

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АПТЕЧНОЙ СЕТЬЮ

*Э.В. Кокоулина, А.Б. Усов*

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону  
ekokoulina@sfedu.ru, abusov@sfedu.ru

**Аннотация.** В статье представлена двухуровневая модель контроля оборота фармацевтических средств. «Ведущим» в системе является Росздравнадзор, а аптека – «ведомым». Росздравнадзор контролирует соблюдение всех правил и выносит штрафы за их нарушение. Руководство аптеки стремится к максимизации своей прибыли, управляя установленной наценкой на продаваемый товар. «Ведомый» стремится к максимизации прибыли, игнорируя некоторые правила, поэтому целью «ведущего» является контроль за их соблюдением. В системе строится равновесие Штакельберга. Представлены целевые функции обоих субъектов управления. Для частного вида входных функций равновесие находится аналитически. Проведен анализ полученных результатов, сделан ряд выводов.

**Ключевые слова:** двухуровневая модель, управление, равновесие Штакельберга, оптимальная стратегия, агент.

Несколько десятков лет тому назад все аптеки были государственными и практически в каждой из них существовали рецептурно-производственные отделы, поэтому большинство лекарств делалось сотрудниками аптек. Готовых лекарственных средств было мало, но при этом цены на лекарства по всей стране были одинаковыми.

В настоящее время ситуация изменилась. За три последних десятилетия открылось множество аптек. В основном предприятия стали коммерческими. Развитие фармации в России подробно описано в работе [1, с. 39–50]. Поток хлынувших зарубежных готовых фармацевтических средств увеличил привычный аптечный ассортимент. Сейчас из числа готовых препаратов промышленного производства возможно отыскать почти любое средство.

Здоровье населения является основой благосостояния нации и основным критерием национальной безопасности. Именно государство берет на себя обязанности по поддержанию определенного уровня здоровья нации, обеспечивая гражданам определенные права и гарантии в области охраны здоровья. Таким образом, в Российской Федерации существуют специальные законы, регулирующие деятельность аптек. В соответствии с работой [2], Росздравнадзор является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере здравоохранения.

Государственная система контроля фармакологической деятельности, качества и безопасности лекарственных средств описана в работе [1]. Экономическая составляющая аптек и нормативно-правовые основы регулирования экономической деятельности аптек представлены в источнике [3].

**Математическая модель.** Рассмотрим статическую двухуровневую систему [4; 5]. Система управления имеет следующую структуру: Росздравнадзор является «ведущим», а аптека – «ведомым». Введен механизм штрафов [6]. Росздравнадзор контролирует соблюдение всех правил и выносит штрафы за их нарушение. Доход Росздравнадзора – прибыль с выданных штрафов и выделенные деньги из федерального бюджета. Расходами являются выплаты сотрудникам, средства, потраченные на проведение различных проверок, отчисления в федеральные проекты. Задача аптеки – максимизация прибыли. Доход складывается из количества проданных лекарственных средств и медицинских изделий. Расходы состоят из затрат на закупку, издержек на обращение, зарплат сотрудникам, выплат по штрафам. Составим целевые функции [7].

Целевая функция для «ведущего»:

$$G_R = \alpha q(S, K) + V(K) N - P(S) \rightarrow S, \quad (1)$$

Целевая функция для «ведомого»:

$$G_A = V(K)(1-N) - \alpha q(S, K) \rightarrow K, \quad (2)$$

где  $S$  – допустимая наценка, установленная Росздравнадзором;  $K$  – наценка на товар, установленная аптекой.

Функция  $q(S, K)$  отражает сумму штрафа за превышение допустимой наценки и имеет вид  $q(S, K) = (K - S)a$ ;  $a$  – сумма штрафа за превышение. Если  $K$  превышает  $S$ , то государство вознаграждает аптеку субсидиями.

Функция  $V(K)$  – отражает чистую прибыль:

$$V(K) = (\beta C(K)(\gamma + \gamma K) - W(K) - R(K))$$

$\beta$  – среднее число покупателей;

$$C(K) = \frac{1}{K} \text{ – функция количества покупателей;}$$

$\gamma$  – средняя себестоимость товара;

$W(K)$  – зарплата сотрудников:  $W(K) = MK^2$ ;

$R(K)$  – аренда помещения:  $R(K) = rK$ ;

$r$  – средняя цена аренды;

$M$  – деньги, выделенные на зарплату сотрудникам;

$$\alpha = 1 - \frac{1}{4K^2} \text{ – вероятность обнаружения}$$

превышения наценки;

$N$  – налог на прибыль;

$P(S)$  – функция затрат на проведение проверки:  $P(S) = \frac{Y}{S}$ ;

$Y$  – средняя сумма денег, выделенная на проведение проверок.

Ограничения на управления субъектов имеют вид:

$$0.5 \leq S \leq 2 \quad (3)$$

$$0 < K < 5. \quad (4)$$

Итак, решается задача (1)–(4). Проведем исследование при бескорыстном «ведущем». Тогда решается задача «ведомого» (2)–(4).

### Примеры расчетов

Таблица 1. Результаты расчетов, произведенных в случае  $N = 0,2$

№	$\gamma$	$M$	$r$	$\beta$	$a$	$S$	$K$	$G_A$
1	400	50 000	40 000	1300	100 000	0,5	3,5	982 244,9
2	400	50 000	40 000	1600	150 000	0,5	4,1	128 3662
3	400	70 000	40 000	1300	150 000	0,5	2	763 125
4	400	100 000	80 000	1500	100 000	0,5	1,9	860 990,6
5	400	120 000	100 000	1600	150 000	0,5	1,4	828 078,8
6	400	50 000	40 000	1300	100 000	1	3,5	1 030 204
7	400	70 000	40 000	1500	100 000	1	3,1	1 131 566
8	400	100 000	40 000	1300	100 000	1	1,8	780 345,7
9	400	100 000	40 000	1600	120 000	1	2,2	1 051 676
10	400	120 000	80 000	1300	100 000	1	1,4	690 844,1
11	400	50 000	50 000	1300	120 000	2	3,2	1 072 631
12	400	50 000	80 000	1300	100 000	2	3,2	1 018 659
13	400	70 000	40 000	1500	120 000	2	3	1 206 667
14	400	100 000	40 000	1500	100 000	2	2,2	1 060 466
15	400	120 000	40 000	1500	120 000	2	1,8	995 656,3
16	300	50 000	40 000	1300	100 000	0,5	2,2	581 962
17	300	50 000	80 000	1300	120 000	0,5	1,5	500 666,7
18	300	100 000	40 000	1500	150 000	0,5	1,1	571 190,1
19	300	100 000	80 000	1300	100 000	0,5	0,9	455 091,4
20	300	120 000	100 000	1300	120 000	0,5	0,8	428 285
21	300	50 000	40 000	1500	100 000	1	2,8	796 279,6
22	300	50 000	80 000	1300	120000	1	1,7	548 532,9
23	300	70 000	40 000	1500	100000	1	2	704 500
24	300	100 000	50 000	1600	120000	1	1,5	673 333,3
25	300	120 000	100 000	1600	100000	1	1,2	597 504,4
26	300	50 000	40 000	1500	100000	2	2,9	890 150,8
27	300	50 000	80 000	1500	150000	2	2	792 000
28	300	70 000	40 000	1600	100000	2	2,3	870 195,5
29	300	100 000	80 000	1600	150000	2	1,5	742 333,3
30	300	120 000	100 000	1500	120000	2	1,3	620 907,9

Таким образом, при возрастании расходов аптеке выгоднее ставить наценку ниже, приближая ее к установленной государством.

**Заключение.** Из полученных результатов можно сделать следующие выводы: чем сильнее наценка аптеки превышает установленную государством, тем больше вероятность того, что будет уплачен штраф. Также при завышенной наценке уменьша-

ется количество потенциальных покупателей, что приводит к еще большим убыткам. В большинстве случаев, если аптека имеет хороший поток клиентов и, соответственно, большую прибыль, то для нее выгоднее незначительно увеличить наценку. Таким образом, для «ведомого» наиболее выигрышной будет являться такая стратегия, при которой он соблюдает законы или устанавливает наценку, близкую к той, которую установило государство.

#### Список литературы

1. Управление и экономика фармации. Экономика аптечных организаций: учебник для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности «Фармация»: в двух частях / [Дорофеева В.В., Лоскутова Е.Е., Косова И.В. и др.]; под ред. Е.Е. Лоскутовой; 4-е изд., испр. и доп. М.: Академия, 2019. Ч. 1. 2019. 186 с.
2. Постановление Правительства РФ от 30 июня 2021 г. № 1066 «О федеральном государственном контроле (надзоре) за обращением медицинских изделий».
3. Управление и экономика фармации. Экономика аптечных организаций: учебник для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности «Фармация»: в двух частях / [Дорофеева В.В., Лоскутова Е.Е., Косова И.В. и др.]; под ред. Е.Е. Лоскутовой; 4-е изд., испр. и доп. Москва: Академия, 2019. Ч. 2. 2019. 234 с.
4. Угольницкий Г.А., Усов А.Б. Математическая формализация методов иерархического управления эколого-экономическими системами // Проблемы управления. 2007. Вып. 4. С. 64–69.
5. Угольницкий Г.А. Методология и прикладные задачи управления устойчивым развитием активных систем // Проблемы управления. 2019. Вып. 2. С. 19–29. DOI: <https://10.25728/ru.2019.2.3>
6. Угольницкий Г.А. Управление эколого-экономическими системами. М.: Вузовская книга, 1999.
7. Усов А.Б. Иерархически организованные системы управления. Ростов-на-Дону, 2008.

---

## MATHEMATICAL MODEL OF PHARMACY CHAIN MANAGEMENT

---

*E. V. Kokoulina, A. B. Usov*

Southern Federal University, Rostov-on-Don  
ekokoulina@sfedu.ru, abusov@sfedu.ru

---

**Abstract.** The article presents a two-level model for controlling the turnover of pharmaceutical products. Roszdravnadzor (Federal Service for the Oversight of Public Health) is the leader in the system, and the pharmacy is the follower. Roszdravnadzor monitors compliance with all rules and issues fines for their violation. The pharmacy's aim is to maximize its profits by managing the established margin on the goods. The leader strives to maximize profits by ignoring some rules, so the goal of the leader is to monitor their compliance. The Stackelberg equilibrium is constructed in the system. The objective functions of both subjects of management are presented. For a particular type of input functions, the equilibrium is found analytically. The analysis of the obtained results is given, a number of conclusions are made.

**Keywords:** two-level model, management, Stackelberg equilibrium, optimal strategy, agent.

### References

1. Dorofeeva V.V., Loskutova E.E., Kosova I.V. et al. *Upravlenie i ekonomika farmatsii. Ekonomika aptechnykh organizatsii: uchebnik dlia studentov uchrezhdenii vysshego obrazovaniia, obuchaiushchikhsia po spetsial'nosti "Farmatsiia"*. [Pharmacy management and economics. Economics of pharmacy organizations Management and economics of pharmacy]. Moscow: Academy, 2019. Vol. 1. 186 p. (In Russian)
2. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30 iunია 2021 g. № 1066 «O federal'nom gosudarstvennom kontrole (nadzore) za obrashcheniem meditsinskikh izdelii»*. [Decree of the Government of the Russian Federation № 1066 of June 30, 2021 "On Federal State Control (Supervision) over the circulation of medical devices"]. (In Russian).
3. Dorofeeva V.V., Loskutova E.E., Kosova I.V. et al. *Upravlenie i ekonomika farmatsii. Ekonomika aptechnykh organizatsii: uchebnik dlia studentov uchrezhdenii vysshego obrazovaniia, obuchaiushchikhsia po spetsial'nosti "Farmatsiia"*. [Pharmacy management and economics. Economics of pharmacy organizations Management and economics of pharmacy]. M.: Academy, 2019. Vol. 2. 234 p. (In Russian).
4. Ugolnitskiy G.A., Usov A.B. Mathematical formalization of methods of hierarchical management of ecological and economic systems. *Problems of management*. 2007. Vol. 4. P. 64–69. (In Russian).
5. Ugolnitskiy G.A. Methodology and applied tasks of managing the sustainable development of active systems. *Problemy upravleniya*. [Management problems]. 2019. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.25728/pu.2019.2.3>
6. Ugolnitskiy G.A. *Upravlenie ekologo-ekonomicheskimi sistemami*. [Management of ecological and economic systems]. Moscow: Vuzovskaya kniga, 1999. (In Russian).
7. Usov A.B. *Ierarhicheski organizovannye sistemy upravleniya*. [Hierarchically organized management systems]. Rostov-on-Don, 2008. (In Russian).