}^k q_{ij} \leq M_{ki}, k = 1, K, i = 1, n, \quad (2.2)$$

где β_{ij}^k – норматив k -го вида материала, используемого i -ым производителем на единицу j -го изделия;

M_{ki} – имеющийся объем k -го вида материала, используемого i -ым производителем.

В производстве необходимо учитывать объемы используемых материалов M_{ki} , таких как ткани на основе стеклянного или углеродного волокна; связующего; сотовых наполнителей; армирующих элементов; комплектующих и др. В ситуации, когда спрос превышает производственные возможности, при помощи внедрения в производственную систему новых технологий, позволяющих оптимизировать расход материалов, можно снизить себестоимость производства или нарастить объем выпуска.

Ограничения по величине трудозатрат T_i определяются фондом возможного рабочего времени, который можно изменять в краткосрочной перспективе в соответствии с параметрами рыночной конъюнктуры, также влияя на параметры себестоимости изделия и совокупного объема выпуска i -го производителя.

Ограничения на трудовые ресурсы:

$$\sum_{j=1}^m t_{ij}^g q_{ij} \leq T_{gi}, g = 1, G, i = 1, n, \quad (2.3)$$

где t_{ij}^g – норматив затрат времени на выполнение l -го вида работ i -ым производителем на единицу j -го изделия;

T_{gi} – имеющийся фонд рабочего времени у i -го производителя на выполнение работ l -го вида.

Основным ограничительным параметром в заданный период времени являются площади производственных участков A_s сборки; механической обработки; участки формовки изделий из полимерных композиционных материалов. Изменение общего показателя A_s требует существенных объемов инвестиций, превышающих возможную операционную прибыль.

Ограничения на производственные площади:

$$\sum_j^m a_{ij}^s q_{ij} \leq A_{si}, s = 1, S, i = 1, n, \quad (2.4)$$

где a_{ij}^s – нормативы производственных площадей на единицу j -го изделия;

A_{si} – общие площади производственных участков, необходимых для выпуска заданного объема.

Ограничения на количество оснастки для формования деталей и агрегатов из композиционных материалов:

$$\sum_j^m w_{ij}^v q_{ij} \leq W_{vi}, v = 1, V, i = 1, n, \quad (2.5)$$

где w_{ij}^v – норматив количества матриц для формования композитных деталей на единицу j -го изделия;

W_{vi} – общее количество оснастки для формования.

Если спрос на j -ю модификацию выпускаемой продукции меньше значения максимально возможного объема выпуска и определяется спросом, заданным параметрически $P_j(Q_j) = D_j^{-1}$, то задача по выбору конкурентной объемной стратегии с учетом максимизации прибыли i -го производителя в условиях конкурентного

взаимодействия сводится к решению модели (2.1) с учетом ограничения (2.2–2.5). Сформируем механизм конкурентного взаимодействия как совокупности моделей принятия решений всеми участниками рынка по каждой модификации.

Решение модели задач (2.2–2.5) позволит сформировать допустимую область принятия решений каждым производителем и обосновать итерационную процедуру рыночного взаимодействия между ними.

Так, если каждый производитель выпускает одну модификацию продукции, то допустимая область принятия решения для каждого производителя определяется из следующего уравнения:

$$q_i^{\max} = \bar{q}_{ij} = \min(q_{ki}^{\max}, q_{li}^{\max}, q_{si}^{\max}, q_{vi}^{\max}), i = 1, n, \quad (2.6)$$

где $q_{ki}^{\max} = \min_k \left(\frac{M_{ki}}{\beta_i^k}, k = 1, K \right), i = 1, n$ – максимально возможный выпуск изделий с учетом имеющихся объемов материальных ресурсов;

$$q_{gi}^{\max} = \min_l \left(\frac{M_{gi}}{t_i^g}, g = 1, G \right), i = 1, n$$
 – максимально возможный выпуск

изделий с учетом имеющегося фонда времени на выполнение l -го вида работ;

$$q_{si}^{\max} = \min_s \left(\frac{M_{si}}{a_i^s}, s = 1, S \right), i = 1, n$$
 – максимально возможный объем

выпуска с учетом имеющихся производственных площадей производства;

$$q_{vi}^{\max} = \min_v \left(\frac{M_{vi}}{w_i^v}, v = 1, V \right), i = 1, n$$
 – максимально возможный объем

выпуска с учетом имеющейся оснастки.

Для оптимальных конкурентных стратегий сформируем для каждого производителя функции Лагранжа $L_i(q, \lambda)$, оптимизация которых позволяет обосновать выбор объемов выпуска изделий каждой модификации в соответствии с необходимыми условиями оптимальности и ресурсных ограничений из уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{\partial L_i(q, \lambda)}{\partial q_i} &= 0, \\ \frac{\partial L_i(q, \lambda)}{\partial \lambda_i} &= 0,\end{aligned}\tag{2.7}$$

где $q_i = q_{ij}, j = 1, m$ – вектор выпуска изделий i -ым производителем;

$\lambda_i = (\lambda_{i\alpha}, \alpha = K + G + S + V)$ – вектор неопределенных множителей Лагранжа.

Пусть каждый участник рынка определяет оптимальную стратегию объема выпуска по каждой модификации $q_{ij}^*(q_{-ij})$ в соответствии с выбором конкурентами выпуска любого количества изделий. $q_{-ij} = (q_{1j}, \dots, q_{i-1j}, \dots, q_{i+1j}, \dots, q_{nj})$ – вектор объемов выпуска по j -й модификации конкурентами i -го производителя.

Исходя из необходимых условий оптимальности объемов выпуска, оптимальная конкурентная стратегия каждого участника по выбору объемов выпуска j -й модификации определяется из следующих уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \text{Пр}_i(q)}{\partial q_i} &= \frac{\partial P_j(Q_j)}{\partial Q_j} \cdot \frac{\partial Q_j}{\partial q_{ij}} \cdot q_{ij}^* + \left(P_j(Q_j) - \frac{\partial C_{ij}(q_{ij}^*)}{\partial q_{ij}} \right) = 0, \\ 0 &\leq q_{ij}^* \leq \overline{q_{ij}^*}, i = 1, n.\end{aligned}\tag{2.8}$$

Равновесное состояние участников рынка по j -й модификации представлено совокупностью оптимальных стратегий $q_{ij}^*, i = 1, n, n \in N$. Из системы уравнений (2.7) следует, что выбранный объем выпуска каждым участником рынка является реакцией на выбранные конкурентами стратегии по объемам выпуска j -й модификации продукции:

$$q_{ij}^* = p_{ij}(Q_{-ij}), Q_{-ij} = \sum_{i \neq j}^n q_{ij}, i = 1, n, j = 1, m.\tag{2.9}$$

Равновесные объемы выпуска изделий и равновесная цена определяются в результате решения системы (2.9).

Из анализа системы уравнений (2.8) следует, что если обратная функция спроса $P(Q)$ является убывающей функцией по суммарному объему выпуска изделий Q_{ij}^s , то для существования устойчивости равновесных стратегий необходимо, чтобы для каждого участника рынка одновременно выполнялась следующая система неравенств:

$$\{P_j(Q_j) > 0\} \wedge \left\{ \frac{\partial P_j(Q_j)}{\partial Q_j} < 0 \right\} \wedge \left\{ \left(P_j(Q_j) - \frac{\partial C_{ij}(q_{ij}^*)}{\partial q_{ij}^*} \right) > 0 \right\}, i=1, n, j=1, m. \quad (2.10)$$

Выполнение системы (2.10) означает, что решение системы (2.9) существует с учетом ограничения на выпуск изделий, а экономический механизм конкурентного взаимодействия обеспечивает выбор устойчивых равновесных состояний для каждого производителя по выпуску каждой модификации.

Проиллюстрируем полученные результаты формирования механизмов выбора конкурентных стратегий участниками рынка на примере определения равновесных стратегий для двух производителей, т.е. в условиях дуополии, каждый из которых выпускает одну модификацию продукции.

Модель механизма конкурентного взаимодействия по выпуску одной модификации изделия в условиях, когда на рынке участвуют два предприятия, будет представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{Pr}_i(q) = P(Q(q))q_i - c_i(q_i) &\longrightarrow \max, i = 1, 2, \\ Q(q) &= q_1 + q_2, \\ P(Q) &= p_0 - b(q_1 + q_2), \\ c_i(q_i) &= c_{0i} + c_i q_i, \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$0 \leq q_i^* \leq \bar{q}_i, i = 1, 2,$$

где $\text{Пр}_i(q)$ – прибыль i -го производителя по выпуску одной модификации;

$P(Q)$ – цена изделия, характеризующая обратную функцию спроса на модификацию изделия;

p_0 – цена при нулевом объеме продаж производителей;

$b > 0$ – коэффициент чувствительности цены;

$c_i(q_i)$ – издержки i -го производителя на производство в объеме q_i .

Необходимые и достаточные условия решения задачи выбора оптимального объема выпуска характеризуются следующими уравнениями:

$$\frac{\partial \text{Пр}_i(q)}{\partial q_i} = p_0 - 2bq_1 - bq_2 - c_i = 0, i, j = 1, 2, i \neq j. \quad (2.12)$$

В этой ситуации линии реакции каждого производителя будут представлены следующей системой уравнений, с учетом ограничений по объемам выпуска изделий:

$$\begin{cases} q_1^* = \frac{p_0 - c_1}{2b} - \frac{1}{2}q_2^*, 0 \leq q_2^* \leq \bar{q}_2, \\ q_2^* = \frac{p_0 - c_2}{2b} - \frac{1}{2}q_1^*, 0 \leq q_1^* \leq \bar{q}_1. \end{cases} \quad (2.13)$$

На графике представлена область допустимых решений по выбору оптимальных объемов выпуска с учетом неравенств $0 \leq q_2^* \leq \bar{q}_2$, $0 \leq q_1^* \leq \bar{q}_1$. При этом точка равновесия E находится в области допустимых значений и соответствует значениям, в случае, если предельные издержки производителей не превышают равновесных: $q_{1E}^* = \frac{p_0 - 2c_1 - c_2}{3b} < \bar{q}_1$, $q_{2E}^* = \frac{p_0 - 2c_2 - c_1}{3b} < \bar{q}_2$. В результате конкурентного взаимодействия в условиях объемной конкуренции на рынке

большую прибыль получит производитель с меньшими предельными издержками. Конкуренентоспособность предприятия по затратам можно определить в соответствии с формулой: $\varepsilon_i = \frac{C_j}{C_i}$, где ε_i – конкурентоспособность i -го производителя по предельным издержкам.

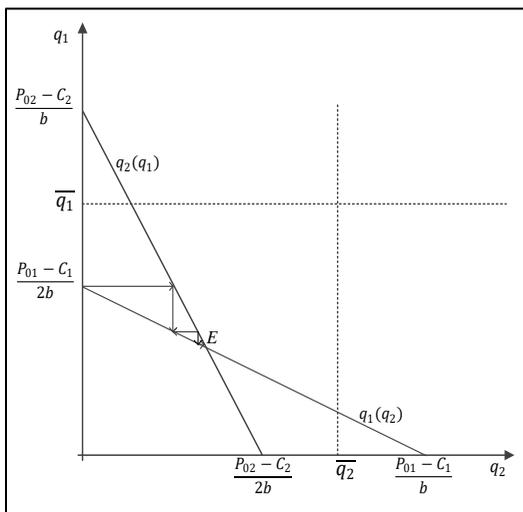


Рисунок 2.1 – Графическое решение задачи определения равновесных объемов в условиях дуополии на рынке

Утверждение 1. Пусть обратная функция спроса $D_j^{-1}(Q_j)$, $j = 1, m$ является убывающей и дифференцируемой функцией, а функция затрат $C_{ij}(q_{ij})$ у каждого производителя является выпуклой возрастающей функцией, тогда каждый производитель в соответствии с необходимыми условиями оптимальности определяет равновесный объем выпуска изделий q_{ij}^* , $i = 1, n$; $j = 1, m$ из следующего уравнения:

$$q_{ij}^* = \begin{cases} \left[\frac{\partial D_j^{-1}(Q_j)}{\partial Q_j} \left(P_j^* - \frac{\partial C_{ij}(q_{ij}^*)}{\partial q_{ij}^*} \right) \right], & \text{если } \frac{\partial C_{ij}(q_{ij}^*)}{\partial q_{ij}^*} < P_j^*, \\ 0, & \text{если } \frac{\partial C_{ij}(q_{ij}^*)}{\partial q_{ij}^*} \geq P_j^*, i = 1, n, j = 1, m. \end{cases} \quad (2.14)$$

Из сформулированного утверждения следует, что, если решение системы уравнений (2.1) существует, то экономический механизм конкурентного взаимодействия между производителями обеспечивает выбор оптимальных равновесных состояний (2.14) для каждого участника рынка.

Если спрос на отдельную модификацию превышает значение максимально возможного объема производства i -го производителя $D_j^{-1} \geq \bar{q}_{ij}$, в этом случае оптимальный объем выпуска определяется ограничением по объему выпуска, тогда функция спроса i -го производителя по j -ой модификации примет вид:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_i(q) &= \sum_j^m q_{ij} \cdot P_j(Q_j) - \sum_j C_{ij}(q_{ij}) \longrightarrow \max_{q_{ij}}, i = 1, n, \\ P_j(Q_j) &\leq D_j^{-1} \left(Q_j = \sum_{i=1}^n q_{ij} \right), j = 1, m, \\ C_{ij} &= \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{kj} q_{ij}, \quad (2.15) \\ \sum_{j=1}^m \beta_{kj} q_{ij} &\leq M_{kij}, k = 1, K, \\ 0 \leq q_{ij} &\leq \bar{q}_{ij}, i = 1, n, j = 1, m, \\ \bar{q}_{ij} &= \min_K \left(\frac{M_{kij}}{\beta_{kj}}, k = 1, K \right), \end{aligned}$$

где $C_{ij}(q_{ij})$ – затраты i -го участника рынка на производство изделий в количестве q_{ij} ;

Π_k – стоимость единицы k -го ресурса;

M_{kij} – заданный объем k -го ресурса;

β_{kij} – норма расхода k -го ресурса i -ым производителем на единицу j -го изделия;

q_{ij} – количество продукции j -го наименования выпускаемых i -ым производителем;

$P_j(Q_j)$ – обратная функция спроса на изделия j -ой модификации;

$Q_j = \sum_{i=1}^n q_{ij}$ – суммарный объем выпуска j -ой модификации;

\bar{q}_{ij} – максимально возможный объем выпуска j -ой модификации i -ым производителем.

Если обратная функция спроса каждой модификации задана в виде уравнения:

$$P_j(Q_j) = p_{oj} - b_j \sum_{i=1}^n q_{ij}, j = 1, m, \quad (2.16)$$

где b_j – коэффициент чувствительности цены i -го изделия j -го наименования к единичному изменению суммарного объема Q_j .

Тогда функция прибыли примет вид:

$$\text{Пр}_i(q) = \left(p_{oj} - b_j \sum_{i=1}^n q_{ij} \right) q_{ij} - \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{kj} q_{ij}, i = 1, n, j = 1, m, \quad (2.17)$$

где K – наименование всех используемых ресурсов: материалы, труд, оборудование, оснастка и т.д.

Линию реакции каждого участника рынка в данном случае можно представить следующей взаимосвязанной системой уравнений:

$$q_{ij}^* = \frac{p_{i0} - \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{kj}}{2b} - \frac{1}{2} \sum_{i \neq j} q_{ij}^*, i = 1, n, j = 1, m, 0 \leq q_{ij}^* \leq \overline{q_{ij}}. \quad (2.18)$$

Решение системы уравнений (2.18) позволяет определить равновесные значения объемов выпуска изделий и сформировать аналитические условия, реализация которых обеспечивает устойчивость на рынке по каждому наименованию.

Проиллюстрируем полученные результаты для дуопольного рынка. Модель механизма конкурентного взаимодействия по одной модификации продукции в условиях, когда на рынке участвуют два предприятия, будет представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_i(q_i, q_j) &= P_i(q_i, q_j)q_i - C_i(q_i, q_j) = (p_{0i} - b(q_i + q_j))q_i - \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{ki} q_i = \\ &= \left(p_{0i} - \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{ki} - b(q_1 + q_2) \right) q_i \longrightarrow \max, i = 1, 2, \end{aligned}$$

$$\beta_{ki} q_i \leq M_{ki}, k = 1, K, i = 1, 2, \quad (2.19)$$

$$0 \leq q_i^* \leq \overline{q_i}, i = 1, 2,$$

$$\overline{q_i} = \min_K \left(\frac{M_{ki}}{\beta_{ki}}, k = 1, K \right), i = 1, 2.$$

В этой ситуации линии реакции каждого производителя будут представлены следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} q_1^* = \frac{p_{01} - \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{k1}}{2b} - \frac{1}{2} q_2^*, 0 \leq q_2^* \leq \overline{q_2}, \\ q_2^* = \frac{p_{02} - \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{k2}}{2b} - \frac{1}{2} q_1^*, 0 \leq q_1^* \leq \overline{q_1}. \end{cases} \quad (2.20)$$

На рисунке 2.2 представлено графическое изображение системы (2.20). Точка E на пересечении линий реакций является точкой

кой равновесия рынка, определяемая в результате решения системы.

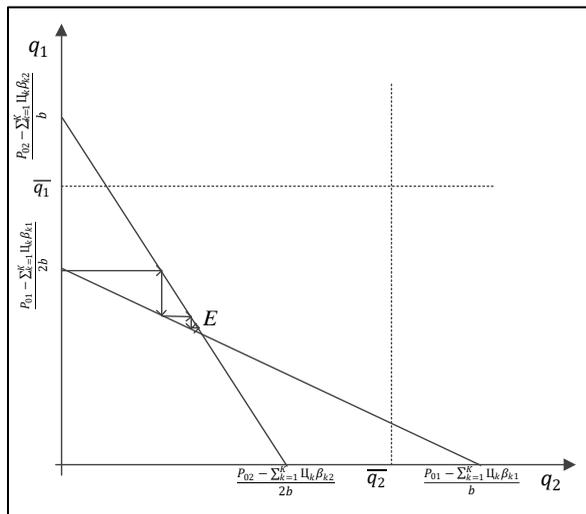


Рисунок 2.2 – Равновесное значение объемов в условиях дуополии

Координаты точки равновесия соответствуют значениям:

$$q_1^E = \frac{2(p_{01} - \sum_{k=1}^K C_k \beta_{k1}) - (p_{02} - \sum_{k=1}^K C_k \beta_{k2})}{3b}, \quad (2.21)$$

$$q_2^E = \frac{2(p_{02} - \sum_{k=1}^K C_k \beta_{k2}) - (p_{01} - \sum_{k=1}^K C_k \beta_{k1})}{3b}.$$

Из рисунка следует, что если одновременно выполняются неравенства $(q_2^* < \bar{q}_2) \wedge (q_1^* < \bar{q}_1)$, то точка равновесия находится внутри допустимой области и определяется из уравнения (2.15). Если $q_i^* > \bar{q}_i, i = 1, 2$, то координаты точки равновесия определяются из следующих уравнений:

$$q_i^* = \bar{q}_i, q_j^* = \frac{p_{0j} - \sum_{k=1}^K \Pi_k \beta_{kj}}{2b} - \frac{1}{2} \bar{q}_i, i, j = 1, 2, i \neq j. \quad (2.22)$$

2.2 Модель ценовой конкуренции на рынке

Проблема моделирования выбора ценовой стратегии при заданных целевых функциях участников рынка сводится к определению равновесных состояний и определению параметров устойчивости конкурентной среды.

Сформируем модель задачи определения цены по каждой модификации при условии максимизации прибыли. В случае ценовой конкуренции на функции спроса $q_{ij}(p), i = 1, n$, где p – вектор цен,

наложены следующие требования: $\frac{\partial q_i}{\partial p_i} < 0; \frac{\partial q_i}{\partial p_j} > 0; i, j = 1, n, i \neq j$, т.е.

чем выше цена на выпускаемые изделия i -ым производителем, тем меньше спрос на них, и чем выше цена изделия у конкурента, тем спрос на продукцию i -го производителя выше, данное условие является требованием к функциям спроса.

Пусть на рынке участвует « n » предприятий, выпускающих « m » различных модификаций производства, каждое предприятие заинтересовано в получении максимальной прибыли при известной функции спроса и известной функции затрат от объемов производства. Задача выбора конкурентной ценовой стратегии определяется в соответствии со следующей совокупностью уравнений:

$$\text{Пр}_i(p) = \sum_j^m [p_{ij} q_{ij}(p_{ij}, p_{-ij}) - c_{ij}(q_{ij})] \longrightarrow \max_{q_{ij}, p_{ij}}, i = 1, n,$$

$$q_{ij}(p_{ij}, p_{-ij}) = q_{0j} - a_{ij}^p p_{ij} + \sum_{s \neq i}^n k_{sj}^p p_{sj}, i = 1, n, j = 1, m, \quad (2.23)$$

$$c_{ij}(q_{ij}) = c_{ij}^q q_{ij}(p_{ij}),$$

где $\text{Pr}_i(p)$ – прибыль i -го производителя;

$q_{ij}(p_{ij}, p_{-ij})$ – функция спроса;

a_{ij}^p, k_{sj}^p – коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания функции спроса относительно изменения цен на продукцию i -го производителя и цен конкурентов;

$c_{ij}(q_{ij})$ – затраты на производство i -го предприятия по j -й модификации;

$p_{ij} = (p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{i-1j}, p_{i+1j}, \dots, p_{nj})$ – вектор обстановки по цене j -й модификации изделия для i -го производителя.

Высокая цена на собственную продукцию уменьшает спрос, и наоборот, с высокой ценой конкурентов спрос i -го производителя увеличивается.

В случае, если спрос превышает производственные возможности предприятия, выпускающего продукцию $q_{ij}(p_{ij}, p_{-ij}) > \overline{q_{\text{пр}}}$, то оптимальный выпуск соответствует текущему спросу и равен $q_{ij}(P) = \overline{q_{\text{пр}}}$

В такой ситуации предприятия определяют оптимальную конкурентную стратегию в соответствии с ограничениями на объем выпуска из допустимых значений. Область допустимых решений по выбору оптимальной цены на изделия, исходя из производственных возможностей предприятия, представлены следующей совокупностью неравенств:

$$\sum_{j=1}^m \beta_{ij}^k q_{ij} \leq M_{ki}, k = 1, K, i = 1, n,$$

$$\sum_{j=1}^m t_{ij}^g q_{ij} \leq T_{gi}, g = 1, G, i = 1, n,$$

$$\sum_j^m a_{ij}^s q_{ij} \leq A_{si}, s = 1, S, i = 1, n, \quad (2.24)$$

$$\sum_j^m w_{ij}^v q_{ij} \leq W_{vi}, v = 1, V, i = 1, n,$$

где $\beta_{ij}^k, t_{ij}^g, a_{ij}^s, w_{ij}^v$ – нормативы затрачиваемых ресурсов и материалов по видам i -м производителем на единицу j -го изделия;

M_{ki} – имеющиеся материалы;

T_{gi} – суммарная трудоемкость на выпуск изделий q_{ij} ;

A_{si} – общие площади производственных участков, необходимых для выпуска заданного объема;

W_{vi} – общее количество оснастки для формования.

Если $q_{ij}(p_{ij}, p_{-ij}) \leq \bar{q}_{np}$, то решение задачи определения равновесных стратегий по выбору цены изделия сводится к вычислению частных производных уравнений прибыли и последующему формированию системы уравнений относительно неизвестных цен на изделия при условии неотрицательных значений предполагаемых вариаций $\frac{\partial p_{ij}}{\partial p_{ik}} \leq 0; j, k = 1, m, j \neq k$.

Решение задачи определения равновесных стратегий по выбору цены изделия сводится к формированию следующей системы уравнений относительно неизвестных цен:

$$p_{ij}^0 = \frac{1}{2a_{ij}^p} \left[q_{0j} - a_{ij}^p p_{ij} + \sum_{s \neq i}^n k_{sj}^p p_{sj} \right] i = 1, n, j = 1, m. \quad (2.25)$$

Каждое уравнение (2.25) является линией реакции предприятия на ценовую стратегию, выбранную конкурентами.

Рассмотрим пример модели принятия решения по выбору цены предприятиями, выпускающими продукцию в условиях, когда на

рынке участвуют два предприятия, целевой функцией которых является обеспечение максимальной прибыли по отдельному сегменту, соответствующему определенной модификации ЛС:

$$\text{Пр}_i(p_i) = p_i q_i(p_i) - c_i(q_i) \longrightarrow \max,$$

$$q_i(p_i) = q_{i0} - a_i^p p_i + b_i^p p_j, i = 1, 2, \quad (2.26)$$

$$c_i(q_i) = c_i^q q_i(p), i = 1, 2,$$

где $\text{Пр}_i(p_i)$ – прибыль i -го производителя;

$q_i(p_i)$ – функция спроса;

$c_i(q_i)$ – затраты на производство одной единицы изделия;

a_i^p, b_i^p – коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания функции спроса относительно изменения цен на продукцию i -го производителя и цены конкурентов.

Взаимосвязанные через функцию спроса модели принятия решений (2.26) характеризуют конкурентные взаимодействия между двумя предприятиями на рынке. Каждый производитель определяет уровень цены на свою продукцию $p_1 > 0$ и $p_2 > 0$ в соответствии с условием максимизации прибыли. Задача предприятия по определению равновесной цены сводится к нахождению максимального значения прибыли при заданных функциях спроса и затрат. Необходимое условие существования максимума определяется из следующего неравенства:

$$\frac{\partial \text{Пр}_i(p)}{\partial p_i} = 0, i = 1, 2. \quad (2.27)$$

Подставив уравнения функции спроса и затрат в уравнение прибыли, получим следующую систему уравнений:

$$\text{Пр}_i(p_i) = p_i q_{i0} - p_i a_i^p p_i + p_i b_i^p p_j - c_i q_{i0} + c_i a_i^p p_i - c_i b_i^p p_j \longrightarrow \max, \quad (2.28)$$

$i = 1, 2.$

Исходя из условий максимума, вычислим частную производную прибыли и получим уравнение:

$$\frac{\partial \text{Пр}_i(p)}{\partial p_i} = q_{i0} - 2a_i^p p_i + b_i^p p_j + c_i a_i^p = 0, i = 1, 2. \quad (2.29)$$

Решение задачи определения равновесных стратегий по выбору цены изделия сводится к формированию и решению следующей системы уравнений относительно неизвестных цен:

$$p_i = \frac{1}{2a_i^p} (q_{i0} + c_i a_i^p + b_i^p p_j), i = 1, 2. \quad (2.30)$$

Каждое полученное уравнение (2.30) характеризует реакцию предприятия на выбранную конкурентом стратегию, в результате решения которой определяются равновесные значения цены по отдельной модификации ЛС для производителей в условиях дуополии.

Преобразуем систему к следующему виду:

$$\begin{cases} P_1 = \frac{q_{10} + c_1 a_1^p}{2a_1^p} + \frac{b_1^p}{2a_1^p} P_2, \\ P_2 = \frac{q_{20} + c_2 a_2^p}{2a_2^p} + \frac{b_2^p}{2a_2^p} P_1. \end{cases} \quad (2.31)$$

Решим данную систему относительно оптимальных цен:

$$P_1 = \frac{q_{10} + c_1 a_1^p}{2a_1^p} + \frac{b_1^p}{2a_1^p} \left(\frac{q_{20} + c_2 a_2^p}{2a_2^p} + \frac{b_2^p}{2a_2^p} P_1 \right). \quad (2.32)$$

Найдем равновесные значения цен, равновесная цена для 1-го и 2-го производителя:

$$p_1^E = \frac{2a_2^p(q_{10} + c_1a_1^p) + b_1^p(q_{20} + c_2a_2^p)}{4a_1^pa_2^p - b_1^pb_2^p}, \quad (2.33)$$

$$p_2^E = \frac{2a_1^p(q_{20} + c_2a_2^p) + b_2^p(q_{10} + c_1a_1^p)}{4a_1^pa_2^p - b_1^pb_2^p}. \quad (2.34)$$

Из уравнений (2.33) и (2.34), определяющих равновесные значения цен в условиях дуополии, следует, что равновесные значения цен для каждого участника рынка существуют, если одновременно выполняются следующие неравенства на параметры функции спроса и производственной системы по выпуску:

$$\{2a_2^p > b_2^p\} \wedge \{2a_1^p > b_1^p\}. \quad (2.35)$$

При выполнении неравенств (2.35) числители и знаменатели в каждом уравнении (2.33) и (2.34) становятся положительными числами, что обеспечивает неотрицательные значения цен по выпуску в точке равновесия. Экономический смысл неравенств (2.35) заключается в том, что для устойчивости конкурентного рынка по каждому наименованию изделий необходимо, чтобы влияние цены на спрос i -го производителя был не меньше, чем влияние цен конкурентов на этот спрос.

Точка E является точкой равновесия двух производителей с координатами (p_1^E, p_2^E) , определяется в месте пересечения линий реакций. Восходящий характер линий реакции означает растущую прибыль при увеличении производителями цены на выпускаемые изделия (рис. 2.3).

Равновесные значения цен, определяемые в соответствии с уравнениями (2.33) и (2.34), позволяют установить равновесные объемы выпуска. Так, подставив полученные равновесные цены p_1^E

и p_2^E в функцию спроса $q_1(p_1^E, p_2^E)$, $q_2(p_1^E, p_2^E)$, можно найти равновесные значения объемов выпуска $q_1(p_1^E)$, $q_2(p_2^E)$.

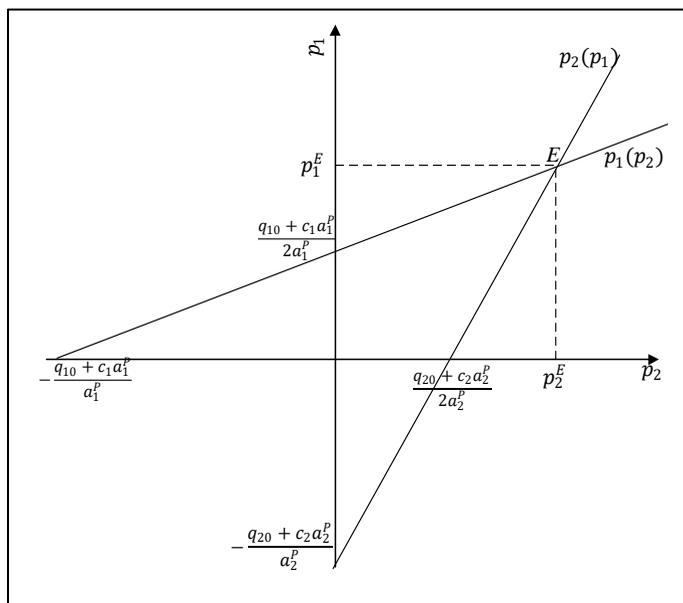


Рисунок 2.3 – Графическое решение определения равновесных цен в условиях ценовой конкуренции для двух участников

2.2.1 Числовой пример определения оптимальной цены на рынке

Проиллюстрируем полученные результаты на числовом примере. Пусть емкость рынка составляет

$$q_0 = q_{10} = q_{20} = 75,$$

коэффициенты

$$a_1^p = 1,1 \cdot 10^{-5}, a_2^p = 1,1 \cdot 10^{-5}, b_1^p = 3 \cdot 10^{-6}, b_2^p = 3 \cdot 10^{-6},$$

цены на продукцию

$$p_1, p_2,$$

себестоимость, производства первого и второго производителя:

$$c_1^q = 5,4 \cdot 10^6 \text{ руб.}, c_2^q = 5,5 \cdot 10^6.$$

Тогда функции спроса на выпускаемую продукцию первым и вторым предприятиями будут иметь вид:

$$q_1(p) = q_0 - a_1^p p_1 + b_1^p p_2 = 75 - 1,1 \cdot 10^{-5} p_1 + 3 \cdot 10^{-6} p_2,$$

$$q_2(p) = q_0 - a_2^p p_2 + b_2^p p_1 = 75 - 1,1 \cdot 10^{-5} p_2 + 3 \cdot 10^{-6} p_1.$$

При известной функции спроса каждым участником рынка модель задачи выбора уровня цены по условию максимизации прибыли имеет вид:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_1(p_1) &= p_1 (q_0 - a_1^p p_1 + b_1^p p_2) - c_1 (q_0 - a_1^p p_1 + b_1^p p_2) = \\ &= p_1 (75 - 1,1 \cdot 10^{-5} p_1 + 3 \cdot 10^{-6} p_2) - c_1 (75 - 1,1 \cdot 10^{-5} p_1 + 3 \cdot 10^{-6} p_2) \longrightarrow \max, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Пр}_2(p_2) &= p_2 (q_0 - a_2^p p_2 + b_2^p p_1) - c_2 (q_0 - a_2^p p_2 + b_2^p p_1) = \\ &= p_2 (75 - 1,1 \cdot 10^{-5} p_2 + 3 \cdot 10^{-6} p_1) - c_2 (75 - 1,1 \cdot 10^{-5} p_2 + 3 \cdot 10^{-6} p_1) \longrightarrow \max, \end{aligned}$$

Исходя из необходимых условий существования максимума, определим значения цен, обеспечивающие максимальную прибыль:

$$\frac{\partial \text{Пр}_1(p)}{\partial p_1} = q_{10} - 2a_1^p p_1 + b_1^p p_2 + c_1 a_1^p = 0,$$

$$\frac{\partial \text{Пр}_2(p)}{\partial p_2} = q_{20} - 2a_2^p p_2 + b_2^p p_1 + c_2 a_2^p = 0.$$

Решение задачи определения равновесных стратегий по выбору цены изделия сводится к формированию следующей системы уравнений относительно неизвестных цен:

$$p_1 = \frac{1}{2a_1^p} (q_0 + c_1 a_1^p + b_1^p p_2),$$

$$p_2 = \frac{1}{2a_2^p} (q_0 + c_2 a_2^p + b_2^p p_1).$$

Определим равновесные значения цен:

$$\begin{aligned} p_1^E &= \frac{2a_2^p (q_{10} + c_1 a_1^p) + b_1^p (q_{20} + c_2 a_2^p)}{4a_1^p a_2^p - b_1^p b_2^p} = \\ &= \frac{2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} (75 + 5,4 \cdot 10^6 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5}) + 3 \cdot 10^{-6} (75 + 5,5 \cdot 10^6 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5})}{4 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = \\ &= 7080631,5, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_2^E &= \frac{2a_2^p (q_{10} + c_1 a_1^p) + b_1^p (q_{20} + c_2 a_2^p)}{4a_1^p a_2^p - b_1^p b_2^p} = \\ &= \frac{2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} (75 + 5,5 \cdot 10^6 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5}) + 3 \cdot 10^{-6} (75 + 5,4 \cdot 10^6 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5})}{4 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = \\ &= 7124631,5. \end{aligned}$$

Подставим равновесные значения цен в функцию спроса и определим равновесный уровень объема выпуска для каждого производителя:

$$\begin{aligned} q_1^E(p) &= q_0 - a_1^p p_1 + b_1^p p_2 = \\ &= 80 - 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 7080631,5 + 3 \cdot 10^{-6} \cdot 7124631,5 = 18, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2^E(p) &= q_0 - a_2^p p_2 + b_2^p p_1 = \\ &= 80 - 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 7124631,5 + 3 \cdot 10^{-6} \cdot 7080631,5 = 17. \end{aligned}$$

Определим равновесные значения прибыли производителей:

$$\text{Пр}_1^E(p_1) = 7080631,5 \cdot 18 - 5,4 \cdot 10^6 \cdot 18 = 23800000,$$

$$\text{Пр}_2^E(p_2) = 7124631,5 \cdot 17 - 5,4 \cdot 10^6 \cdot 17 = 21420000.$$

В условиях ценовой конкуренции в случае дуополии, при известных функциях спроса на продукцию, в результате конкурентного взаимодействия равновесие на рынке достигается при значениях цен $p_1 = 7080631,5$ и $p_2 = 7124631,5$ и объемах выпуска $q_1 = 18, q_2 = 17$.

В данном случае цена у первого предприятия ниже, чем цена у конкурента, что обеспечивает больший объем выпуска и, как следствие, большую прибыль: $\text{Пр}_1 = 23800000$, $\text{Пр}_2 = 21420000$. Снижение цены у первого предприятия возможно ввиду меньших издержек на производство одной единицы продукции.

2.3 Модель конкуренции по качеству изделия

Одним из главных факторов, оказывающих влияние на объем спроса является качество выпускаемых изделий. Потребители, определяющие спрос высокотехнологичной отрасли, практически всегда различают конкурентные предложения, сравнивая не только цены, но также и совокупность потребительских характеристик, т.е. качество изделий.

Понятие качество довольно обширно и включает в себя отражение многих аспектов выпускаемой продукции. Глобально показатели качества можно разделить на две группы: технические и экономические. По функциональным свойствам к группе технических показателей можно отнести: показатели производительности, показатели эффективности, конструктивные показатели. К экономическим показателям в первую очередь относятся: цена, себестоимость

и прибыль. С точки зрения потребителя, важным экономическим показателем качества является стоимость эксплуатации.

Высокотехнологичное и наукоемкое производство в условиях глобализации, усиливающейся динамики рынка и растущей конкуренции ставит приоритетной задачей повышения качества выпускаемых изделий для поддержания достаточного уровня конкурентоспособности.

Уровень технического качества продукции зависит от выбранной производителем материальной базы, подобранного персонала, соблюдения технических требований, применения передовых технологий. В этой связи возникает актуальная проблема оценки влияния летного качества на принимаемые решения по выбору конкурентной стратегии предприятиями. Исходя из анализа конкурентной среды, производители могут определять оптимальные значения качества и на этой основе формировать стратегию производственного развития, определяя при этом оптимальные объемы инвестиций.

Рассмотрим поведение производителя в условиях неценовой конкуренции. Если на рынке существует конкуренция по уровню качества изделия, характеризующего технологичность производственной системы, качество используемого сырья, материалов и оборудования, то для существования равновесных устойчивых стратегий по выбору объемов выпуска функция спроса $q_i(\omega)$, $i=1, n$, где ω – вектор уровня качества изделий, должна удовлетворять следующим требованиям: с увеличением уровня качества изделий i -ой фирмы спрос $q_i(\omega)$ возрастает, а с увеличением качества изделий конкурента функция спроса i -ой фирмы убывает, т.е. для любых значений ω_i и ω_j функция спроса $q_i(\omega)$, $i=1, n$ возрастает по ω_i , $i=1, n$, и убывает по ω_j .

В соответствии с введенным предположением, чем выше уровень качества изделий i -го производителя, и чем ниже уровень качества изделий конкурента, тем выше спрос i -го производителя.

Предположим, что цена продукции и ее уровень качества зависят в соответствии со следующей функцией:

$$p_{ij}(\omega_i) = p_{i0} + \gamma_{ij}\omega_{ij}, i = 1, n, j = 1, m, \quad (2.36)$$

где $\gamma_{ij} > 0$ – скорость изменения цены;

p_{i0} – начальная цена.

Положительная зависимость означает что с ростом уровня летного качества увеличивается и стоимость изделия, что может быть вызвано ростом спроса на изделия.

Изменения в производственном процессе направленные на повышение качества, связаны с дополнительными затратами, поэтому функция затрат примет вид

$$c_{ij}(q_i, \omega_i) = c_{ij}^q q_{ij}(\omega) + c_{ij}^\omega \omega_{ij}, i = 1, n, j = 1, m, \quad (2.37)$$

где c_{ij}^q – себестоимость изготовления i -м производителем j -й модификации изделия;

c_{ij}^ω – коэффициент затрат на изменение летного качества.

Критерий эффективности определяется разностью дохода и затрат, тогда оптимизационная задача принимает вид максимизации данного критерия. При известной функции спроса $q_{ij}(\omega), i = 1, n, j = 1, m$ на каждую модификацию продукции в случае конкуренции по уровню летного качества, известной функции цены $p_{ij}(\omega_i), i = 1, n, j = 1, m$ и известной функции затрат $c_{ij}(q_i, \omega_i), i = 1, n, j = 1, m$ задача выбора конкурентной стратегии определяется из следующей совокупности моделей принятия решений:

$$\text{Pr}_i(\omega) = p_{ij}(\omega_{ij})q_{ij}(\omega) - c_{ij}(q_{ij}, \omega_{ij}) \longrightarrow \max, i = 1, n, j = 1, m,$$

$$q_{ij}(\omega) = q_0 + a_{ij}^{\omega} \omega_i - \sum_{s \neq j}^n k_{sj}^{\omega} \omega_{sj}, i = 1, n, j = 1, m,$$

$$p_{ij}(\omega_i) = p_{i0} + \gamma_{ij} \omega_{ij}, i = 1, n, j = 1, m, \quad (2.38)$$

$$c_{ij}(q_{ij}, \omega_{ij}) = c_{ij}^q q_{ij}(\omega) + c_{ij}^{\omega} \omega_{ij}, i = 1, n, j = 1, m,$$

где $\text{Пр}_i(\omega)$ – прибыль i -го производителя;

$q_{ij}(\omega)$ – функция спроса;

$c_{ij}(q_{ij}, \omega_{ij})$ – затраты на производство i -го производителя по j -й модификации;

$p_{ij}(\omega_i)$ – цена j -й модификации изделия для i -го производителя;

$a_{ij}^{\omega}, k_{sj}^{\omega}$ – коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания функции спроса относительно изменения уровня качества изделий i -го производителя и качества конкурентов.

При низком уровне качества на собственную продукцию спрос уменьшается, и также уменьшается с высоким уровнем качества изделий у конкурента.

Решение задачи определения равновесных стратегий по выбору качества изделия сводится к вычислению частных производных прибыли и формированию следующей системы уравнений относительно неизвестных параметров качества:

$$\omega_{ij}^0 = \frac{1}{\gamma_{ij} a_{ij}^{\omega}} \left[\gamma_{ij} \sum_{s \neq j}^n k_{sj}^{\omega} \omega_{sj} + c_{ij}^{\omega} - a_{ij}^{\omega} (p_{i0} - c_{ij}^q) - \gamma_{ij} q_0 \right], i = 1, n, j = 1, m. \quad (2.39)$$

Таким образом, решение задачи по выбору конкурентных стратегий по уровню качества с позиции оптимизации прибыли сводится к решению системы уравнений (2.39).

Рассмотрим решение задачи по выбору оптимальной конкурентной стратегии по уровню качества в условиях дуополии:

$$\text{Пр}_i(\omega) = p_i(\omega_i)q_i(\omega) - c_i(q_i, \omega_i) \longrightarrow \max, i = 1, 2,$$

$$q_i(\omega) = q_0 + a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j, i = 1, 2,$$

$$p_i(\omega_i) = p_{i0} + \gamma_i \omega_i, i = 1, 2, \quad (2.40)$$

$$c_i(q_i, \omega_i) = (c_i^q - h_i^\omega \omega_i)q_i(\omega) + c_i^\omega \omega_i, i = 1, 2,$$

где $\text{Пр}_i(\omega)$ – прибыль i -го производителя;

$q_i(\omega)$ – функция спроса;

$c_i(q_i, \omega_i)$ – затраты на производство одной модификации изделия;

a_i^ω, b_i^ω – коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания функции спроса относительно изменения уровня качества продукции i -го производителя и качества у изделий конкурентов.

Подставим функции спроса, цены и затрат в уравнение прибыли, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_i(\omega) = & (p_{i0} + \gamma_i \omega_i)(q_0 + a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j) - \\ & - (c_i^q - h_i^\omega \omega_i)(q_0 + a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j) - c_i^\omega \longrightarrow \max, i, j = 1, 2, i \neq j. \end{aligned} \quad (2.41)$$

Преобразуем данное уравнение прибыли:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_i(\omega) = & \gamma_i a_i^\omega \omega_i^2 + h_i^\omega a_i^\omega \omega_i^2 - \gamma_i \omega_i b_i^\omega \omega_j - h_i^\omega \omega_i b_i^\omega \omega_j - c_i^q a_i^\omega \omega_i + \\ & + p_{i0} a_i^\omega \omega_i + c_i^q b_i^\omega \omega_j - p_{i0} b_i^\omega \omega_j + \gamma_i \omega_i q_0 + h_i^\omega \omega_i q_0 - c_i^\omega \omega_i - c_i^q q_0 + p_{i0} q_0. \end{aligned} \quad (2.42)$$

Необходимое условие существования максимума определяется в соответствии со следующим неравенством:

$$\frac{\partial \text{Пр}_i(\omega)}{\partial \omega_i} = 0. \quad (2.43)$$

Исходя из условий максимума, вычислим частную производную прибыли:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \text{Пр}_i(\omega)}{\partial \omega_i} = & \gamma_i (a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j + q_0) + a_i^\omega (\gamma_i \omega_i + p_{i0}) + \\ & + h_i^\omega (a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j + q_0) - a_i^\omega (c_i^q - h_i^\omega \omega_i) - c_i^\omega. \end{aligned} \quad (2.44)$$

Определение равновесных стратегий по выбору уровня летного качества сводится к формированию системы уравнений относительно неизвестных показателей уровня летного качества и принимает вид:

$$\omega_i = \frac{a_i^\omega c_i^q - a_i^\omega p_{i0} - \gamma_i q_0 - h_i^\omega q_0 + c_i^\omega}{2a_i^\omega (\gamma_i + h_i^\omega)} + \frac{\gamma_i b_i^\omega + h_i^\omega b_i^\omega}{2a_i^\omega (\gamma_i + h_i^\omega)} \omega_j \quad (2.45)$$

Произведем замену частей уравнения:

$$\begin{aligned} A_i &= a_i^\omega c_i^q - a_i^\omega p_{i0} - \gamma_i q_0 - h_i^\omega q_0 + c_i^\omega, i=1,2, \\ B_i &= \gamma_i b_i^\omega + h_i^\omega b_i^\omega, i=1,2, \\ C_i &= a_i^\omega (\gamma_i + h_i^\omega), i=1,2. \end{aligned} \quad (2.46)$$

Подставим новые переменные в систему уравнений:

$$\begin{cases} \omega_1 = \frac{A_1}{2C_1} + \frac{B_1}{2C_1} \omega_2, \\ \omega_2 = \frac{A_2}{2C_2} + \frac{B_2}{2C_2} \omega_1. \end{cases} \quad (2.47)$$

На рисунке 2.4 представлено графическое решение нахождения равновесных значений при неценовой по уровню качества конкуренции.

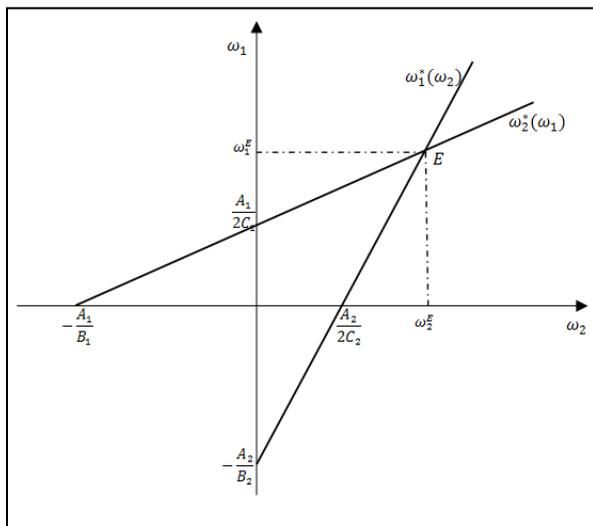


Рисунок 2.4— Решение задачи определения равновесных значений по уровню качества

Пересечение линий реакции на выбранные стратегии конкурентов по уровню летного качества между производителями является точкой равновесия с координатами $E(\omega_2^0, \omega_1^0)$.

Найдем равновесные значения уровней качества:

$$\omega_1 = \frac{A_1}{2C_1} + \frac{B_1}{2C_1} \left(\frac{A_2}{2C_2} + \frac{B_2}{2C_2} \omega_1 \right). \quad (2.48)$$

Равновесное значение уровня качества для 1-го производителя:

$$\omega_1^E = \frac{2C_2 A_1 + B_1 A_2}{4C_1 C_2 - B_1 B_2}. \quad (2.49)$$

Равновесное значение уровня летного качества для 2-го производителя:

$$\omega_2^E = \frac{2C_1A_2 + B_2A_1}{4C_1C_2 - B_1B_2}. \quad (2.50)$$

Из уравнений, определяющих равновесные значения уровня летного качества (2.50) в условиях дуополии следует, что равновесные значения цен для каждого участника рынка существуют, если выполняются одновременно следующие неравенства:

$$\{2C_2 > B_2\} \wedge \{2C_1 > B_1\} \wedge \{A_2, A_1 > 0\}. \quad (2.51)$$

При выполнении неравенств (2.51) числители и знаменатели в каждом уравнении (2.50) становятся положительными числами, что обеспечивает неотрицательные значения показателей летного качества продукции в точке равновесия.

Влияние качества собственных изделий на спрос должно быть больше влияния на этот спрос значения летного качества у конкурентов – это соответствует первой и второй части неравенства. Исходя из третьей и четвертой частей следует, что издержки на повышение качества должны быть больше цены, что говорит о необходимости дополнительных инвестиций, больших по объему, чем прибыль. Данное условие может быть достигнуто введением в модель дополнительного инвестиционного параметра, который обеспечит положительное значение прибыли.

ГЛАВА 3

3.1 Имитационная модель объемной конкуренции

В данном разделе представлено руководство по применению на примере компьютерного динамического имитационного моделирования, в целях обеспечения обоснования адекватности и достоверности полученных результатов в предыдущих разделах с помощью программного пакета Matlab Simulink. Использование дискретных моделей механизмов конкурентного взаимодействия совместно с компьютерными алгоритмами, как инструментов обоснованного выбора механизмов, обеспечивает также устойчивость процессов конкурентного взаимодействия между производителями и эффективность функционирования каждого предприятия.

Представим в начале статическую модель задачи выбора оптимального объема производства продукции для двух производителей в соответствии с рассмотренными ранее моделями в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{Pr}_i(q) = P(Q(q))q_i - c_i(q_i) &\longrightarrow \max, i = 1, 2, \\ Q(q) &= q_1 + q_2, \\ P(Q) &= p_0 - b(q_1 + q_2), \\ c_i(q_i) &= c_{0i} + c_i q_i, \\ 0 \leq q_i^* &\leq \bar{q}_i, i = 1, 2, \end{aligned} \tag{3.1}$$

где $\text{Pr}_i(q)$ – прибыль i -го производителя по выпуску одной модификации;

$P(Q)$ – цена изделия, характеризующая обратную функцию спроса на модификацию изделия;

p_0 – цена при нулевом объеме продаж производителей;

$b > 0$ – коэффициент чувствительности цены изделия к изменению суммарного объема предложения изделий $Q = q_1 + q_2$;

$c_i(q_i)$ – издержки i -го производителя на производство в объеме q_i .

Выбор оптимального объема производства при условии равных удельных затрат ($c_1=c_2=c_0$) определяются в соответствии со следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} q_1^* = \frac{p_0 - c_1}{2b} - \frac{1}{2} q_2^*, \\ q_2^* = \frac{p_0 - c_2}{2b} - \frac{1}{2} q_1^*. \end{cases} \quad (3.2)$$

Как следует из полученной системы уравнений, объем производства, выбираемый каждым участником рынка, зависит от параметров функции спроса, количества производителей на рынке, начальной цены. Иными словами, объем производства, который выбирают производители, зависит от параметров модели механизма рыночного взаимодействия. Для исследования динамических параметров конкурентного взаимодействия производителей на рынке представим систему уравнений (3.2) в дискретном виде:

$$\begin{cases} q_1^*(t+1) = \frac{p_0 - c_1}{2b} - \frac{1}{2} q_2^*(t), \\ q_2^*(t+1) = \frac{p_0 - c_2}{2b} - \frac{1}{2} q_1^*(t). \end{cases} \quad (3.3)$$

На рисунке 3.1 представлен компьютерный алгоритм имитационной динамической модели, с помощью которой осуществляется решение системы уравнений (3.3). Данная имитационная модель сформирована при следующих исходных данных:

$p_0=7 \cdot 10^6$ руб./шт. – начальная цена,

$c_0=6 \cdot 10^6$ руб./шт. – издержки,

$b_0=5 \cdot 10^3$ руб./шт² – чувствительность цены,

$q_1=100$ шт., $q_2=50$ шт. – начальные условия объемов выпуска Предприятия 1 и 2 соответственно.

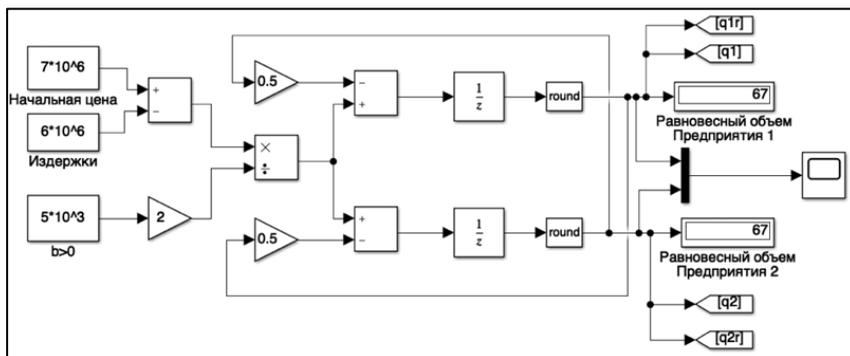


Рисунок 3.1 – Алгоритм формирования компьютерной динамической имитационной модели механизма конкурентного взаимодействия на рынке

В таблице номер 3.1 представлен список стандартных блоков из электронной библиотеки Simulink, использованных в алгоритме решения компьютерной динамической имитационной модели.

С помощью библиотечного браузера найдем необходимые блоки и перенесем их в рабочую область модели. Ввод исходных данных осуществляется путем открытия меню параметров блока оператора двойным кликом. После ввода исходных данных для всех операторов, необходимо запустить имитацию.

Таблица 3.1 – Список операторов Simulink

№	Наименование блока	
1	Constant	Постоянное значение
2	Gain	Усиление
3	Divide	Деления
4	Add	Сумматор
5	UnitDelay	Интегрирования дискретного
6	Scope	Осциллограф
7	Display	Цифровой дисплей
8	Round	Округление

На рисунке 3.2 представлены траектории изменения объемов производства, выбираемых участниками рынка в процессе конкурентного взаимодействия. Сплошная линия показывает траекторию производства первого производителя, пунктирная линия – второго производителя.

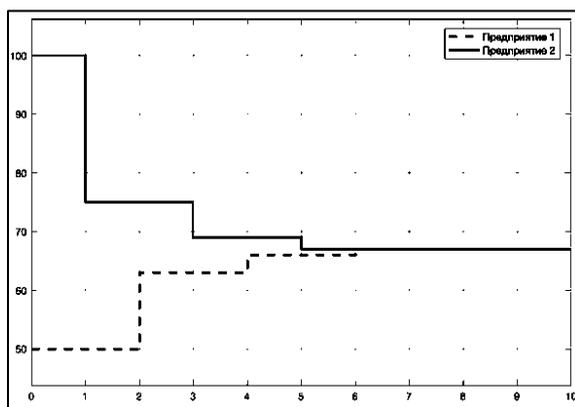


Рисунок 3.2 – Траектория выбора объемов производства

Исходя из результатов моделирования, начальный объем производства, который выбрало Предприятие 1 – $q_1 = 50$ шт., начальный объем Предприятия 2 – $q_2 = 100$ шт., в ходе итерационного

взаимодействия объем каждого участника устанавливается в равновесном значении $q^* = 67$ шт., что свидетельствует об устойчивости механизма конкурентного взаимодействия. Данное значение возможно ввиду того, что производители находятся в равных условиях, имея одинаковые издержки. Подставляя значения производственных объемов $q_1(t), q_2(t)$ выпуска в функцию спроса $P(t) = p_0 - b(q_1(t) + q_2(t))$, определим траекторию изменения рыночной цены. Для этого сформируем алгоритм решения компьютерной имитационной модели, позволяющий определить траекторию изменения рыночной цены в процессе конкурентного взаимодействия между двумя производителями (рисунок 3.3).

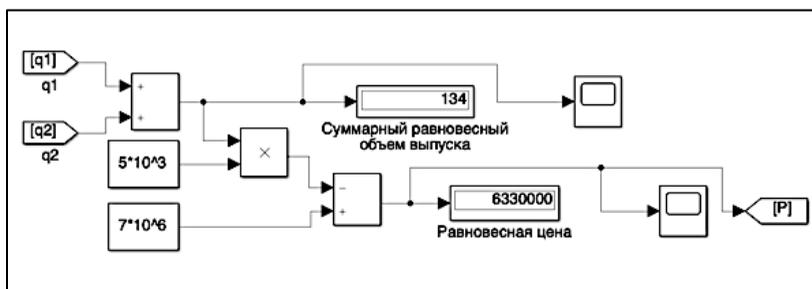


Рисунок 3.3 – Алгоритм решения компьютерной динамической имитационной модели формирования рыночной цены

Рисунок 3.4 иллюстрирует траекторию изменения рыночной цены в процессе конкурентного взаимодействия двух производителей. Анализ представленного рисунка свидетельствует о том, что цена достигла равновесного значения $p^* = 6330000$ руб./шт.

Определим суммарный объем выпуска двумя производителями и его траекторию с использованием результатов решения имитационной динамической модели по определению объемов производства каждым участником представленных на рисунке 3.5.

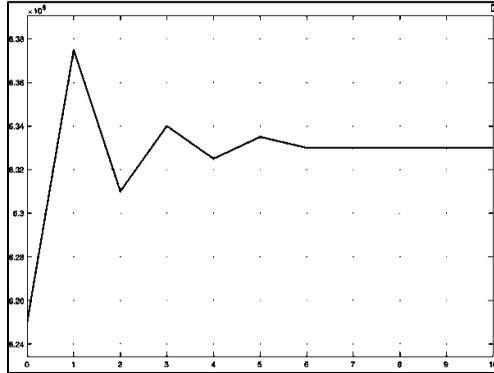


Рисунок 3.4 – Траектория изменения рыночной цены в процессе взаимодействия агентов

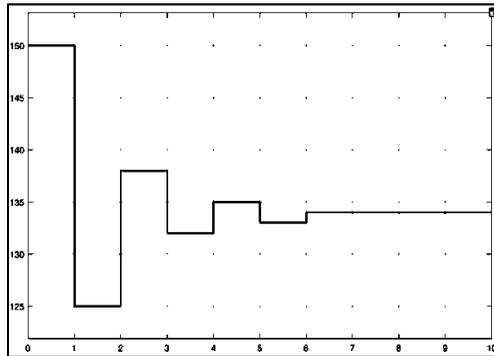


Рисунок 3.5 – Траектория изменения суммарного объема выпуска

На рисунке 3.5 показано, что общий объем выпуска изделий на рынке достигает равновесного значения $Q(t)=134$ шт.

На рисунке 3.6 представлен компьютерный алгоритм решения, позволяющий определить доход, получаемый каждым из двух производителей в процессе конкурентного взаимодействия. Объемы производства предприятий, а также рыночная цена являются входными данными рассматриваемой имитационной модели.

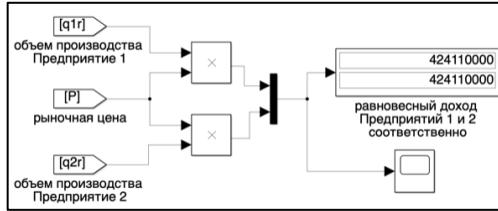


Рисунок 3.6 – Модель определения валового дохода

На рисунке 3.7 изображен график изменения во времени, получаемого каждым производителем валового дохода от продажи продукции. Сплошная линия показывает динамику дохода первого производителя, пунктирная линия – динамику дохода второго производителя.

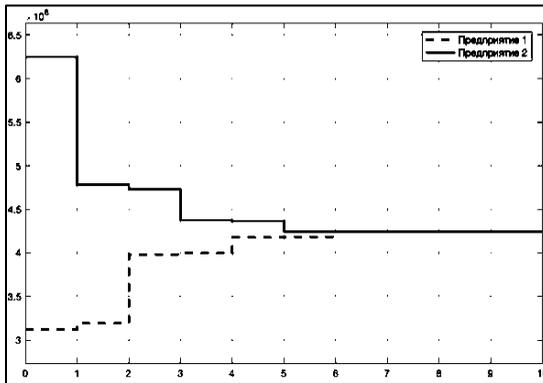


Рисунок 3.7 – Траектория изменения валового дохода предприятий

Анализ графика показывает, что доход первого производителя увеличивается, а доход второго производителя уменьшается, и в результате конкурентного взаимодействия доход достигает равновесного значения $TR_1(t) = TR_2(t) = 424110000$ руб. Как можно заметить, в состоянии равновесия доходы предприятий равны между собой,

это объясняется одинаковыми объемами производства и ценой в условиях рыночного равновесия.

Рассмотрим дискретную динамическую модель задачи выбора предприятиями конкурентных стратегий при условии различных себестоимостей изделий. На рисунке 3.8 представлен алгоритм решения компьютерной динамической имитационной модели, которая учитывает различные величины затрат у производителей, связанных с выпуском изделий.

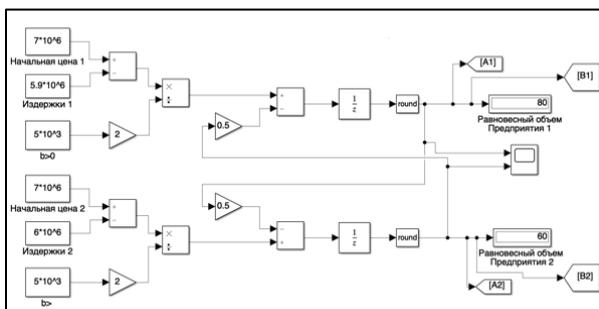


Рисунок 3.8 – Имитационная модель объемной конкуренции

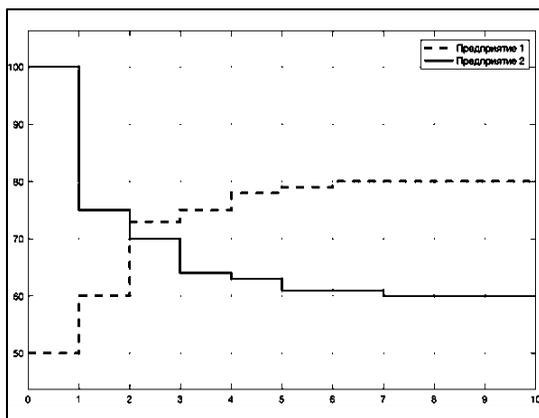


Рисунок 3.9 – Траектория изменения объемов производства

Пунктирной линией показана траектория изменения объема выпуска первого предприятия, сплошной линией – второго предприятия. Предприятие 2 выпускает меньше изделий. Это становится возможным благодаря меньшим затратам у первого производителя на производство относительно второго производителя, данное конкурентное преимущество влияет на возможность увеличения объемов производства предприятием 1.

С использованием данных решения модели, изображенной на рисунке 3.3, построен график изменения рыночной равновесной цены, представленный на рисунке 3.10. Исходя из данных рассматриваемого рисунка, можно сделать вывод о том, что рыночная цена приняла значение, равное 6 300 000 руб./шт.

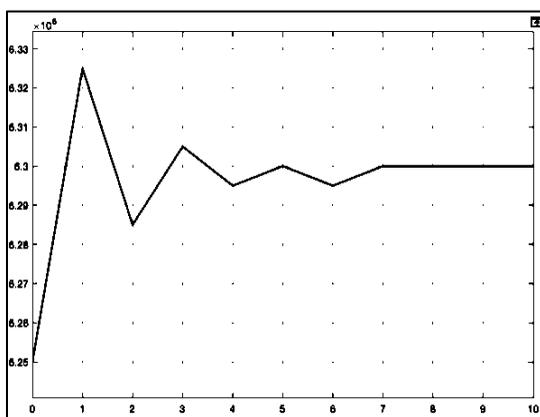


Рисунок 3.10 – Траектория изменения рыночной цены

Исходя из данных динамической имитационной модели, которая представлена на рисунке 3.3 и 3.11, с учетом различных удельных затрат каждого производителя определим траекторию изменения суммарного объема производства на рынке.

Рисунок 3.11 показывает, что величина суммарного объема выпуска изделий на рынке достигает значения, равного 140 единицам.

В случае одинаковых затрат на выпуск продукции равновесное значение суммарного объема выпуска меньше.

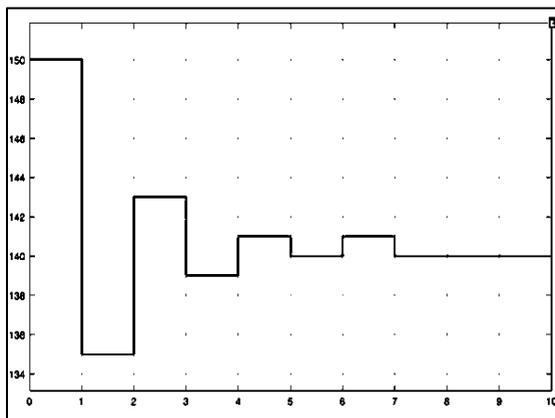


Рисунок 3.11 – Траектория изменения суммарного объема выпуска

Исходя из данных рисунка 3.12, можно заметить, что доход первого производителя увеличился в то время, как доход второго рыночного агента уменьшился. Равновесное значение валового дохода Предприятия 1 равно 504 000 000 руб., а валовый доход Предприятия 2 равен 378 000 000 руб.

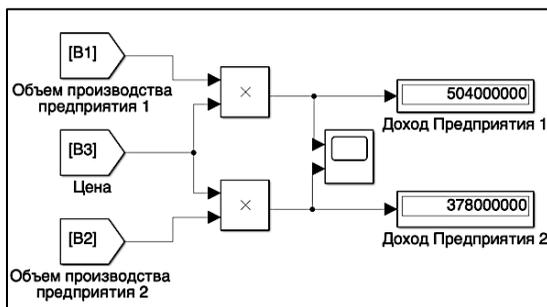


Рисунок 3.12 – Алгоритм определения равновесного валового дохода

Траектория изменения общего дохода двух производителей, получаемого в процессе выпуска, представлена на рисунке 3.13. Валовой доход в данном случае рассчитывается с учетом затрат, рассчитанных с помощью алгоритма решения динамической имитационной модели, представленной на рисунке 3.13. Сплошной линией показана динамика изменения дохода второго предприятия, пунктирной линией – первого предприятия.

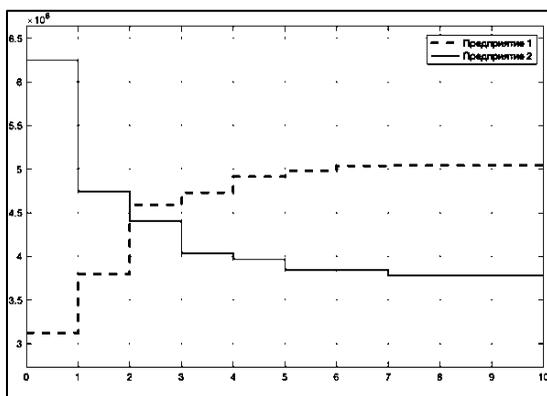


Рисунок 3.13 – Траектории изменения объема валового дохода получаемого каждым производителем

Такую разницу по величине валового дохода у каждого предприятия можно объяснить тем, что различны затраты на производство изделий на рынке. Производство изделий у второго предприятия дороже, чем у первого, и поэтому его доходы ниже.

Таким образом, расчеты, проведенные по динамической имитационной модели конкурентного взаимодействия двух производителей на рынке, дают возможность определить динамику изменения параметров механизма рыночного взаимодействия. Кроме этого, данная модель позволяет оценить равновесное состояние по объему выпуска каждым предприятием $q_1(t)$ и $q_2(t)$, равновесной

рыночной цены p^* , суммарному объему производства $Q(t)$ и объемам валового дохода, получаемого каждым производителем от продажи продукции.

3.2 Имитационная модель ценовой конкуренции

Проблема моделирования выбора ценовой стратегии при заданных целевых функциях участников рынка сводится к определению равновесных состояний и параметров устойчивости конкурентной среды. Модель принятия решения по выбору цены предприятиями, когда на рынке участвуют два предприятия, целевой функцией которых является обеспечение максимальной прибыли:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_i(p_i) &= p_i q_i(p_i) - c_i(q_i) \longrightarrow \max, \\ q_i(p_i) &= q_{i0} - a_i^p p_i + b_i^p p_j, i = 1, 2, \\ c_i(q_i) &= c_i^q q_i(p), i = 1, 2, \end{aligned} \quad (3.4)$$

где $\text{Пр}_i(p_i)$ – прибыль i -го производителя;

$q_i(p_i)$ – функция спроса;

$c_i(q_i)$ – затраты на производство одной единицы изделия;

a_i^p, b_i^p – коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания функции спроса относительно изменения цен на продукцию i -го производителя и цены конкурентов.

Взаимосвязанные через функцию спроса модели принятия решений (3.4) характеризуют конкурентные взаимодействия между двумя предприятиями на рынке. Каждый производитель определяет уровень цены на свою продукцию $p_1 > 0$ и $p_2 > 0$ в соответствии с условием максимизации прибыли. Задача предприятия по опреде-

лению равновесной цены сводится к нахождению максимального значения прибыли при заданных функциях спроса и затрат. Необходимое условие существования максимума определяется из следующего неравенства:

$$\frac{\partial \Pi_i(p)}{\partial p_i} = 0, i=1,2. \quad (3.5)$$

Решение задачи определения равновесных стратегий по выбору цены изделия сводится к формированию и решению следующей системы уравнений относительно неизвестных цен.

Преобразуем систему к следующему виду:

$$\begin{cases} P_1 = \frac{q_0 + c_1 a_1^p}{2a_1^p} + \frac{b_1^p}{2a_1^p} P_2, \\ P_2 = \frac{q_0 + c_2 a_2^p}{2a_2^p} + \frac{b_2^p}{2a_2^p} P_1. \end{cases} \quad (3.6)$$

На основании системы уравнений полученных, как линии реакции участников рыночного взаимодействия для создания имитационной модели конкурентного взаимодействия, сформируйте дискретную систему уравнений:

$$\begin{cases} P_1(t+1) = \frac{q_0 + c_1 a_1^p}{2a_1^p} + \frac{b_1^p}{2a_1^p} P_2(t), \\ P_2(t+1) = \frac{q_0 + c_2 a_2^p}{2a_2^p} + \frac{b_2^p}{2a_2^p} P_1(t). \end{cases} \quad (3.7)$$

На рисунке 3.14 представлен компьютерный алгоритм имитационной динамической модели, с помощью которой осуществляется решение системы уравнений (3.7).

Данная имитационная модель сформирована с использованием программного пакета Simulink (MatLab), при следующих исходных данных: $q_0 = 50; a_1^p = a_2^p = 0,95 \cdot 10^{-5}; b_1^p = b_2^p = 5,5 \cdot 10^{-6}; c_1^q = 5,8 \cdot 10^6$.

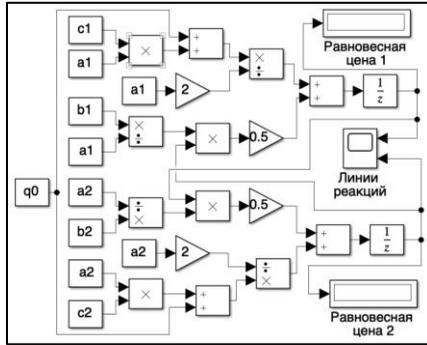


Рисунок 3.14 – Имитационная модель ценовой конкуренции

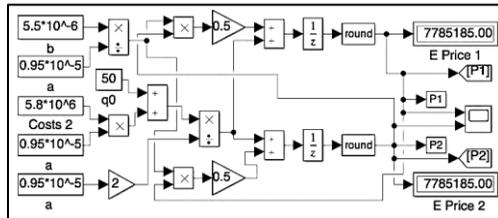


Рисунок 3.15 – Имитационная модель ценовой конкуренции

На рисунке 3.16 представлены траектории изменения цен, выбираемых участниками рынка в процессе конкурентного взаимодействия. Пунктирная линия показывает траекторию производства компании 1, сплошная линия – компании 2.

В результате конкурентного взаимодействия фирмы производители выбирают оптимальные цены в ответ на выбранные цены на свою продукцию конкурентами.

В качестве начальной цены компания 1 назначает 9 000 000 руб. компания номер 2 выбирает цену равную 7 000 000 руб. В случае если компании несут одинаковые издержки при производстве и влияние цен на спрос каждого участника также одинаковое, то на двенадцатом шаге равновесная рыночная цена становится равной у обеих компаний и устанавливается на уровне 7 785 185 руб.

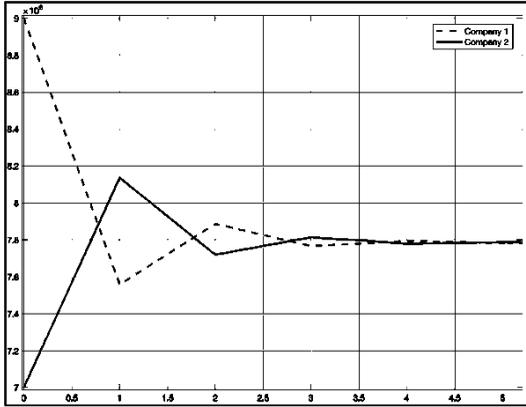


Рисунок 3.16 – График выбора цен

Подставляя значения цен $p_1(t), p_2(t)$ в функцию спроса $q_1(t) = q_0 - a_1^p p_1(t) + b_1^p p_2(t)$, определим траекторию изменения объемов. Для этого сформируем алгоритм решения компьютерной имитационной модели, позволяющий определить траекторию изменения рыночного объема в процессе конкурентного взаимодействия между двумя компаниями (рисунок 3.17).

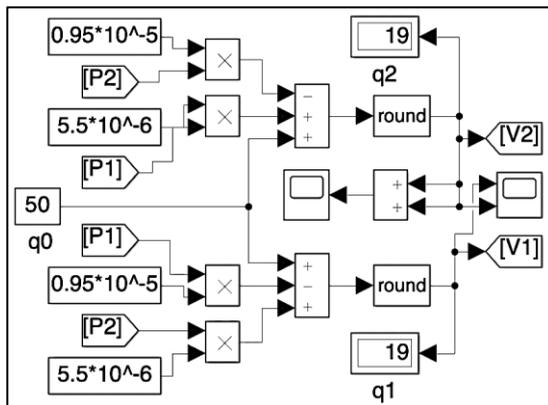


Рисунок 3.17 – Алгоритм определения объемов производства

Рисунок 3.18 иллюстрирует траекторию изменения рыночного объема выпуска в процессе конкурентного взаимодействия двух компаний по производству. Анализ представленного рисунка свидетельствует о том, что объем достиг равновесного значения $q_E = q_1 = q_2 = 19$ шт.

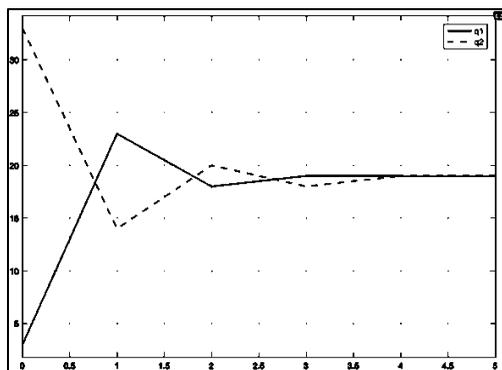


Рисунок 3.18 – График изменения объема выпуска в процессе взаимодействия компаний

Определим суммарный объем выпуска двумя производителями и его траекторию с использованием результатов решения имитационной динамической модели по определению объемов производства каждым участником представленных на рисунке 3.18. Соответственно, общий объем выпуска изделий на рынке достигает равновесного значения $Q(t)=38$ шт.

Объемы производства предприятий, а также рыночная цена являются входными данными рассматриваемой имитационной модели. На дисплее данной модели отображаются равновесные значения валового дохода и прибыли каждой компании. Так как параметры спроса и затраты на производство у обоих производителей одинаковые, значения дохода и прибыли в точке равновесия равны и составляют 147 918 515 и 37 718 515 руб. соответственно (рисунок 3.19).

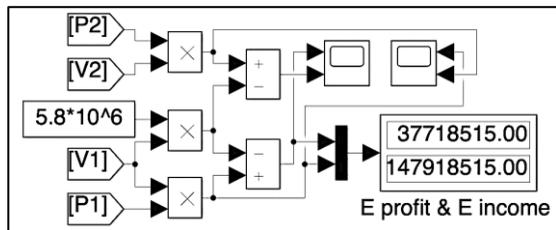


Рисунок 3.19 – Модель определения валового дохода и прибыли

На рисунке 3.201 изображен график изменения во времени, получаемого каждым производителем валового дохода от продажи продукции, сплошная линия показывает динамику показателей первой компании, пунктирная линия – динамику показателей второй компании.

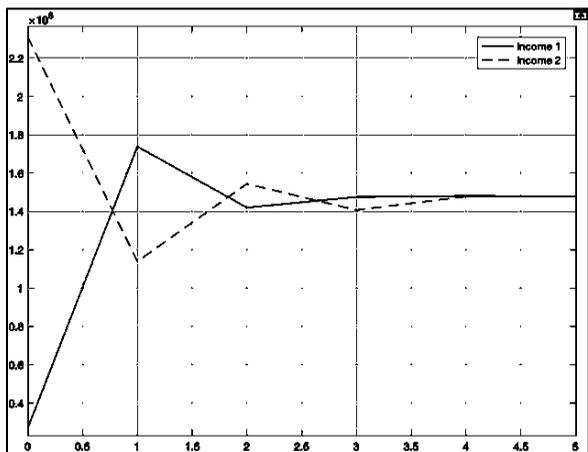


Рисунок 3.20 – График изменения валового дохода компаний

Анализ рисунка 3.20 показывает, что доход компании 1 резко возрастает в начале конкурентного взаимодействия и затем стабилизируется на уровне равновесного значения. Доход компании 2

наоборот на первом шаге сильно сокращается, но уже на четвертом шаге стабилизируется вблизи равновесного значения. Следует отметить, что прибыль второго производителя в начале взаимодействия достигает отрицательного значения равного – 19 484 212 руб., но в результате конкуренции на втором шаге становится положительной и выравнивается к четвертой итерации, приближаясь к равновесному значению.

Рассмотрим дискретную динамическую модель задачи выбора предприятиями конкурентных стратегий при условии различных параметров спроса на изделия и себестоимости производства.

На рисунке 3.21 представлен алгоритм решения компьютерной динамической имитационной модели, которая учитывает различные величины затрат у производителей, связанных с выпуском изделий, и различные коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания спроса.

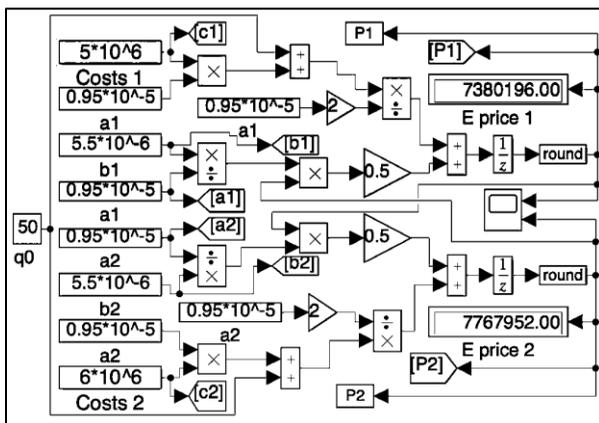


Рисунок – 3.21 Модель конкуренции с разными издержками

Исходные данные для этой модели:

$$q_0 = 50; a_1^p = a_2^p = 0,95 \cdot 10^{-5}; b_1^p = b_2^p = 5,5 \cdot 10^{-6}; c_1^q = 5 \cdot 10^6; c_2^q = 6 \cdot 10^6.$$

На рисунке 3.22 представлены траектории изменения цен $p_1(t), p_2(t)$ выбираемые каждой компанией. Из анализа данного графика можно сделать вывод о том, что в результате конкурентного взаимодействия цены на изделия первого и второго предприятия принимают различные значения. Сплошной линией показана траектория изменения цены первого предприятия, пунктирной линией – второго предприятия. Можно заметить, что компания 2 устанавливает цену изделий выше, чем компания 1. Так происходит в результате того, что себестоимость производства у производителя 1 ниже, данное конкурентное преимущество влияет на возможность увеличения объемов производства этой компания 1 на рынке.

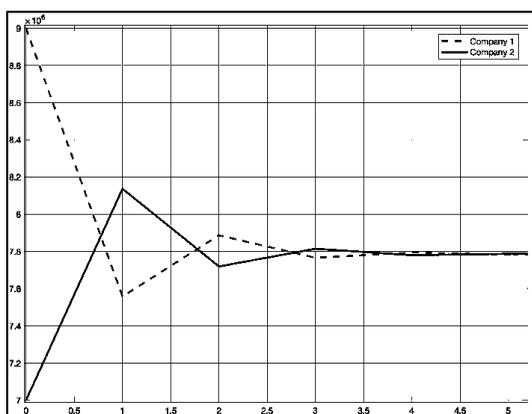


Рисунок 3.22 – График изменения значения равновесных цен

Для определения значений объемов выпускаемой продукции каждым предприятием была сформирована имитационная модель, учитывающая различные параметры: издержки, коэффициенты и т.д. (рисунок 3.23).

С использованием данных решения модели, изображенной на рисунке 3.23, построен график изменения рыночной равновесной цены. Исходя из данных рассматриваемого рисунка, можно сделать

вывод о том, что рыночные объемы у первого и второго предприятия равны $q_1 = 23$ шт., $q_2 = 17$ шт.

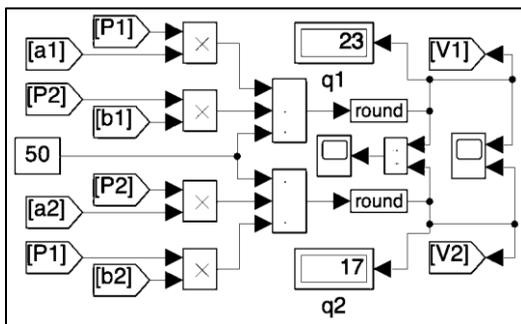


Рисунок 3.23 – Алгоритм определения оптимальных объемов выпуска

Рисунок 3.274 показывает, что оптимальный объем выпуска у первой компании выше по причине конкурентного преимущества в более низкой себестоимости продукции, несмотря на значительно более высокую начальную цену. При этом величина суммарного объема выпуска изделий на рынке постоянно увеличивается и достигает значения, равного 40 единицам.

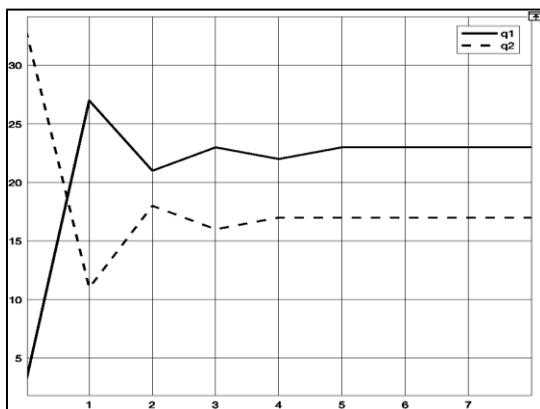


Рисунок 3.24 – Динамика изменения объемов производителей

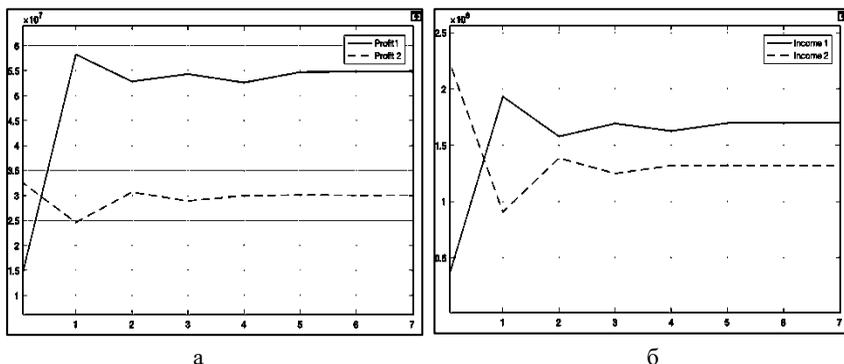


Рисунок 3.25 – Графики изменения прибыли (а) и дохода (б)

Исходя из данных рисунка 3.25, можно заметить, что доход первого производителя увеличился в то время, как доход второго уменьшился. Равновесное значение валового дохода предприятия 1 равно 169 744 508 руб., а валовый доход предприятия 2 равен 132 055 184 руб. Равновесное значение прибыли 54 744 508 руб. и 30 055 184 руб. первого и второго предприятия соответственно.

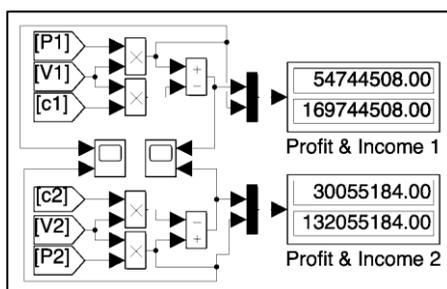


Рисунок 3.26 – Модель определения прибыли и дохода каждым участником рынка

Такую разницу по величине валового дохода у каждого предприятия можно объяснить тем, что различны затраты на производ-

ство изделий на рынке. Производство у второго предприятия дороже, чем у первого, и поэтому его доходы ниже.

3.3 Имитационная модель конкуренции по качеству

Сформируем модель принятия решения по выбору оптимального уровня качества на рынке, где взаимодействуют два участника, целевой функцией которых является получение максимальной прибыли:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_i(\omega) &= p_i(\omega_i)q_i(\omega) - c_i(q_i, \omega_i) \longrightarrow \max, i = 1, 2, \\ q_i(\omega) &= q_0 + a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j, i = 1, 2, \\ p_i(\omega_i) &= p_{i0} + \gamma_i \omega_i, i = 1, 2, \\ c_i(q_i, \omega_i) &= c_i^q q_i(\omega) + c_i^\omega \omega_i, i = 1, 2, \end{aligned} \tag{3.8}$$

где $\text{Пр}_i(\omega)$ – прибыль i -го производителя;

$q_i(\omega)$ – функция спроса;

$c_i(q_i, \omega_i)$ – затраты на производство одной модификации изделия;

a_i^ω, b_i^ω – коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания функции спроса относительно изменения уровня качества продукции i -го производителя и качества у изделий конкурентов;

γ_i – коэффициент влияния уровня качества на цену изделия;

p_{i0} – отпускная цена изделия;

ω_i – интегральный показатель уровня качества.

Определение равновесных стратегий по выбору уровня качества сводится к формированию системы уравнений относительно неизвестных показателей уровня летного качества и принимает вид:

$$\omega_{ij}^0 = \frac{1}{2\gamma_i a_i^\omega} [a_i^\omega c_{ij}^q - a_i^\omega p_{i0} - \gamma_i q_0 + c_i^\omega + b_i^\omega \omega_j] \quad (3.9)$$

Сформируем систему уравнений:

$$\begin{cases} \omega_1 = \frac{a_1^\omega c_1^q - a_1^\omega p_{10} - \gamma_1 q_0 + c_1^\omega}{2\gamma_1 a_1^\omega} + \frac{b_1^\omega}{2a_1^\omega} \omega_2, \\ \omega_2 = \frac{a_2^\omega c_2^q - a_2^\omega p_{20} - \gamma_2 q_0 + c_2^\omega}{2\gamma_2 a_2^\omega} + \frac{b_2^\omega}{2a_2^\omega} \omega_1. \end{cases} \quad (3.10)$$

Сценарий 1. Производители начинают взаимодействие с одинаковыми параметрами: ценами, затратами на производство и инвестициями в качество. Для проведения численного расчета были использованы следующие исходные данные (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – **Исходные данные для имитационной модели выбора оптимального уровня качества**

№		Значение	Примечание
1	p_{i0}	$10 \cdot 10^6$	начальная цена
2	ω_1	120	начальный уровень качества у первого производителя
3	ω_2	60	начальный уровень качества у второго производителя
4	c_i^q	$8 \cdot 10^6$	себестоимость производства
5	c_i^ω	$6,31 \cdot 10^6$	инвестиции в качество
6	a_i^ω	0,35	чувствительность спроса по уровню качества
7	b_i^ω	0,15	чувствительность спроса по уровню качества конкурента
8	γ_i	$5,5 \cdot 10^4$	коэффициент изменения цены от уровня качества

На рисунке 3.27 представлен алгоритм имитационной динамической модели, с помощью которой осуществляется решение системы уравнений (4). В результате конкурентного взаимодействия по Курно фирмы-производители выбирают оптимальные уровни качества в ответ на выбранный конкурентом уровень качества. В случае, если себестоимость, размер инвестиций, направленные на повышение качества и цены у компаний одинаковые, то в результате взаимодействия равновесный уровень качества становится равным 94,55 для каждого из участника (рис. 3.27).

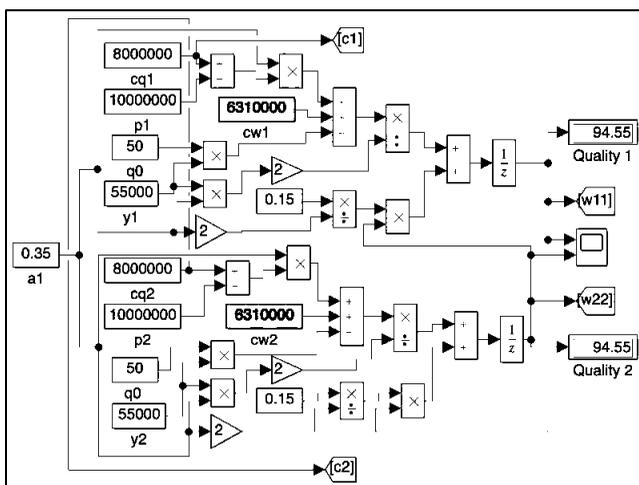


Рисунок 3.27 – Имитационная модель конкуренции по качеству

На рисунке 3.28 представлены траектории изменения интегрального показателя уровня летного качества, выбираемого участниками рынка в процессе конкурентного взаимодействия. Сплошная линия показывает траекторию производителя 1, пунктирная линия – производителя 2.

В результате конкурентного взаимодействия, получены равновесные значения уровня качества

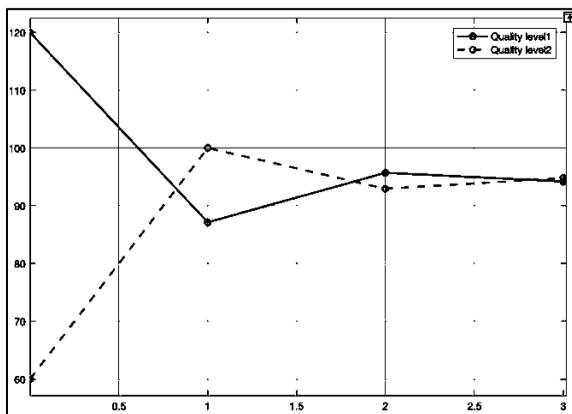


Рисунок 3.28 – Траектория изменения уровня качества

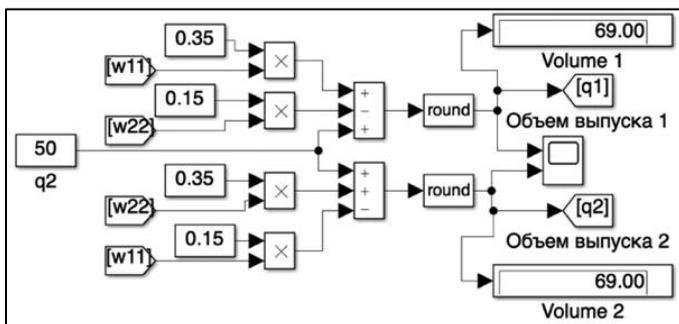


Рисунок 3.29 – Алгоритм определения объемов спроса

Для определения равновесного объема выпуска, цены, дохода и прибыли участников рынка были сформированы взаимосвязанные алгоритмы решения, позволяющие определить траекторию изменений данных параметров. В таблице 3.3 представлены полученные результаты численного моделирования. Поскольку в данном расчетном случае условия взаимодействия для двух участников одинаковые, то и равновесные значения параметров соответственно принимают одинаковое значение.

**Таблица 3.3 – Равновесные значения
экономических параметров Сценария 1**

Параметры	Производитель 1	Производитель 2
Уровень качества	94,55	94,55
Объем выпуска	69 шт.	69 шт.
Цена	$15,2 \cdot 10^6$ руб.	$15,2 \cdot 10^6$ руб.
Доход	$1048,8 \cdot 10^6$ руб.	$1048,8 \cdot 10^6$ руб.
Затраты	$552 \cdot 10^6$ руб.	$552 \cdot 10^6$ руб.
Прибыль	$496,8 \cdot 10^6$ руб.	$496,8 \cdot 10^6$ руб.

Объемы производства предприятий, а также рыночная цена являются входными данными рассматриваемой имитационной модели. Так как параметры спроса, затраты на производство и инвестиции в качественный параметр у обоих производителей одинаковые, значения дохода и прибыли в точке равновесия равны и составляют 1 048 800 000 и 496 800 000 руб. соответственно.

Сценарий 2. Рассмотрим ситуацию, когда фирмы инвестируют разные объемы денежных средств в качество.

Для анализа влияния количества затрат, непосредственно связанных с инвестициями в производственную структуру компании, был сформирован алгоритм решения модели задачи выбора оптимального уровня качества в условиях конкурентного взаимодействия в соответствии со сценарием, в котором первая компания-производитель инвестирует в производственную структуру $6,5 \cdot 10^6$ руб., а вторая $5,5 \cdot 10^6$ руб., т.е. на $1 \cdot 10^6$ руб. меньше.

В результате моделирования получается, что оптимальным уровнем качества продукции для первой фирмы будет 94,99, а для второй фирмы 73.60. Фирма, которая инвестирует больший объем инвестиций в производственную структуру, соответственно, достигает большего уровня качества, чем у конкурента.

В данных моделях различные параметры выражены только в затратах в качественный параметр, при этом влияние интегрального

показателя качества на цены готовой продукции одинаково. Исходя из этой предпосылки, оптимальный уровень качества для второй компании ниже уровня конкурента, то соответственно и стоимость готового изделия ниже. На рисунке 3.30 показано, что равновесные значения цен для фирм устанавливаются на уровне 15 224 598 руб-лей – у первого производителя и 14 048 128 рублей у второго.

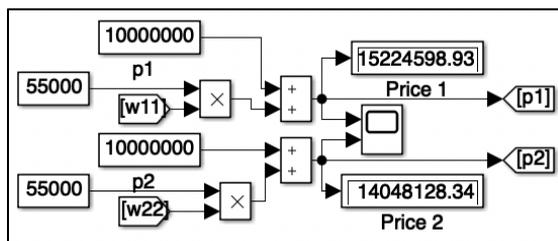


Рисунок 3.30 – Модель определения цены

Подставляя равновесные значения уровня качества в функцию спроса, определяем объем спроса для каждого участника. Для первой фирмы объем составляет 72 единицы, а для второй на 10 меньше и равняется 62 единицам, такая разница получается ввиду того, что интегральный показатель качества готовой продукции у первой фирмы выше, чем у конкурента.

В таблице 3.4 представлены, полученные в результате численного моделирования сценария 2 равновесные значения затрат, дохода, прибыли и уровня качества в функцию спроса, определяем объем спроса для каждого участника.

В результате конкурентного взаимодействия равновесное значение прибыли первого производителя составит 520 171 122 руб., а второго – 374 983 957 руб. В данном сценарии основным рассматриваемым фактором являлось значение инвестиций в качественный параметр, поэтому можно сделать вывод, что производственная компания, которая инвестирует больше средств в преобразование

производственной структуры, в повышение качества, в итоге получает большую прибыль. Несмотря на то, что цена изделий у производителя номер 1 больше, чем у второго, за счет более высокого качества продукции, спрос на продукции все же выше на 10 единиц и, как следствие, большая прибыль.

Таблица 3.4 – Равновесные значения экономических параметров Сценария 2

Параметры	Производитель 1	Производитель 2
Уровень качества	94,99	73,60
Объем выпуска	72 шт.	62 шт.
Цена	$15,2 \cdot 10^6$ руб.	$14,1 \cdot 10^6$ руб.
Доход	$1096,2 \cdot 10^6$ руб.	$871 \cdot 10^6$ руб.
Затраты	$576 \cdot 10^6$ руб.	$496 \cdot 10^6$ руб.
Прибыль	$520,2 \cdot 10^6$ руб.	$375 \cdot 10^6$ руб.

Сценарий 3. Рассмотрим ситуацию, когда фирмы инвестируют одинаковый размер средств в качество, но при этом у них разные удельные затраты.

Расчет сценария 3 произведен с целью оценки влияния уровня затрат, равных себестоимости производства единицы изделия на равновесное значения уровня качества и остальных параметров. В результате моделирования уровень качества продукции у фирмы, у которой величина удельных затрат меньше, интегральный показатель качества тоже меньше и составляет 85,02, тогда как у первой фирмы этот показатель равняется 92,5. Разница в себестоимости может быть обусловлена различием технологических процессов, в номенклатуре применяемых материалов, квалификацией работников, логистикой.

Компания, у которой себестоимость производства выше, устанавливает цену на свою продукцию больше, чем у конкурента. В данном расчетном случае цены у первого и второго производителя

составят 15 087 700 и 14 675 935 рублей соответственно. Зависимость цены готового изделия от уровня качества у каждого производителя в данной модели одинаковое. Равновесные объемы при данных значениях уровня качества составили у Производителя 1 – 70 шт., у Производителя 2 – 66 шт.

**Таблица 3.5 – Равновесные значения
экономических параметров Сценарий 3**

Параметры	Производитель 1	Производитель 2
Уровень качества	92,05	85,02
Объем выпуска	70 шт.	66 шт.
Цена	$15,1 \cdot 10^6$ руб.	$14,7 \cdot 10^6$ руб.
Доход	$1056 \cdot 10^6$ руб.	$968,6 \cdot 10^6$ руб.
Затраты	$560 \cdot 10^6$ руб.	$462 \cdot 10^6$ руб.
Прибыль	$496 \cdot 10^6$ руб.	$506,6 \cdot 10^6$ руб.

В результате конкурентного взаимодействия с учетом исходных данных в данном расчетном случае, несмотря на то, что у Производителя 1 объем спроса выше, чем у Производителя 2, равновесная прибыль получается меньше и составляет 496 139 037 руб., а у второй фирмы 506 611 764 руб. Такой результат получается по причине того, что у второго производителя себестоимость производства меньше, поэтому при меньшем равновесном значении качества и, соответственно, меньшем объеме выпуска и доходе все равно достигается большее значение прибыли, получается, что для получения прибыли большей, чем у конкурента, не обязательно иметь уровень качества выше. Можно сделать вывод, что затраты фирмы, связанные с себестоимостью производства, оказывают значительное влияние на результаты конкурентного взаимодействия, что соответствует результатам решения классических задач дуополии Курно, где основным параметром конкуренции является объем выпуска.

Сценарий 4. Рассмотрим ситуацию, когда у фирм различные параметры по объемам инвестиций и по себестоимости.

В данном сценарии предполагается, что участники рынка находятся в неравных условиях с точки зрения себестоимости производства продукции и объемов инвестиций, направленных на повышение интегрального показателя качества.

Для первой компании исходные данные по себестоимости и инвестициям равны: $8 \cdot 10^6$ руб. и $5,5 \cdot 10^6$ соответственно. Для второй фирмы аналогичные показатели составляют $7 \cdot 10^6$ руб. и $6,5 \cdot 10^6$.

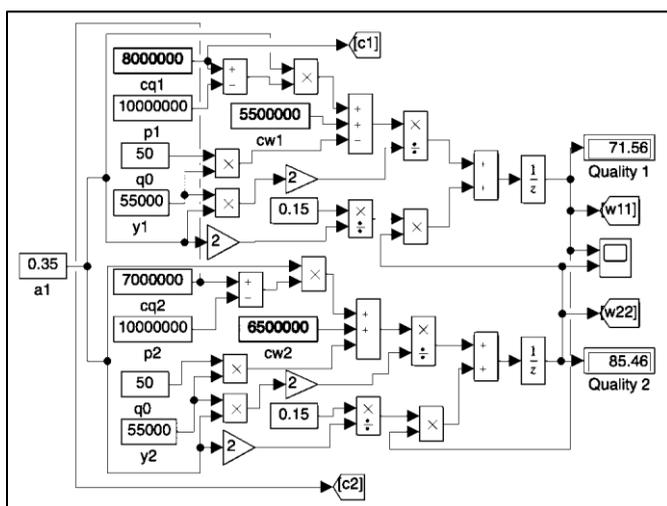


Рисунок 3.32 – Модель выбора оптимального уровня качества с учетом различных параметров

Результаты моделирования показывают, что влияние затрат, связанных с производством продукции, на интегральный показатель качества в данной модели меньше, чем влияние затрат, связанных непосредственно с инвестициями в качество, таким образом равновесное значение уровня качества для Производителя 2

выше ввиду того, что объем инвестиций в производственную структуру, нацеленный на повышение качества, больше, чем у Производителя 1. На рисунке 3.32 показана траектория выбора оптимального уровня качества участниками конкурентного взаимодействия.

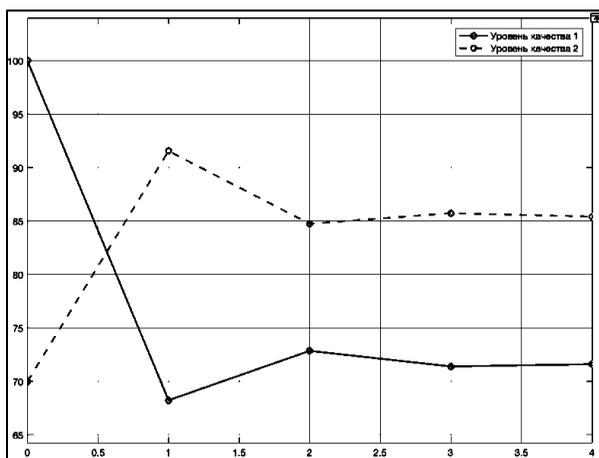


Рисунок 3.32 – Траектория приспособления участников к новым условиям

На рисунке 3.33 представлен алгоритм определения равновесного объема для дуополистов. Для производителя 1 ввиду того, что равновесное значение интегрального показателя качества ниже, чем у конкурента, спрос на готовую продукцию меньше и составляет 62 единицы, аналогичный показатель для Производителя 2 равен 69 единицам. Следует отметить, что функции спроса для обоих участников рынка с точки зрения влияния качественного параметра на объем одинакова.

Для сценария 4 равновесные значения цен устанавливаются на уровне $13,9 \cdot 10^6$ и $14,7 \cdot 10^6$ для первой и второй фирмы соответственно. Полученные значения обусловлены равновесными значе-

ниями уровня качества для участников конкурентного взаимодействия с учетом исходных данных для данного расчетного случая.

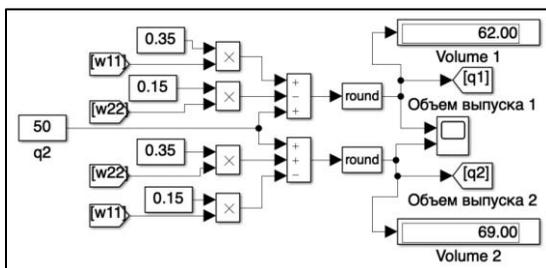


Рисунок 3.33 – Равновесное значение объемов производства

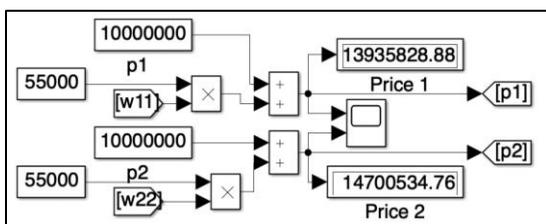


Рисунок 3.34 – Равновесное значение цены для сценария

На рисунке 3.35 представлен алгоритм определения финансовых результатов, как следует из данного рисунка первая фирма получает большую прибыль.

В таблице 3.6 сведены полученные равновесные значения конкурентного взаимодействия для сценария 4. Исходя из данных таблицы можно сделать вывод, что влияние себестоимости производства на интегральный показатель качества в условиях неценового конкурентного взаимодействия меньше, чем влияние затрат, непосредственно направленных на изменение структуры производства с целью повысить интегральный уровень качества выпускаемых изделий.

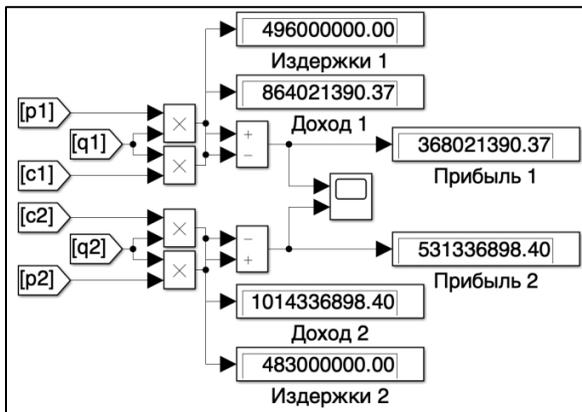


Рисунок 3.36 – Алгоритм определения дохода и прибыли участников рынка

Таблица 3.6 – **Равновесные значения экономических параметров Сценарий 4**

Параметры	Производитель 1	Производитель 2
Уровень качества	71,56	85,46
Объем выпуска	62 шт.	69 шт.
Цена	$13,9 \cdot 10^6$ руб.	$14,7 \cdot 10^6$ руб.
Доход	$864 \cdot 10^6$ руб.	$1014,3 \cdot 10^6$ руб.
Затраты	$560 \cdot 10^6$ руб.	$462 \cdot 10^6$ руб.
Прибыль	$368 \cdot 10^6$ руб.	$531,3 \cdot 10^6$ руб.

Разработанная имитационная модель конкурентного взаимодействия производителей на рынке позволяет определить влияние себестоимости производства и инвестиций, направленных на повышение качества, на равновесные значения целевых функций участников рынка, где основным параметром конкуренции рассматривается интегральный показатель качества, выраженный в соответствии производственной структуры современным технологиям. Данная модель позволяет определить оптимальный уровень

качества для каждого участника конкурентного взаимодействия с учетом рыночной конъюнктуры на каждом этапе взаимодействия.

Для определения влияния стоимостных параметров на взаимодействие участников, в данной работе были проведены расчеты по четырем различным сценариям. Исходя из полученных результатов, в подтверждении аналитической модели принятия решений по выбору оптимального уровня качества влияние затрат, направленных на изменение общего уровня качества готовой продукции больше чем себестоимость. С точки зрения максимизации целевой функции, не всегда оказывается оптимальным значение уровня качества большего, чем у конкурента, т.е. несмотря на одинаковый объем инвестиций в качество большую прибыль в итоге получает участник, у которого себестоимость производства меньше, чем у конкурента.

Таким образом, данный инструментальный метод позволяет проводить исследование влияния различных параметров на конкурентные стратегии участников рыночного взаимодействия и получать быстрые результаты моделирования с возможностью наглядного отображения полученных данных для последующего анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колычев, С.А. Экономико-математическое моделирование конкурентного взаимодействия между производителями легких самолетов: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Колычев Сергей Александрович. – Самара, 2018. – 129 с.
2. Колычев, С.А. Моделирование конкурентного взаимодействия между производителями легких самолетов в условиях неценовой конкуренции / С.А. Колычев, Д.Ю. Иванов // Вестн. НГИЭИ. – 2018. – № 1(80). – С. 142–154.
3. Колычев, С.А. Модели конкурентного взаимодействия между предприятиями и формирование параметрически устойчивых равновесных состояний / С.А. Колычев, Г.М. Гришанов, Л.С. Клентак // Вестн. СГАУ. – 2012. – № 6(37). – С. 19–25.
4. Черных, И.В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем / И.В. Черных. – URL: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1>
5. Терехин, В.В. Основы моделирования в MATLAB. Часть 2. Simulink: учебное пособие / В.В. Терехин. – Новокузнецк: РИО НФИ КемГУ, 2004. – 304 с.
6. Дьяконов, В.П. Simulink. Самоучитель. / В.П. Дьяконов. – Москва: Изд-во «ДМК-Пресс», 2015. – 782 с.
7. Интрилигатор, М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. / М. Интрилигатор. – Москва: Изд-во «Прогресс», 1975. – 605 с.
8. Мулен, Э. Теория игр с примерами из математической экономики / Э. Мулен. – Москва: Мир, 1985. – 200 с.
9. Селищев, А.С. Микроэкономика / А.С. Селищев. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 448 с.

Учебное издание

Колычев Сергей Александрович

**ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ
КОНКУРЕНТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Учебное пособие

Редакционно-издательская обработка Л.Р. Дмитриенко

Подписано в печать 17.04.2023. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 5,5.

Тираж 120 экз. (1-й з-д 1-27). Заказ № . Арт. – 8(Р1УП)/2023.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.