

УДК 519
ББК 32.817

МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ РЫНКЕ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ

Мирзоян Г. Л.¹

(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

Для одного лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ), функционирующего на территориальном рынке, строится и исследуется модель принятия им решений о цене и качестве предоставляемых медуслуг с учетом внутренних механизмов экономической мотивации его сотрудников.

Ключевые слова: лечебно-профилактическое учреждение, механизмы управления, мотивационное управление, оптимальное распределение ресурса.

1. Введение

Результаты теоретического и имитационного исследования механизмов *управления организационными системами* (ОС) находят свое применение при решении широкого круга практических задач управления в самых разных прикладных областях [7, 13]:

- предприятия, корпорации и регионы [4];
- проекты и программы;
- образовательные системы [11, 12];
- информационная и др. безопасность;
- социальные системы;

¹ Гагик Левонович Мирзоян, аспирант (mirzoyanl@yandex.ru).

- организационно-технические системы [13];
- эколого-экономические системы.

Тем не менее, такому массовому классу объектов управления как *системы здравоохранения* в теории управления ОС пока не было уделено должное внимание исследователей. С другой стороны, существует ряд направлений, так или иначе использующих различные разделы прикладной математики для построения и изучения моделей систем здравоохранения.

Экономика здравоохранения – наука о правилах распределения ограниченных ресурсов, об оптимизации соотношения выгод и издержек в процессе предоставления медицинских услуг. Представление о современном состоянии российских исследований в области экономики здравоохранения можно получить из учебников [1, 6, 16 и др.]. Отдельно можно выделить классы работ, посвященных проблемам: оплаты труда [5], финансирования [3, 15, 17, 24 и др.] и неформальных экономических отношений, а также информатизации систем здравоохранения (не говоря о системах обязательного и добровольного медицинского страхования, которые также представляют самостоятельный предмет активных исследований). К экономике здравоохранения тесно примыкает *менеджмент систем здравоохранения* как раздел современного менеджмента [1, 2, 14, 15 и др.].

За рубежом существуют такие развитые разделы экономической теории, как:

- экономика здравоохранения (Health Economics) [см. обзоры в 23, 26 и др.], отличающаяся, кроме прочего, активным использованием экономико-математических моделей и аппарата эконометрики [21, 25], в том числе при моделировании конкуренции на рынке медицинских услуг [18, 20, 21].

- *экономика здоровья* – см. пионерские работы К. Эрроу, Г. Беккера и М. Гроссмана, а также обзор развития этого направления в [23].

Настоящая статья является попыткой построить часть «моста» между теорией управления ОС и экономикой здравоохранения в рамках программы исследований, намеченной в

[10]. Для этого рассматривается *территориальный рынок*, характеризуемый спросом на медицинские услуги, локализованным транспортной доступностью. Для простоты считается, что на территории функционирует единственное ЛПУ, оказывающее единственную медицинскую услугу (т.е. потенциальный пациент, проживающий на рассматриваемой территории, выбирает: обратиться ему в данное медучреждение или вообще не обращаться за медицинской помощью). Предположим, что *спрос* $A(Q, \lambda)$ на эту услугу (т.е. объем услуг) со стороны населения территории в общем случае зависит от *качества* услуги $Q \geq 0$ (например, доли ранее обратившихся в ЛПУ пациентов, получивших адекватную медицинскую помощь) и ее *цены* $\lambda > 0$, причем спрос не убывает по первой переменной и не возрастает по второй. ЛПУ потенциально способно удовлетворить любой спрос.

Оба ключевых параметра (и цена, и качество) для коммерческих услуг, оказываемых коммерческим или бюджетным ЛПУ, в существенной мере зависят от него самого; для деятельности же бюджетного ЛПУ в рамках программ медстрахования цена, фактически, задана экзогенно, а качество (и, следовательно, спрос) частично зависит от действий ЛПУ.

Таким образом, перед ЛПУ стоит задача выбора цены и качества оказываемой им медуслуги, а также системы стимулирования своих сотрудников, побуждающих их удовлетворить «индуцируемый» (данными ценой и качеством) спрос. Критерием экономической эффективности функционирования ЛПУ будем считать его «прибыль».

Описав поведение ЛПУ (см. второй раздел), можно анализировать зависимость выбираемых им значений цены и качества от экзогенных (например, ограничения на цену, удельную себестоимость) и эндогенных (например, квалификация персонала) параметров модели – см. третий раздел и заключение.

2. Модель выбора ЛПУ цены и качества медуслуги

В пионерской статье [18] рассматриваются две простые модели. В первой предприятие выбирает цену на свою продукцию и объем инвестиций в рекламу этой продукции (инвестиции в «качество» продукции и/или *репутацию* предприятия) таким образом, чтобы максимизировать свою прибыль (зависимость спроса, точнее – возможного объема продаж, от обоих выбираемых параметров считается известной). Во второй модели предприятие выбирает цену на свою продукцию и качество этой продукции (условно говоря, выбирает свою репутацию), а известной полагается зависимость спроса от цены и качества. При этом рассуждения в упомянутой работе ведутся на уровне качественных зависимостей между переменными (монотонность и т.п.), т.е. при минимальных предположениях получаются адекватно общие выводы.

В дальнейшем эти модели получили активное развитие в экономико-математической литературе применительно к системам здравоохранения – обзор моделей конкуренции нескольких ЛПУ (ценовой, за счет качества оказываемых услуг, с учетом решений принимаемых пациентами [19], с учетом пространственного расположения ЛПУ [18] и др.), качественное (обоснование монотонного роста равновесного качества с увеличением конкуренции) их исследование и результаты эконометрической идентификации можно найти в [21, 23]. Однако детального рассмотрения структуры экономических интересов ЛПУ при этом не производилось, что, в том числе, не позволяет проводить анализ сравнительной статистики, и тем более не дает возможности в дальнейшем ставить и решать формальные задачи управления территориальными системами здравоохранения.

Пусть *целевая функция ЛПУ* имеет вид

$$(1) F(Q, \lambda) = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))(\lambda - \ell) - \sum_{z=1}^m \sigma_z(Q, \lambda) - kQ^b - c_0,$$

где $A = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))$ – суммарный спрос на медицинскую услугу; $\tau \geq 0$ – безразмерная константа; $\delta \geq 0$ и $\gamma \geq 0$ – размер-

ные константы (пропорциональные производной функции $A(Q, \lambda)$ по качеству и цене в «точке» A_0); ℓ – удельная (в расчете на одного пациента) себестоимость оказываемой ЛПУ медуслуги (без учета затрат на стимулирование); $\sum_{z=1}^m \sigma_z$ – суммарные затраты ЛПУ на стимулирование (мотивацию) врачей; m – фиксированное число врачей, σ_z – вознаграждение z -го врача, $k \geq 0$ – размерная константа (соответствующий «максимальному» члену – степени $\beta > 2$ – разложения функции затрат kQ^β на обеспечение качества); c_0 – постоянные затраты ЛПУ.

Все слагаемые в выражении (1) имеют стоимостное измерение: первое слагаемое представляет собой произведение спроса на разность между ценой медуслуги и ее постоянной удельной себестоимостью (не включающей затраты на оплату труда), второе – его затраты на оплату труда (мотивацию врачей), третье – затраты ЛПУ на обеспечение качества (например, развитие материально-технического оснащения, маркетинг и т.п.), четвертое – постоянные затраты ЛПУ.

Что касается второй составляющей целевой функции ЛПУ (мотивации врачей), то ниже мы воспользуемся результатами, полученными в [9] при исследовании внутренних *механизмов экономической мотивации*. В качестве примера (остальные механизмы мотивации рассматриваются аналогично) будем анализировать *механизм отчислений* [9], согласно которому вознаграждение z -го врача $\sigma_z = \lambda s_z x_z$ пропорционально количеству принятых им пациентов x_z с коэффициентом пропорциональности, равным произведению *норматива отчислений* $s_z \in [0; 1]$ на цену медуслуги λ . При использовании механизма отчислений целевая функция ЛПУ примет вид

$$(2) \quad F(Q, \lambda) = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))(\lambda - \ell) - \lambda \sum_{z=1}^m s_z x_z - kQ^\beta - c_0.$$

Условие «сбалансированности» спроса имеет вид

$$(3) \quad \sum_{z=1}^m x_z = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda)).$$

Прежде чем решать задачу максимизации целевой функции ЛПУ (2) по цене и качеству, необходимо найти оптимальный механизм экономической мотивации врачей, т.е. такие значения нормативов отчислений, которые минимизировали бы затраты ЛПУ на стимулирование и обеспечивали бы сбалансированность спроса (3):

$$(4) \quad \begin{cases} \lambda \sum_{z=1}^m s_z x_z \rightarrow \min_{\{s_z \in [0;1]\}} \\ \sum_{z=1}^m x_z = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda)). \end{cases}$$

В рамках теоретико-игровых моделей материального стимулирования, принятых в теории управления ОС [13] и теории контрактов, врачи, в свою очередь, при заданной системе мотивации будут стремиться выбирать действия (количество пациентов), максимизирующие разность между их вознаграждением и затратами (см. подробности в [9]). Если функция затрат z -го врача типа Кобба–Дугласа имеет вид

$$(5) \quad c_z(x_z) = \frac{1}{\alpha} x_z^\alpha r_z^{1-\alpha}, \alpha > 1,$$

где r_z – *тип* [13] врача (параметр, отражающий, например, его квалификацию), то, как показано в [9], в механизме отчислений оптимальным с точки зрения z -ого врача будет действие $x_{z,s}^* = r_z (s_z \lambda)^{\frac{1}{\alpha-1}}$. Подставив это действие в выражение (4), получим задачу

$$(6) \quad \begin{cases} \lambda^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} \sum_{z=1}^m s_z^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} r_z \rightarrow \min_{\{s_z \in [0;1]\}} \\ \lambda^{\frac{1}{\alpha-1}} \sum_{z=1}^m s_z^{\frac{1}{\alpha-1}} r_z = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda)). \end{cases}$$

Обозначим $H = \sum_{z=1}^m r_z$ и, решая задачу (6), найдем оптимальные значения нормативов отчислений:

$$(7) \quad s_z = s^* = \lambda^{-1} \left(\frac{A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))}{H} \right)^{\alpha-1}.$$

Суммарные затраты на стимулирование врачей с учетом выражения (7) будут выглядеть следующим образом:

$$(8) \quad \sum_{z=1}^m \sigma_z = (A_0)^\alpha (1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))^\alpha (H)^{1-\alpha}.$$

Итак, в рассматриваемой модели оптимально использованные унифицированного (одинакового для всех врачей) норматива отчислений s^* , при этом коллектив врачей «эквивалентен» одному врачу с типом H (правая часть выражения (8) может интерпретироваться как функция «мотивационных затрат» ЛПУ в целом – ср. (5) и (8)). Отметим, что данное свойство (так называемая «идеальная агрегируемость») оптимального решения задач типа (4) и (6) характерно для многоагентных систем, свойства которых описываются степенными производственными функциями типа Кобба–Дугласа (см. [13]). Идеальная агрегируемость является существенным плюсом с точки зрения возможности получения аналитического решения в иерархических системах. Но она обладает и своими минусами: аддитивность типов агентов в выражениях вида (8) приводит к компенсации низких значений типов одних агентов их количеством или высокими типами других агентов. От этого эффекта удастся избавиться, введя постоянные издержки на привлечение агентов, однако при этом теряется свойство идеальной агрегируемости (см. подробности в [13]).

Подставляя (8) в (2), получим следующее выражение для зависимости целевой функции ЛПУ от цены и качества медуслуги:

$$(9) \quad F(Q, \lambda) = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))(\lambda - \ell) - (A_0)^\alpha (1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))^\alpha (H)^{1-\alpha} - kQ^\beta - c_0.$$

Таким образом, в рамках рассматриваемой модели ЛПУ будет, используя оптимальную систему стимулирования (7), стремиться при известной зависимости спроса от цены и качества

выбирать такие значения этих параметров, при которых достигается максимум его «прибыли» (9), т.е.

$$(10) \quad A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))(\lambda - \ell) - (A_0)^\alpha (1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda))^\alpha (H)^{1-\alpha} - kQ^\beta - c_0 \rightarrow \max_{Q \geq 0, \lambda > 0}.$$

Исследуем зависимость решений задачи (10) от параметров модели.

3. Зависимость оптимальных цены и качества от параметров модели

В качестве иллюстрации построим график целевой функции ЛПУ (9) – см. рис. 1 с выделенной областью значений цены и качества, при которых значение целевой функции ЛПУ (9) положительно, используя следующие значения параметров: $Q = 0 : 100$; $\lambda = 0 : 3000$; $\gamma = 0,05$; $\beta = 3$; $k = 0,9$; $A_0 = 1000$; $\tau = 0,01$; $c_0 = 100000$; $\delta = 0,7$; $\ell = 490$, $\alpha = 2$; $H = 10$. Напомним, что во введении было введено предположение, что ЛПУ способно удовлетворить любой спрос. Данное предположение не является обременительным или нереалистичным, так как условие неотрицательности целевой функции ЛПУ все равно накладывает косвенные ограничения на «индуцируемый» им спрос.

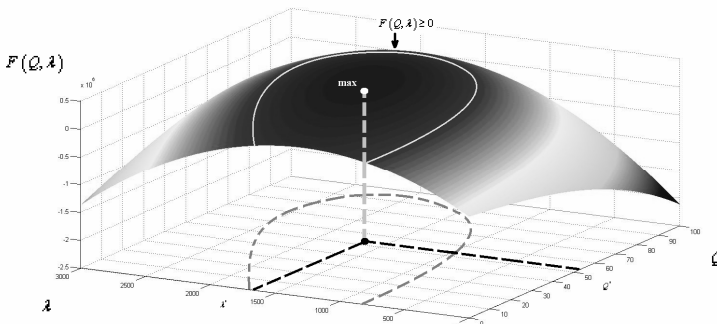


Рис. 1. Значения целевой функции ЛПУ (9)

Предположим, что ЛПУ имеет возможность выбирать самостоятельно произвольные (!) неотрицательные значения цены и качества. Для исследования этой ситуации, продифференцировав целевую функцию ЛПУ (9), найдем оптимальное значение цены λ^* :

$$1 + \tau\delta Q - 2\tau\gamma\lambda + \gamma\tau\ell + \tau\gamma\alpha \left((1 + \tau(\delta Q - \gamma\lambda)) \frac{A_0}{H} \right)^{\alpha-1} = 0.$$

Из данного выражения не представляется возможным аналитически выразить значение оптимальной цены для общего случая. В качестве примера рассмотрим случай $\alpha = 2$. Тогда

$$(11) \quad \lambda^* = \frac{\frac{1}{2}\ell + \left(\frac{A_0}{H} + \frac{1}{2\tau\gamma} \right) (1 + \tau\delta Q)}{\left(1 + \tau\gamma \frac{A_0}{H} \right)}.$$

Целевую функцию ЛПУ (9) с учетом выражения (11) при $\alpha = 2$ можно представить следующим образом:

$$(12) \quad F(Q, \lambda^*(Q)) = A_0 \left(1 + \tau \left(\delta Q - \gamma \frac{\frac{1}{2}\ell + \left(\frac{A_0}{H} + \frac{1}{2\tau\gamma} \right) (1 + \tau\delta Q)}{\left(1 + \tau\gamma \frac{A_0}{H} \right)} \right) \right) \times$$

$$\times \left(\frac{\frac{1}{2}\ell + \left(\frac{A_0}{H} + \frac{1}{2\tau\gamma} \right) (1 + \tau\delta Q)}{\left(1 + \tau\gamma \frac{A_0}{H} \right)} - \ell \right) - kQ^\beta - c_0 -$$

$$- \left(A_0 \left(1 + \tau \left(\delta Q - \gamma \frac{\frac{1}{2}\ell + \left(\frac{A_0}{H} + \frac{1}{2\tau\gamma} \right) (1 + \tau\delta Q)}{\left(1 + \tau\gamma \frac{A_0}{H} \right)} \right) \right) \right)^2 (H)^{-1}.$$

Используя значения параметров, приведенных ранее в примере (см. рис. 1), можно представить оптимальное значение цены следующим образом:

$$(13) \lambda^* = 1281 + 7,35Q.$$

Тогда целевая функция ЛПУ (12) будет иметь вид:

$$(14) F(Q, \lambda^*(Q)) = -0,9Q^3 + 23,16Q^2 + 5018,4Q + 171800.$$

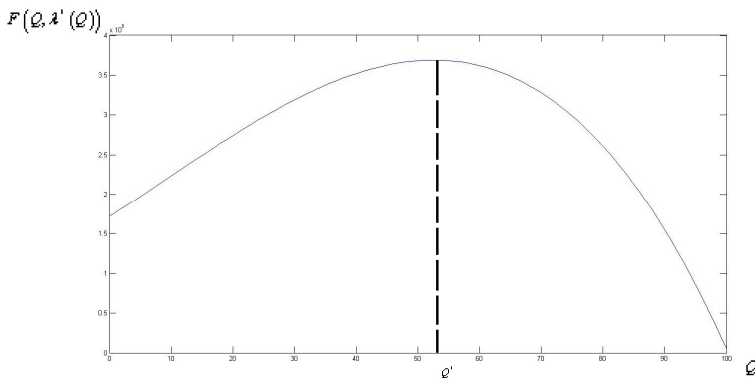


Рис. 2. Значения целевой функции ЛПУ $F(Q, \lambda^*(Q))$

Продифференцировав целевую функцию ЛПУ (14) и приравняв ее к нулю, найдем оптимальное значение качества: $Q^* \approx 53$, затем подставим полученное Q^* в выражение (13) и найдем оптимальное значение цены: $\lambda^* \approx 1671$ (данные значения цены и качества изображены на рис. 1).

4. Заключение

В предложенной модели затраты на стимулирование учитываются в явном виде, но также их можно включать в себестоимость (см. [8]). Тогда целевую функцию ЛПУ (9) можно представить следующим образом:

$$F(Q, \lambda) = A_0(1 + \tau(\delta Q - \gamma \lambda))(\lambda - \ell_0) - kQ^\beta - c_0,$$

где $\ell_0 \geq 0$ – общая удельная (в расчете на одного пациента) себестоимость оказываемой медицинской услуги (включает в себя, в том числе, затраты на стимулирование сотрудников).

Существенно, что оптимальные значения параметров Q^* и λ^* для построенных целевых функций ЛПУ в данной работе и в

[8] совпадают. Исходя из оптимальных значений цены λ^* и качества Q^* , можно рассчитать общую удельную (в расчете на одного пациента) себестоимость оказываемой медицинской услуги ℓ_0 (включает в себя, в том числе, затраты на стимулирование сотрудников), используемую в модели, описанной в [8], через удельную себестоимость оказываемой ЛПУ медуслуги ℓ (без учета затрат на стимулирование) и наоборот. Таким образом, модель настоящей работы и модель, описанная в [8], в этом смысле «эквивалентны» – можно для конкретных значений параметров учитывать затраты на стимулирование как в явном виде, так и включать их в себестоимость (см. [8]). Например, пусть $\ell_0 = 600$ (см. [8]), а для значений параметров, рассмотренных в примере (см. рис. 1), из оптимальных значений цены λ^* получим:

$$\ell_0 \approx 0,95\ell + 130,51 \approx 596,01,$$

а из оптимальных же значений качества Q^* получим:

$$\ell_0 \approx 2063,65 - \frac{1}{186,67} \left(2,18\sqrt{75010 - 32,4\ell} - 4,36 \right)^2 \approx 582,83.$$

Поэтому в дальнейшем для моделирования и исследования ситуаций, когда несколько ЛПУ конкурируют по цене, качеству (репутации), цене и качеству, можно использовать как данную модель, так и модель, представленную в [8].

Литература

1. ВЯЛКОВ А.И. КУЧЕРЕНКО В.З., РАЙЗБЕРГ Б.А. и др. *Управление и экономика здравоохранения: учеб. пособие*. 3-е изд., доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 664 с.
2. ДРОЗДОВА Е.А. *Менеджмент в здравоохранении*. – Благовещенск: АГМА, 2008. – 32 с.
3. ДУГАНОВ М.Д. *Оценка эффективности расходов на здравоохранение на региональном и муниципальном уровнях*. – М.: ИЭПП, 2007. – 112 с.
4. ЗАЛОЖНЕВ А.Ю. *Модели и методы внутрифирменного управления*. – М.: Сторм-Медиа, 2004. – 320 с.

5. КАДЫРОВ Ф.Н. *Стимулирующие системы оплаты труда в здравоохранении (материальное стимулирование специалистов различных подразделений и учреждений здравоохранения)*. – М.: ГРАНТ, 1998. – 336 с.
6. КОЛОСНИЦЫНА М.Г., ШЕЙМАН И.М., ШИШКИН С.В. *Экономика здравоохранения*. – М.: Издательский дом ГУ-ВШЭ, 2009. – 479 с.
7. *Механизмы управления* / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: Ленанд, 2011. – 192 с.
8. МИРЗОЯН Г.Л. *Макромодель лечебно-профилактического учреждения* // Управление большими системами: материалы X Всероссийской школы-конференции молодых ученых. Том 2. – Уфа: УГАТУ, 2013. – С. 162 – 166.
9. МИРЗОЯН Г.Л. *Модели мотивационного управления в лечебно-профилактическом учреждении* // Системы управления и информационные технологии. – 2013. – №1.1(51). – С. 207 – 210.
10. МИРЗОЯН Г.Л. *Модель территориальной системы здравоохранения и классификация задач управления* // Управление большими системами: материалы IX Всероссийской школы-конференции молодых ученых. Том 1. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2012. – С. 203 – 205.
11. НОВИКОВ Д.А., ГЛОТОВА Н.П. *Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами*. – М.: ИУО РАО, 2004. – 142 с.
12. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления образовательными системами*. – М.: Народное образование, 2009. – 416 с.
13. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами: учебник*. – 3-е изд. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2012. – 608 с.
14. СУНГАТОВ Р.Ш. *Современные технологии управления здравоохранением как экономической системой*. – Казань: КГМА, 2005. – 211 с.

15. *Управление ЛПУ в современных условиях* / Под ред. академика РАМН В.И. Стародубова. – М.: Издательский дом «Менеджер здравоохранения», 2009. – 416 с.
16. ЩЕПИН О.П., МЕДИК В.А. *Общественное здоровье и здравоохранение: учебник*. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 592 с.
17. ШИШКИН С.В. и др. *Организация финансирования и управления здравоохранением в регионах России. Общая характеристика*. – М.: Независимый институт социальной политики, 2005. – 31 с.
18. BREKKE K., SICILIANI L., STRAUME O. *Hospital Competition and Quality with Regulated Prices*. CESifo Working Paper Series 2635. – Munich: CESifo Group, 2009. – 19 p.
19. CAPPS C., DRANOVE D., SATTERTHWAITE M. *Competition and Market Power in Option Demand Markets* // RAND Journal of Economics. – 2003. – Vol. 34. – №4. – P. 737–763.
20. DUBOVIK A., MAARTEN J. *Oligopolistic Competition in Price and Quality*. Discussion Paper TI 2008-068/1. – Amsterdam: Tinbergen Institute, 2008. – 36 p.
21. GAYNOR M., Town R. *Competition in Health Care Markets*. Working Paper №12/282. – Bristol: University of Bristol, 2012. – 153 p.
22. GROSSMAN M. *The Human Capital Model of the Demand for Health*. – NBER Working Paper № 7078, 1999. – 102 p.
23. *Handbook of Health Economics*. Vol. 2. – Amsterdam: Elsevier, 2012. – 1126 p.
24. *Implementing Health Financing Reform (Lessons from Countries in Transition)* / Eds. Kutzin J., Cashin C., Jakab V. – Copenhagen: WHO, 2010. – 411 p.
25. JONES A. *Health Econometrics*. – NY.: University of New York, 1998. – 81 p.
26. WAGSTAFF A., CULYER A. *Four Decades of Health Economics through a Bibliometric Lens* // Policy Research Working Paper 5829. – Washington DC: The World Bank. 2011. – 72 p.

THE MODEL OF MONOPOLISTIC TREATMENT-AND-PROPHYLACTIC INSTITUTION ON TERRITORIAL HEALTH-CARE MARKET

Gagik Mirzoyan, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, post-graduate student (mirzoyangl@yandex.ru).

Abstract: We state and study the model of decision-making on pricing and quality for the monopolist treatment-and-prophylactic institution on the regional market. The model accounts for intra-firm employees' motivation mechanisms.

Keywords: treatment-and-prophylactic institutions, control mechanisms, motivational control, optimal resource allocation.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Д.А. Новиковым

Поступила в редакцию 09.04.2013.

Опубликована 30.09.2013.