

**А.В. Прасолов<sup>1</sup>**

докт. физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой моделирования экономических систем факультета прикладной математики – процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета

**А.С. Колбин<sup>2</sup>**

докт. медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией клинической фармакологии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета

## **О ФУНКЦИИ СПРОСА НА ТОВАРЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В РФ**

### **Абстракт**

В работе приведено исследование статистических данных по Российской Федерации за 2011 год, основанное на построении функции полезности потребителя и его бюджетных ограничений. Такой подход позволил получить структуру расходов в зависимости от доходов домашних хозяйств, а это, в свою очередь, открыло путь к построению функций спроса на лекарства. В результате анализа и моделирования удалось оценить общую сумму затрат, которую потребители тратят на лекарственные средства. Полученные закономерности и тенденции могут быть полезными для всех игроков и участников оборота лекарств – от пациента, врача, фармацевта, до фармацевтических компаний и организаторам в области здравоохранения.

**Ключевые слова:** структура расходов, функция полезности, лекарственные средства

### **Введение**

Основная задача маркетинга на фармацевтическом рынке – определить объем конкретного лекарственного средства (ЛС), оценить динамику и зависимость данного средства от других, которые могут его заменять при определенных обстоятельствах (Джеймс, 2005)[1]. Важно также проанализировать, как расширится (или сузится) рынок, если изменится потребительская цена данного ЛС. Эти и другие вопросы можно разрешить, построив функцию спроса, т.е. выразив количество потребляемого ЛС через его цену и характеристики других ЛС, замещающих (или дополняющих) рассматриваемое (Прасолов, 2009) [2]. Мы видим два пути построения функции спроса. Первый, эконометрический, базируется на данных аптек о продажах ЛС, т.е. на временных рядах цен и количеств. Данный метод является основным инструментом, применяемым в Российской Федерации (РФ) (Фармацевтический рынок России, 2011). Однако даже, если получить такие данные, то нет возможности моделировать связи между потреблением различных ЛС, с целью анализа всего рынка. Кроме того, полученные зависимости цен и количеств

---

<sup>1</sup> Эл. адрес: [alexander.prasolov@gmail.com](mailto:alexander.prasolov@gmail.com)

<sup>2</sup> Эл. адрес: [alex.kolbin1971@gmail.com](mailto:alex.kolbin1971@gmail.com)

от времени будут иметь значительную случайную составляющую, т.к. аптеки не могут дифференцировать потребителя по приоритетам и материальной обеспеченности. Они фиксируют интегральную (суммарную) потребность в данном ЛС. Существенно также, что появление новых ЛС вытесняет до некоторой степени старые медикаменты и это «портит» модели временных рядов, делая прогнозы неадекватными.

Вторым путем построения функции спроса является моделирование, аналогичное микроэкономическому анализу, основанное на введении полезности и бюджета потребителя. С самых общих позиций моделирование заключается в выполнении следующих шагов. Для каждой болезни составляется список ЛС, которые могут быть полезными в процессе лечения. Потребитель, имея ограниченный бюджет, выбирает для себя оптимальный режим «выздоровления». Таким образом определяется количество необходимых медикаментов при заданных ценах. По заданному вероятностному распределению болезней возможно найти количество ЛС для одного потребителя с заданным бюджетом. Но ограничения на материальные ресурсы у потребителей разные и поэтому разными будут оптимальные режимы. Если предварительно оценить распределение расходов на здравоохранение по всему обществу, то появляется возможность суммировать необходимые количества ЛС по болезням и по группам потребителей с разными бюджетами. Такой путь решения позволит анализировать всю картину потребления ЛС. Этому второму пути моделирования будет посвящена специальная работа.

Для осуществления обозначенного проекта необходимо было выполнить промежуточное действие: создать функцию спроса на медикаменты для гражданина РФ, зависящую от его доходов и предпочтений. Ниже следующий текст посвящен только этой задаче.

Необходимо так же указать, что моделирование было проведено на предполагаемом амбулаторном этапе оказания медицинской помощи гражданам РФ. Так, по данным министерства здравоохранения, на амбулаторном этапе оказания медицинской помощи граждане в 70% покупают лекарства за свои деньги (Материалы Международного форума, 2012) [4]. Здесь важно отметить, что потребитель не в одиночестве принимает решение об оптимальном режиме лечения: он, как правило, не обладает достаточными знаниями ни в медицине, ни в фармацевтике, ни в экономике. Тем более, что в качестве потребителя могут оказаться и дети, и недееспособные люди. Врачи (закон третьей силы) предлагают потребителю (пациенту) по заданной болезни один или несколько режимов выздоровления с использованием тех или иных ЛС (Лекарственные средства, 2006)[5]. Они либо сами оценивают материальное состояние потребителя-пациента, либо обсуждают варианты с ним. В аптеке, к сожалению, возможно изменение плана действия врача (с заменой согласованных ЛС), так как либо ЛС отсутствует, либо провизор (фармацевт) имеет свои предпочтения. Но в конечном итоге пациент оплачивает только тот режим лечения, на который у него есть денежные средства.

В данной работе мы ставили задачу определить, почему потребитель в среднем в РФ тратит на медикаменты именно столько рублей в месяц, а не больше или не меньше?

Конечно, один представитель 142-х миллионного населения РФ не может отвечать за всех, но статистические данные позволяют привести оценочные суждения. Результат, очевидно, зависит от материального обеспечения (располагаемых доходов) потребителя и некоторой меры полезности от применения ЛС. Принятие решения о выборе режима лечения может быть формализовано с использованием указанного выше аппарата, т.е. найдено оптимальное поведение пациента в заданных экономических условиях (при заданных ценах на ЛС и бюджетных ограничениях пациентов).

Таким образом, целью настоящего исследования было построения функции спроса с помощью моделирования, основанное на введении полезности и бюджета потребителя.

### **Методика**

В предлагаемой работе использованы официальные публикации статистических обследований по РФ за 2011 г. (Доходы, расходы, 2012). Главным была информация о структуре и объемах расходов, которые несут домашние хозяйства РФ, обладая различными уровнями доходов. Под домашним хозяйством понимается экономическая единица, состоящая из одного или более лиц, которая снабжает экономику ресурсами (в частности, трудом), и использует полученные за них деньги для приобретения товаров и услуг, удовлетворяющих материальные потребности человека. Потребителя ЛС определяли, как члена домашнего хозяйства (ЧДХ), а его расходы приводили в рублях ежемесячно по всему спектру жизнеобеспечения (в частности, расходы на здравоохранение). Известно, что в 2011 г. в РФ проживало 142 млн. человек (Федеральная статистика, 2012). Считали в дальнейшем, что решения о расходах в 2011 году принимало 142 млн. ЧДХ (включая детей всех возрастов и людей с ограниченными способностями, инвалидов). Обследования домохозяйств проводили по специальным методикам, которые, в частности, содержали оценки статистических ошибок (например, стандартных отклонений) как абсолютных значений расходов, так и процентных отношений (Доходы, расходы, 2012; Соколов, 2006).

Главным, почему полученная ниже модель опиралась на статистические данные из «Доходы, расходы и потребление домашних хозяйств в 2011 году» (Доходы, расходы, 2012), явилось то, что там приведены не только средние по месту проживания (или других условий) в РФ, но и указаны различия по располагаемому доходу ЧДХ. Все население выстроено по доходам в порядке возрастания, затем выделены 10-процентные группы с соседними доходами (т.н. децили) и установлены средние значения доходов в каждой децили. Получили разбиение всего общества на 10 групп с разными уровнями обеспеченности. Для этих групп составлены таблицы с расходами. Выбранная нами методика базировалась на том факте, что средний представитель каждой децили принимает оптимальное решение, исходя из своего собственного (одного по децили) бюджетного ограничения. Ниже приведены табл.1 и рис.1 (Доходы, расходы, 2012). Из них видно, насколько несоизмеримы количества, по которым необходимо принимать решения.

Таблица 1

**Распределение доходов (в рублях) по децилям и расходы на непродовольственные товары и медикаменты с предметами гигиены.**

Децили	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
доходы ( $B_j$ )	4578	6453	7881	9336	10965	13044	15949	19897	26381	51487
непродовольственные товары ( $\bar{B}_j$ )	866	1317	1669	2064	2598	3214	4222	5421	7694	15377
расходы на медицинские товары и предметы гигиены	192	266	326	369	434	505	568	656	795	906

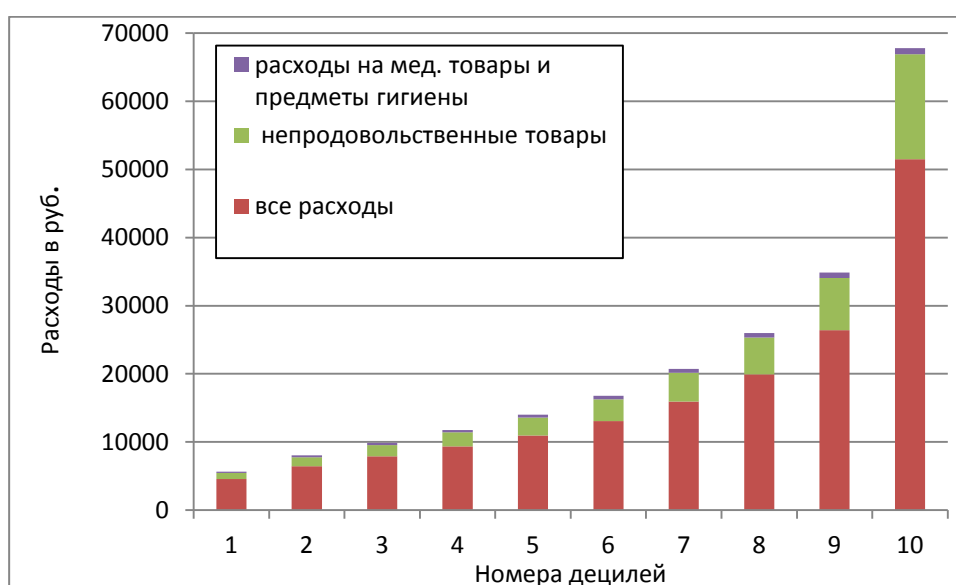


Рис.1. Диаграмма соотношения доходов и расходов для различных децильных групп.

### Результаты

В микроэкономике задачей потребителя называется проблема выбора количеств продуктов, максимизирующих некоторую функцию полезности при заданном бюджетном ограничении (Черемных, 2008). Если удастся решить задачу потребителя, то появляется возможность построить функцию спроса на заданный продукт, а это, в свою очередь, ведет к прогнозированию расходов в зависимости от цен и покупательной способности населения.

Специфика задачи выбора состоит в сравнении различных расходов для принятия решения о наилучших тратах, но если данные получены с большими ошибками, а их абсолютные значения несоизмеримы, то их невозможно сравнивать. Конечно, всякое отдельное домохозяйство не обращается к статистическим табл. и формальным сравнени-

ям, чтобы оптимизировать расходы, но, как правило, принимаются в расчет соизмеримые количества средств.

Как оказалось (Доходы, расходы, 2012), доля расходов домашних хозяйств на здравоохранение не превышало 4% от всех потребительских затрат (мы анализировали данные только 2011 года), а погрешности статистического исследования структуры расходов домашних хозяйств колебались от 2% до 10%. Это значило, что нельзя непосредственно использовать данные статистической отчетности для определения суммарных расходов. Необходимо было проводить более тонкий анализ.

В работе предложено разделить процесс принятия решения потребителем (т.е. ЧДХ) на несколько этапов так, чтобы доли сравниваемых расходов были соизмеримы и превосходили относительные ошибки статистических данных. Для этого сначала решали задачу потребителя на верхнем уровне: все расходы делили на несколько крупных групп с примерно равными долями в общем бюджете, а затем в каждой группе рассматривали целевой продукт и формировали набор продуктов с долями участия в бюджете (для группы это расходы, полученные на предыдущем этапе). Если целевой продукт имел долю в бюджете меньшую, чем относительная погрешность соответствующих статистических данных, то процесс углубления оптимизационных задач продолжали.

Итак, потребительские расходы были разделены на четыре крупных группы: удовольствие, непродовольственные товары, услуги и прочие (включающие в себя накопление). Ниже приводится такая иерархическая схема с указанием статистических данных в среднем по РФ (в виде дроби: числитель указывает затраты в месяц на одного ЧДХ, а знаменатель характеризует ошибку – это стандартное отклонение). Значения взяты из Раздела 1.1 (Доходы, расходы, 2012).

Располагаемые ресурсы  $\frac{16600 \text{ руб.}}{2,1\%}$ ;

a. Расходы на питание  $\frac{4078 \text{ руб.}}{1\%}$ ;

b. Расходы на непродовольственные товары  $\frac{4444 \text{ руб.}}{2,5\%}$ ;

i. Расходы первой необходимости: одежда, обувь, белье, ткани, мебель, предметы ухода за домом и топливо  $\frac{2159 \text{ руб.}}{2,5\%}$ ;

ii. Расходы не первой необходимости: теле радиоаппаратура, предметы для отдыха, транспортные средства, строительные материалы  $\frac{1768 \text{ руб.}}{3\%}$ ;

iii. Расходы на ЛС  $\frac{517 \text{ руб.}}{5\%}$ ;

c. Расходы на оплату услуг  $\frac{2985 \text{ руб.}}{5\%}$ ;

d. Прочие расходы  $\frac{5093 \text{ руб.}}{3\%}$ .

Для этих групп (a, b, c, d) была построена функция полезности и решена задача потребителя. Чтобы осуществить это, пришлось ввести некоторые абстрактные понятия

единицы продукта в каждой группе и цены этих единиц. Известно, что умение решать задачу потребителя приводит к оценкам эластичности по ценам и величине бюджета, т.е. можно ставить задачи в направлениях, указанных Слуцким и Хиксом (Черемных, 2008). Далее, отнесли расходы на ЛС к группе непродовольственных затрат (i, ii, iii). Для каждого вида расходов вычисляется его доля в группе по известным данным (Доходы, расходы, 2012). Все характеристики найдены, как функции уровня бюджета домашнего хозяйства. Суммирование расходов по времени и по всему населению РФ дало решение задачи о затратах на ЛС.

Необходимо сделать замечание относительно статистических данных, которые мы использовали для решения поставленной задачи: в документах Госкомстата (Доходы, расходы, 2012) нет достаточно определенной и однозначной классификации продуктов рынка медикаментов и услуг. Так в одной из табл. приводятся данные по здравоохранению вообще, в другой фигурируют медикаменты и предметы гигиены, а в третьей – ЛС, амбулаторные услуги и услуги стационаров (последние в свою стоимость включают часть ЛС). Это положение не дало возможности сравнивать данные мониторинга рынка ЛС по другим источникам. В частности, по данным DSM Group (Фармацевтический рынок России, 2011) в 2011 объем фармрынка в ценах конечного потребления составил по РФ 824 млрд. рублей, что сложилось из государственного сектора готовых ЛС – 226 млрд. рублей, аптечного сектора парафармацевтики – 130 млрд. рублей, и коммерческого сектора ГЛС – 468 млрд. рублей (Фармацевтический рынок России, 2011, Рис. 2). Есть принципиальная разница мониторинга Госкомстата и аналитиков фармацевтического рынка: общая статистика расходов домашних хозяйств ведется по записям домашних хозяйств, в отличие от аналитиков фармрынка, которые опираются на данные дистрибьютеров, аптечных сетей, госпитальных аптек. Средний потребитель ЛС и медицинских услуг, делая записи о структуре расходов, может не отделить в общем чеке, сколько пошло на платные услуги, сколько на используемые материалы и ЛС, какие скидки действовали за счет муниципальных и федеральных бюджетов и т.п. Кроме того, погрешности сбора данных настолько велики, что с 95% вероятностью доверительный интервал окончательного суммарного объема рынка достигает почти 100 млрд. рублей (Доходы, расходы, 2012, Раздел «Оценка точности отдельных показателей»). Все это несколько снижает ценность окончательных выводов, но совпадение порядков чисел подтверждает адекватность предлагаемого алгоритма.

### **Формальная постановка задачи**

Итак, пусть потребитель располагал бюджетом  $B$  для приобретения четырех товаров, обеспечивающих жизнедеятельность в течение единицы времени (в нашем случае это 1 месяц (Доходы, расходы, 2012)) – это продукты питания в количестве  $x_1$  единиц, непродовольственные товары (всех видов) в количестве  $x_2$  единиц, услуги в количестве  $x_3$  единиц и прочие расходы (включая накопления)  $x_4$  единицы. При ценах на данные товары  $p_1, p_2, p_3, p_4$  соответственно получили бюджетное ограничение потребителя:

$$p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4 = B. \quad (1)$$

Полезность от приобретения любых количеств товаров определяется для потребителя некоторой функцией полезности  $u(x_1, x_2, x_3, x_4)$ , которая должна удовлетворять следующим свойствам: приобретение каждой следующей единицы товара приносит потребителю пользу, т.е.  $\frac{\partial u}{\partial x_i} > 0$ ; и, кроме того, на множестве переменных, определенном бюджетным ограничением (1), функция полезности должна достигать наибольшего значения в единственной точке. Первое свойство интерпретируется, как разумный выбор потребителя (приобретение каждой следующей единицы товара желательно для потребителя). Второе свойство гарантирует существование оптимального выбора потребителю, причем этот выбор единственен, что гарантирует принятие именно этого решения (Черемных, 2008).

В предлагаемой модели последующий анализ опирается на простейшую степенную функцию:

$$u(x_1, x_2, x_3, x_4) = (x_1 - \varepsilon_1)(x_2 - \varepsilon_2)^\alpha (x_3 - \varepsilon_3)^\beta (x_4 - \varepsilon_4)^\gamma. \quad (2)$$

Здесь были введены положительные параметры  $\alpha, \beta, \gamma > 0$  и  $\varepsilon_i > 0$ , чтобы обеспечить потребителю минимально допустимое количество всех товаров и установить разную степень полезности для разных продуктов. Как принято в подобных задачах, найдено наибольшее значение полезности (2) при бюджетном ограничении потребителя (1). Для этого применяли функцию Лагранжа

$$L(x_1, x_2, x_3, x_4, \lambda) = u(x_1, x_2, x_3, x_4) + \lambda(B - p_1x_1 - p_2x_2 - p_3x_3 - p_4x_4). \quad (3)$$

Были вычислены производные функции Лагранжа по переменным  $x_1, x_2, x_3, x_4$  и приравнены к нулю. В результате получили линейную систему уравнений относительно  $x_1, x_2, x_3, x_4$ . Решив ее, получили наибольшее значение функции полезности (2) на бюджетном ограничении (1):

$$x_1^* = \varepsilon_1 + \frac{B - B_0}{p_1(1 + \alpha + \beta + \gamma)}; \quad x_2^* = \varepsilon_2 + \frac{\alpha}{p_2} \frac{B - B_0}{1 + \alpha + \beta + \gamma}; \quad (4)$$

$$x_3^* = \varepsilon_3 + \frac{\beta}{p_3} \frac{B - B_0}{1 + \alpha + \beta + \gamma}; \quad x_4^* = \varepsilon_4 + \frac{\gamma}{p_4} \frac{B - B_0}{1 + \alpha + \beta + \gamma}.$$

Здесь  $B_0 = \sum_{i=1}^4 p_i \varepsilon_i$  – минимальный бюджет ЧДХ. Остановимся на интерпретации величин  $B_0, \varepsilon_i$  с экономической точки зрения несколько подробнее.

Продовольственные, непродовольственные товары и услуги (образование, жилье, медицина и др.) для потребителя являются жизненно необходимыми в том смысле, что при нулевом значении любого из них ЧДХ умирает вследствие отсутствия пищи, одежды, врачебной помощи и т.п. Материальное обеспечение наименьших уровней потребления в обществе возлагается на родственников, друзей и, конечно, на государство, которое из бюджета финансирует детские дома, дома престарелых, дотации малоимущим семьям,

минимальную медицинскую поддержку в форме бесплатных лекарств, обследований или стационарного лечения. Поскольку авторы не нашли в научной литературе определенных значений для минимальных количеств  $\varepsilon_i$ , то исчисляли их следующим образом. Согласно табл. В «Распределение в зависимости от уровня среднедушевых располагаемых ресурсов по 10-ти процентным (децильным) группам населения» (Доходы, расходы, 2012, Раздел I, параграф 1.1) самые «бедные» ЧДХ имеют соотношения между расходами по правилу:

$$p_1\varepsilon_1:p_2\varepsilon_2:p_3\varepsilon_3:p_4\varepsilon_4 = 1927:866:1077:708.$$

Далее, вычислили количества  $\varepsilon_i$  такими, чтобы  $B_0$  был в 5 раз меньше прожиточного минимума, официально определяемого Правительством РФ своими указами ежегодно. Например, в 2011 году прожиточный минимум равнялся примерно 6370 рублей в месяц на одного ЧДХ (Постановление Правительства, 2011). Тогда, согласно предположению, считали для 2011 года  $B_0 = 1274$  руб. Но получить количества  $\varepsilon_i$  невозможно, т.к. не были введены единицы измерения всех четырех рассматриваемых благ и их цены. Для определения единиц обобщенных продуктов и простоты изложения считали, что уровень прожиточного минимума соответствует единице потребления каждого из четырех благ по ценам, связанным отношением (оно получено из табл. В (Доходы, расходы, 2012, Раздел I, параграф 1.1 для второй децили)):

$$p_1:p_2:p_3:p_4 = 2570:1317:1437:1129.$$

Теперь можно было вычислить количества  $\varepsilon_i$  и цены  $p_i$ . Согласно последнему отношению получили соотношения пропорциональности:

$$p_1 = 2570\mu; p_2 = 1317\mu; p_3 = 1437\mu; p_4 = 1129\mu.$$

И коэффициент пропорциональности выбирали из условия  $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 6370$ , т.е.  $\mu = 0,987$ , что привело к окончательному уровню обобщенных цен:

$$p_1 = 2537; p_2 = 1300; p_3 = 1418; p_4 = 1115. \quad (5)$$

Для того чтобы оценить количества  $\varepsilon_i$ , применили к данным о расходах экстраполяцию в меньшую сторону от первых двух децилей. Так как оценка не нуждалась в максимальной точности, то можно было использовать линейную экстраполяцию. Опуская тривиальные выражения для формул линейной экстраполяции из отношения расходов, получили окончательные значения количеств  $\varepsilon_i$ :

$$\varepsilon_1 = 0,03; \varepsilon_2 = 0,41; \varepsilon_3 = 0,21; \varepsilon_4 = 0,32. \quad (6)$$

Таким образом,  $B_0 = 1274$ .

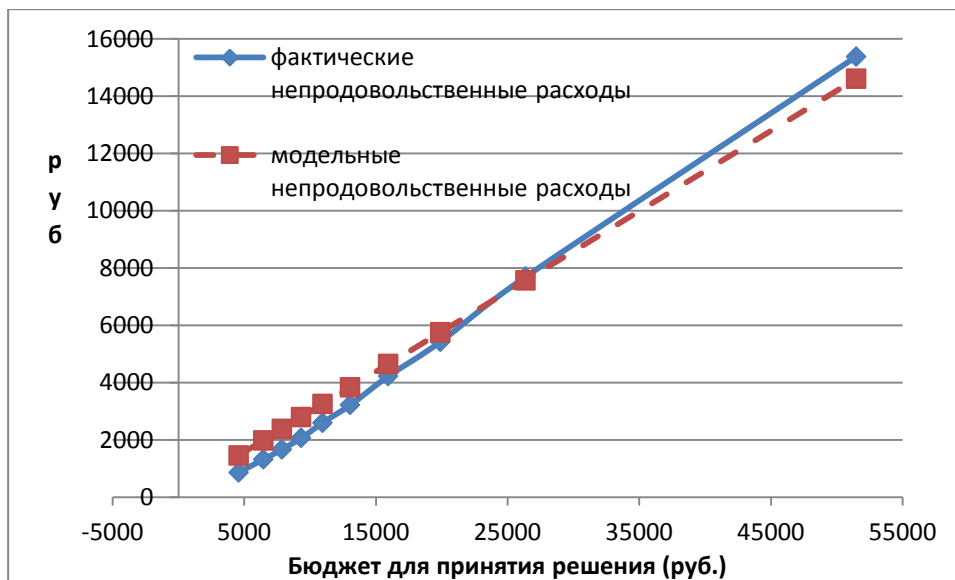
Используя формулы (4) и (6) получили функции спроса на товары из четырех крупных групп, которые можно было анализировать с точки зрения замещения одного товара другими при изменении цен.



$$\begin{aligned}
x_1^*(B_j, p_i) &= 0,03 + \frac{B_j - 0,03p_1 - 0,41p_2 - 0,21p_3 - 0,32p_4}{p_1(1 + \alpha + \beta + \gamma)}; \\
x_2^*(B_j, p_i) &= 0,41 + \frac{\alpha}{p_2} \frac{B_j - 0,03p_1 - 0,41p_2 - 0,21p_3 - 0,32p_4}{1 + \alpha + \beta + \gamma}; \\
x_3^*(B_j, p_i) &= 0,21 + \frac{\beta}{p_3} \frac{B_j - 0,03p_1 - 0,41p_2 - 0,21p_3 - 0,32p_4}{1 + \alpha + \beta + \gamma}; \\
x_4^*(B_j, p_i) &= 0,32 + \frac{\gamma}{p_4} \frac{B_j - 0,03p_1 - 0,41p_2 - 0,21p_3 - 0,32p_4}{1 + \alpha + \beta + \gamma}.
\end{aligned}
\tag{7}$$

Для целей нашей работы необходима была только вторая из четырёх полученных функций спроса. Фактически она дала бюджетные ограничения для второго этапа задачи:  $\bar{B}_j = x_2^*(B_j, p_i)$ .

На рис.2 изображены графики фактических данных и модельных значений, которые построены по третьей строке табл.1 и  $x_2^*(B_j, p_i)$ . Выбор параметров  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  осуществлялся так, чтобы модельные прямые наилучшим образом аппроксимировали статистические данные. Оказалось, что такой выбор возможен и он единственен. Подробнее об этом см. Приложение. В нашем примере оптимальные параметры  $\alpha = 1,52$ ,  $\beta = 0,8$  и  $\gamma = 2,1$ . В качестве цен взяты значения (5).



**Рис. 2. Реальные и модельные распределения расходов в структуре домашних хозяйств.**

На рис.2 показано, что модель довольно точно аппроксимировала реальные данные и, кроме того, мы получили аналитическую зависимость от цен.

## Оценка затрат на медицинские товары

В данной работе оценивали долю, которую составляют медицинские товары и предметы гигиены в непродовольственных товарах, так как их доля в располагаемых расходах или в потребительских расходах слишком мала – она соизмерима с погрешностью статистических данных (от 2% до 10%). Таким образом, цель последующих выводов и рассуждений состояла в трансформации функции спроса для группы непродовольственных товаров в функцию спроса расходов на медицинские товары и предметы гигиены.

В группе непродовольственных товаров были сформированы три подгруппы так, чтобы медикаменты и предметы гигиены составили одну из них. Это формирование условное, но в момент принятия решения о перераспределении расходов ЧДХ может отдавать предпочтение по совершенно различным причинам, вплоть до этнических или в связи с географическим расположением домашнего хозяйства. Итак, в первую подгруппу вошли расходы на предметы первой необходимости: одежда, обувь, белье, ткани, мебель, предметы ухода за домом и топливо. Остальные товары, кроме медицинских, были отнесены во вторую группу, как не самые необходимые. И наконец, в третьей подгруппе были размещены медицинские товары и предметы гигиены. Это разбиение соответствует подгруппам i, ii, iii в группе b иерархической схемы в начале статьи. Данные собраны в табл. 2.

Таблица 2

**Распределение расходов по децильным группам в долях к расходам непродовольственных товаров (вторая, третья и четвертая строки) и фактические расходы в рублях (строки 6 - 8). Модельные данные представлены в трех последних строках.**

1	Децили	1ая	2ая	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
2	I группа %	0,57	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,57	0,49	0,311
3	II группа %	0,21	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,31	0,41	0,63
4	III группа %	0,22	0,20	0,2	0,18	0,17	0,16	0,13	0,12	0,10	0,059
5	бюджет н\пр. Руб	866	1317	1669	2064	2598	3214	4222	5421	7694	15377
6	Расх. I руб	490	753	961	1202	1512	1884	2495	3095	3773	4786
7	Расх. II руб	184	297	382	492	652	825	1159	1669	126	9685
8	Расх. III руб	191	267	326	369	434	505	568	656	795	906
9	мод 1	1007	1144	1251	1371	1534	1721	2028	2392	4	5421
10	мод 2	-471	-178	50	306	652	1051	703	2480	3952	8928
11	мод 3	330	351	368	387	413	443	491	549	658	1028

Задачу потребителя для трех подгрупп сформулировали с функцией полезности такого же вида, как (2). Более того, оставили пока те же обозначения для переменных и параметров:

$$u(x_1, x_2, x_3) = (x_1 - \varepsilon_1)(x_2 - \varepsilon_2)^\alpha(x_3 - \varepsilon_3)^\beta. \quad (8)$$

Бюджетное ограничение имело вид (1), но для трех подгрупп товаров:

$$p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 = \bar{B}. \quad (9)$$

Здесь  $\bar{B}$  – расходы на непродовольственные товары. Для различных децильных групп они были различны.

Теперь необходимо было вновь рассмотреть вопрос о ценах и единицах измерения для введенных обобщенных товаров. Повторили ту же методику, которую использовали для крупных групп расходов (a, b, c, d). Предположили, что третья дециль со своим уровнем расходов по группе непродовольственных товаров в 1669 рублей в месяц на ЧДХ потрачена на единичные количества по подгруппам, т.е. из каждой подгруппы приобретена одна единица товара. Таким образом, получали, что  $p_1 = 961$ ;  $p_2 = 382$ ;  $p_3 = 326$ . Вычисление параметров  $\alpha, \beta > 0$  и  $\varepsilon_i > 0$  провели, как и прежде. И тогда приблизительно оценили параметры модели  $\varepsilon_1 = 1,28$ ;  $\varepsilon_2 = 0$ ;  $\varepsilon_3 = 1,12$ .

По аналогии с решением задачи для крупных получили функции спроса на товары из трех подгрупп, которые можно было анализировать с точки зрения замещения одного товара другими при изменении цен.

$$\begin{aligned} x_1^*(\bar{B}_j, p_i) &= 1,28 + \frac{\bar{B}_j - 1,28p_1 - 1,12p_3}{p_1(1 + \alpha + \beta)}; \\ x_2^*(\bar{B}_j, p_i) &= \frac{\alpha}{p_2} \frac{\bar{B}_j - 1,28p_1 - 1,12p_3}{1 + \alpha + \beta}; \\ x_3^*(\bar{B}_j, p_i) &= 1,12 + \frac{\beta}{p_3} \frac{\bar{B}_j - 1,28p_1 - 1,12p_3}{1 + \alpha + \beta}. \end{aligned} \quad (10)$$

Показатели степеней в функции полезности вычисляли так, чтобы последние формулы наилучшим образом аппроксимировали строки 6 - 8 в табл. 2. В результате получили значения  $\alpha = 2,13$ ;  $\beta = 0,158$ . На следующем рис.3 показан результат приближения реальных данных по медикаментам модельными данными (сплошная линия – реальные данные, а пунктирная – модельные).

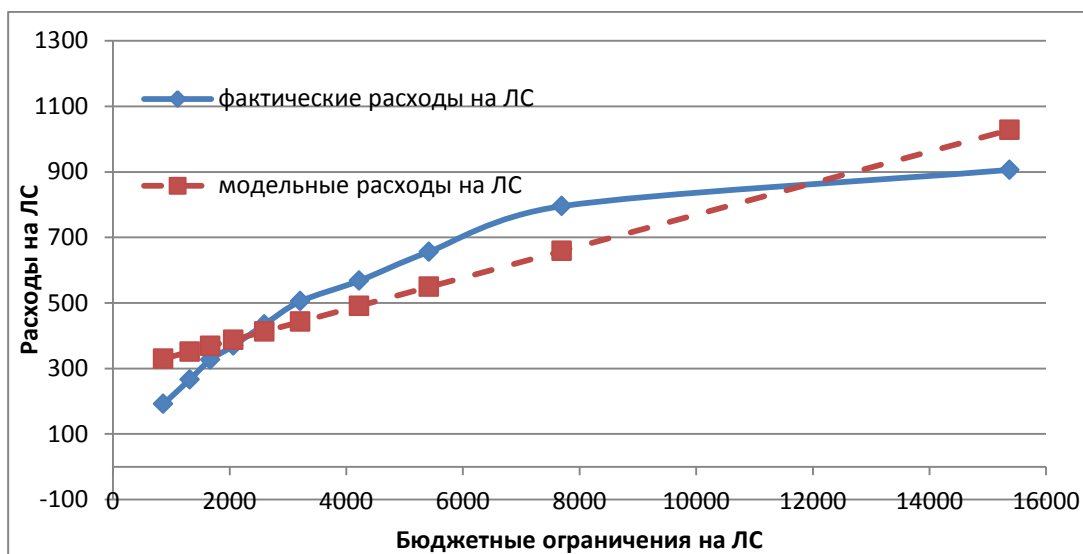


Рис. 3. Изображение данных табл. 2 (строки 8 и 11), как функций соответствующих бюджетных ограничений. Непрерывная линия представляет реальные данные расходов на медикаменты и предметы гигиены, а пунктирная линия является результатом моделирования функции спроса на ЛС.

*Замечание.* Статистические данные по первой и последней децили существенно искажали картину, т.к. в первую, «бедную» дециль попали совершенно малоимущие ЧДХ и усредняли с чуть более обеспеченными, но гораздо более контрастно положение в последней, «богатой» децили, где среди 14 млн. ЧДХ присутствовала сверх богатая группа с доходами свыше 10 млн. рублей в месяц и составляющая менее 1% децили. Если эту группу исключить из рассмотрения, т.е. из рассматриваемого населения удалить 0,1% сверх богатых членов, то получившиеся на рис. 2 аппроксимации были гораздо более адекватны.

Общие расходы на ЛС за 2011 год по РФ получили суммированием по децилям и месяцам по всему населению страны (142 млн. чел.). Суммирование строки 8 табл. 2 (реальные статистические данные) абсолютно точно совпадали с модельными данными (строка 11 табл. 2): 855,2 млрд. рублей в год. Это несколько больше, чем приведенные выше данные о 824 млрд. рублей, но учитывая погрешности статистических данных, считаем результат адекватным.

Анализ поведения функций спроса при изменении цен на продукт является полезным, когда необходимо оценить возможное состояние рынка. Формулы (10), а точнее третья из этих формул позволила сделать оценку того, как повлияет на объем рынка ЛС в РФ колебания в ценах на медикаменты.

Теперь можно было выполнить анализ того, как изменится общая сумма расходов на медикаменты и предметы гигиены, если цены на эти товары уменьшатся или увеличатся. Ниже табл. 3 и рис. 4 демонстрируют такую зависимость.

Таблица 3

**Зависимость изменения общих по РФ расходов на ЛС в 2011 году от изменения цен на ЛС. Все величины выражены в процентах.**

изменение цены	-10%	-8%	-5%	-2%	0%	2%	5%	8%	10%
изменение расходов на ЛС, %	-6,92	-5,54	-3,46	-1,38	0,00	1,38	3,46	5,54	6,92

Очевидно, зависимость оказалась линейной с коэффициентом пропорциональности 0,69. Это значит, что при изменении цен на 1% общие расходы изменятся в ту же сторону на 0,69%. В экономической теории приведенная зависимость соответствует эластичности расходов на ЛС по потребительским ценам.



**Рис. 4. Зависимость изменения общих расходов на ЛС от изменения цен. Все величины выражены в процентах.**

Отметим, что подобный анализ невозможен, если опираться только на данные статистической отчетности или мониторинга рынка фармацевтики.

**Заключение**

Суммарно выбор потребителя превращается в спрос на ЛС по всей стране. Как известно из микроэкономического анализа, полученные функции спроса позволяют проанализировать эластичность расходов на ЛС, замещаемость продуктов и влияние уровня инфляции на суммарные расходы. Если бы целью работы была бы оценка общих расходов на медицинские цели, то достаточно было бы воспользоваться статистическими данными (Доходы, расходы, 2012). Даже проблема произвольного разбиения населения в отношении данных расходов могла бы быть решена проще: построением кусочно-линейных аппроксимаций. Очевидно, что две первые и две последние децили представляют собой специальный объект исследования, т.к. в РФ слишком велика поляризация доходов. Из Рис. 3 видно, что последние две точки графиков показали значительно большие расходы на непродовольственные товары у домашних хозяйств. В этом смысле

представляет интерес рассмотрение разных моделей по группам населения, например, одна пятая «бедных», три пятых – средняя часть и одна пятая «богатых». Ясно, что на этом пути могут быть получены более точные результаты.

В работе проведена оценка затрат домашних хозяйств РФ на ЛС в 2011 году. Поскольку статистические данные обладают значительными погрешностями, прямое сопоставление доступной информации не представляется возможным. Тем более затруднительно исследовать возможные изменения на рынке товаров и услуг. Это привело к необходимости разбить все данные о расходах на иерархические группы и для каждой группы решать задачу потребителя. В результате получены соответствующие функции спроса на медицинские товары и приведены общие оценки затрат. Эта информация может быть с успехом востребована фармацевтическими компаниями и системой управления медициной. Особенно это актуально, в условиях ограниченного возмещения затрат на ЛС со стороны государства и отсутствия системы лекарственного страхования.

Известно, что с возрастанием доходов домашних хозяйств убывает доля расходов на питание, хотя абсолютные цифры, конечно, растут. Подобная картина проявляется и с расходами на медикаменты и предметы гигиены: их доля в общих расходах падает, но в абсолютных цифрах расходы растут. Более богатые члены общества тратят на ЛС большие суммы, не обращая внимание на цены, но требуя высокого качества и эффективности. Учитывая наличие на фармрынке как оригинальных ЛС, так и дженериков, представляет интерес исследовать объемы рынка для трех групп населения: первые пять децилей (71 млн. чел.), вторые три децили (42,6 млн. чел.) и последние две децили (28,4 млн. чел.). Используя 8ую строку в табл. 2 получим годовой объем фармрынка для выделенных групп населения, соответственно: 271 млрд., 295 млрд. и 290 млрд. рублей. Очевидно, первая группа, ограниченная в средствах, будет в большей степени ориентирована на дженерики, которые стоят много дешевле и, следовательно, в количественном отношении на 271 млрд. рублей будет куплено много большее количество ЛС, чем аналогичные расходы в других группах. Например, если цена оригинала в 5 раз больше цены эквивалентного дженерика, то количество ЛС, потребленное первой, «бедной» группой будет в пять раз больше, чем количество ЛС, потребленное третьей, «богатой» группой.

### **Источники**

**Джеймс Барри Дж** Настольная книга по фармацевтическому маркетингу. Литтерра. ФармМаркетинг. - 2005. - 178 стр.

**Доходы, расходы** и потребление домашних хозяйств в 2011 году (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств).– Издательство Федеральной службы государственной статистики. 2012

**Лекарственные средства и деньги.** Цены, доступность и сдерживание затрат. - 7-е изд. Всемирная организация здравоохранения. ред. рус. изд., П.А. Воробьев. – М.: Весь мир. - 2006.

**Материалы** Международного форума «Европа и Россия: вектор развития. Гармонизация», III сессия, «Практические аспекты оценки медицинских технологий в системах здравоохранения на различных уровнях». Москва, Россия 4-5 декабря 2012

**Постановление Правительства** от 28 марта 2012 г. N 247 об установлении величины прожиточного минимума на душу населения и по основным социально-демографическим группам населения в целом по РФ за IV квартал 2011 г.

**Прасолов А.В.** Об одном методе определения спроса и цены на новую продукцию. // Российский журнал менеджмента. - 2009. – Т.7. - № 3. - С. 45-60.

**Соколов Н.В.** Семейные деньги: бюджеты петербургских домохозяйств 2000-2004 гг. // Телескоп: наблюдения за повседневной жизнью петербуржцев. -2006. -№5. - С. 32-36.

**Фармацевтический рынок** России. Итоги 2011 года [http://www.dsm.ru/analytics/2011\(\\*.pdf, 3.18 Mb\)](http://www.dsm.ru/analytics/2011(*.pdf, 3.18 Mb)

**Федеральная статистика:** Интернет источник: <http://www.fedstat.ru/indicator/data.do?id=31557&referrerType=0&referrerId=1292836>

**Черемных Ю.Н.** Микроэкономика. Продвинутый уровень: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 844 с

### Приложение.

Для оптимального нахождения параметров  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  необходимо минимизировать следующий функционал, представляющий собой сумму квадратов отклонений данных в таблице 1 и величин, полученных из формул (7). Запишем функционал в более общем виде для доказательства утверждения при произвольных параметрах модели:

$$D(\alpha, \beta, \gamma) = \sum_{i=1}^{10} \left[ \left( \frac{B_i^{(1)}}{p_1} - \frac{B_i - B_0}{p_1(1+\alpha+\beta+\gamma)} - \varepsilon_1 \right)^2 + \left( \frac{B_i^{(2)}}{p_2} - \frac{\alpha(B_i - B_0)}{p_2(1+\alpha+\beta+\gamma)} - \varepsilon_2 \right)^2 + \left( \frac{B_i^{(3)}}{p_3} - \frac{\beta(B_i - B_0)}{p_3(1+\alpha+\beta+\gamma)} - \varepsilon_3 \right)^2 + \left( \frac{B_i^{(4)}}{p_4} - \frac{\gamma(B_i - B_0)}{p_4(1+\alpha+\beta+\gamma)} - \varepsilon_4 \right)^2 \right].$$

Здесь  $B_i^{(1)}$ ,  $B_i^{(2)}$ ,  $B_i^{(3)}$ ,  $B_i^{(4)}$  и  $B_i$ , соответственно, строки Таблицы 1. Функционал выглядит слишком громоздким относительно переменных  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , но он допускает обратимую замену переменных, превращающую его в квадратичный по новым параметрам. Пусть  $\xi = \frac{1}{1+\alpha+\beta+\gamma}$ ,  $\eta = \frac{\alpha}{1+\alpha+\beta+\gamma}$ ,  $\zeta = \frac{\beta}{1+\alpha+\beta+\gamma}$ . Тогда  $\alpha = \frac{\eta}{\xi}$ ,  $\beta = \frac{\zeta}{\xi}$ ,  $\gamma = \frac{1-\xi-\eta-\zeta}{\xi}$ . Относительно новых параметров функционал будет иметь вид:

$$D(\xi, \eta, \zeta) = \sum_{i=1}^{10} \left[ \frac{1}{p_1^2} \left( B_i^{(1)} - \xi(B_i - B_0) - p_1 \varepsilon_1 \right)^2 + \frac{1}{p_2^2} \left( B_i^{(2)} - \eta(B_i - B_0) - p_2 \varepsilon_2 \right)^2 + \frac{1}{p_3^2} \left( B_i^{(3)} - \zeta(B_i - B_0) - p_3 \varepsilon_3 \right)^2 + \frac{1}{p_4^2} \left( B_i^{(4)} + (\xi + \eta + \zeta - 1)(B_i - B_0) - p_4 \varepsilon_4 \right)^2 \right].$$

Из приведенных преобразований видно, что у функционала существует минимум, но о единственности последнего еще ничего сказать нельзя, т.к. решений линейной алгебраической системы может быть бесконечно много. Рассмотрим производные функционала  $D(\xi, \eta, \zeta)$  и приравняем их к нулю. Получим линейную алгебраическую систему уравнений третьего порядка:

$$\sum_{i=1}^{10} (B_i - B_0)^2 \begin{pmatrix} \frac{1}{p_1^2} + \frac{1}{p_4^2} & \frac{1}{p_4^2} & \frac{1}{p_4^2} \\ \frac{1}{p_4^2} & \frac{1}{p_2^2} + \frac{1}{p_4^2} & \frac{1}{p_4^2} \\ \frac{1}{p_4^2} & \frac{1}{p_4^2} & \frac{1}{p_3^2} + \frac{1}{p_4^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{10} \left[ \frac{1}{p_1^2} (B_i - B_0) (B_i^{(1)} - p_1 \varepsilon_1) + \frac{1}{p_4^2} (B_i - B_0) (B_i - B_0 - B_i^{(4)} + p_4 \varepsilon_4) \right] \\ \sum_{i=1}^{10} \left[ \frac{1}{p_2^2} (B_i - B_0) (B_i^{(2)} - p_2 \varepsilon_2) + \frac{1}{p_4^2} (B_i - B_0) (B_i - B_0 - B_i^{(4)} + p_4 \varepsilon_4) \right] \\ \sum_{i=1}^{10} \left[ \frac{1}{p_3^2} (B_i - B_0) (B_i^{(3)} - p_3 \varepsilon_3) + \frac{1}{p_4^2} (B_i - B_0) (B_i - B_0 - B_i^{(4)} + p_4 \varepsilon_4) \right] \end{pmatrix}.$$

Отметим, что матрица коэффициентов всегда не вырождена:

$$\det(\dots) = \frac{1}{p_2^2 p_3^2 p_4^2} + \frac{1}{p_1^2} \left( \frac{1}{p_2^2 p_3^2} + \frac{1}{p_4^2 p_2^2} + \frac{1}{p_4^2 p_3^2} \right) > 0.$$

Отсюда следует единственность решения данной системы.