

УДК 330.46

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОЛЬНИЦЫ

© 2019 г.

*М.А. Федоткин,<sup>1</sup> Е.В. Пройдакова,<sup>2</sup> А.Н. Эделева<sup>3</sup>*

Федоткин Михаил Андреевич, д.ф.-м.н.; проф.; профессор кафедры программной инженерии  
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского  
fma5@rambler.ru

Пройдакова Екатерина Вадимовна, к.ф.-м.н.; доц.; доцент кафедры программной инженерии  
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского  
rev\_1@mail.ru

Эделева Анна Николаевна, к.м.н.; главный врач городской клинической больницы № 34  
Советского района г. Нижнего Новгорода  
annikedd@rambler.ru

*Статья поступила в редакцию 30.10.2019**Статья принята к публикации 25.10.2019*

Статья посвящена синтезу математической модели функционирования конкретного медицинского учреждения в виде управляющей системы. В основе данного построения лежит методология кибернетического подхода, ранее успешно применявшаяся авторами для построения математических моделей систем с переменной структурой. Созданная математическая модель позволяет по единственному измерению основных показателей результатов работы отдельного медицинского учреждения в течение каждого отчетного года получать дополнительную статистику любого конечного объема. Накопленные таким образом данные можно использовать для проведения аналитического и численного исследования и подробно изучать качество и динамику функционирования медицинского учреждения, в том числе и методами, имеющими ограничение снизу на необходимый объем данных.

*Ключевые слова:* управляющая система, кибернетический подход, математическая модель функционирования медицинского учреждения, сохранение здоровья.

### Введение

Детальное исследование демографической ситуации в мире показывает рост числа престарелых граждан и рост заболеваемости данной категории лиц. В связи с этим требуется повышение эффективности работы существующей системы медицинских учреждений (больниц) для каждого конкретного региона, например города. Однако ограничение финансовых ресурсов в здравоохранении определяет необходимость более детального аналитического исследования величины и структуры затрат на койки в каждом из многопрофильных медицинских учреждений. Более того, необходимо анализировать динамику статей затрат лечебных учреждений по отчетным годам с точки зрения экономической классификации расходов.

Построение адекватной математической модели реальной управляющей системы является обязательным первым шагом в любом аналитическом исследовании. На сегодня методы построения моделей систем в основном исчерпываются двумя подходами. Первый подход основан на рассмотрении системы с позиции «черного ящика». Второй, так называемый «кибер-

нетический» подход основан на представлении управляющей системы в виде  $n$  составляющих её элементов, при этом каждый такой элемент рассматривается как более простая для изучения управляющая система. Методология этих подходов подробно или частично рассмотрена на конкретных задачах в [1–4]. При кибернетическом подходе приходится предварительно детально изучить большое число  $n$  составляющих элементов системы. Каждый такой элемент, возможно, функционирует с различными характеристиками. Поэтому для решения социальной проблемы медицинского обслуживания лиц пожилого возраста не только необходимо определить функциональные и статистические связи между различными характеристиками составляющих элементов системы, но также необходимо оптимальное управление сети из медицинских учреждений.

### Методология

Пусть медицинская сеть многопрофильного лечения целого региона составлена из  $n$  типовых медицинских учреждений  $M_1, M_1, \dots, M_n$ . Далее будем использовать кибернетический

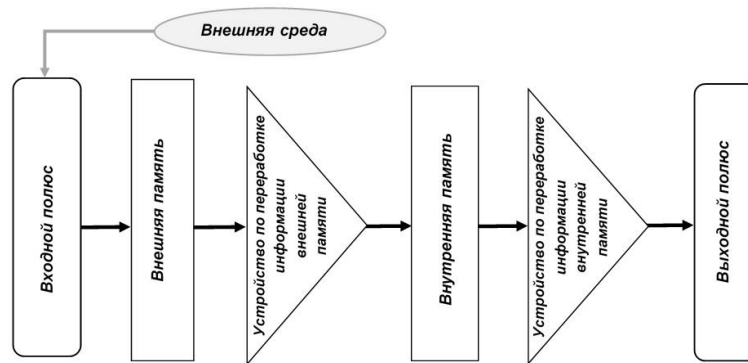


Рис. Схема типового лечебного медицинского учреждения

подход для построения и анализа математической модели типового лечебного медицинского учреждения (больницы)  $M_j$  с номером  $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$ . Функционирование каждого медицинского учреждения, естественно, является более простой управляющей системой по сравнению с функционированием во времени всей сети многопрофильного лечения целого региона, например Нижнего Новгорода. В дальнейших исследованиях покажем, что кибернетический подход позволяет в том числе решить и задачу оптимизации функционирования всей сети из  $n$  медицинских учреждений. Известно, что администрация типового медицинского учреждения  $M_j$  и администрация медицинского отдела района в течение отчетного года  $t \in T = \{1, 2, \dots, k\}$  может выбирать управление  $r(t)$  из некоторого множества  $R$ . Здесь управление  $r(t)$  определяет в течение отчетного года  $t$  для медицинского учреждения  $M_j$  некоторое абстрактное воздействие, существенно влияющее на основные параметры и показатели его функционирования. Таким образом, номера  $1, 2, \dots, k$  отчетных годов  $t$  задают на оси времени дискретную шкалу функционирования синтезируемой медицинской управляющей системы  $M_j$ , что согласовано с требованиями кибернетического подхода [1]. Длительность всего периода наблюдений за работой больницы  $M_j$  равна  $k$ .

Представим схему типового лечебного медицинского учреждения  $M_j$  в виде блочной структуры. Выделим следующие блоки: *внешняя среда*, *входной полюс*, *внешняя память*, *устройство по переработке информации внешней памяти*, *внутренняя память*, *устройство по переработке информации внутренней памяти* и *выходной полюс* (рис.). Далее рассмотрим подробнее каждый из указанных функциональных блоков.

На содержательном уровне *внешняя среда* в течение отчетного года  $t$  является существенным фактором на выбор так называемого нор-

мативного управления  $u = u(t) \in R$  для каждого типового медицинского учреждения  $M_j$ . Кроме того, *внешняя среда* в течение отчетного года  $t$  влияет на точность  $\varepsilon = \varepsilon(t)$  измерений всех параметров и результатов работы медицинского учреждения  $M_j$ . Будем считать, что математическое описание *внешней среды* определяется некоторым числом  $\varepsilon(t)$ , для которого справедливо соотношение  $0 < \varepsilon(t) < 1$ .

*Входной полюс* задает начальные условия работы типового медицинского учреждения  $M_j$ . Пусть за каждый рассматриваемый отчетный год  $t$  при управлении  $r = r(t) \in R$  величина  $x_j^{(r)}(t)$  определяет число используемых коек медицинским учреждением  $M_j$ . Тогда  $x_j^{(r)}(t)$  является математическим описанием *входного полюса* схемы управляющей системы больницы  $M_j$  в отчетном году  $t$  при управлении  $r$ . При управлении  $r$  структура финансирования типового медицинского учреждения  $M_j$  включает  $m$  статей затрат. Пусть переменная  $i \in I = \{1, 2, \dots, m\}$  и обозначает для каждой больницы  $M_j$  номер конкретной статьи затрат из  $m$  возможных. Тогда при управлении  $r$  величина  $A_{i,j}^{(r)}(t)$  определяет стоимость затрат статьи с номером  $i$  для медицинского учреждения с номером  $j$  за каждый отчетный год с номером  $t$ . Наряду с величиной  $A_{i,j}^{(r)}(t)$ , которая определена при любых фиксированных значениях  $i \in I, j \in J, r \in R$  и  $t \in T$ , введем в рассмотрение величины  $Q_j^{(r)}(t)$ ,  $G_j^{(r)}(t)$  и  $L_j^{(r)}(t)$ . При заданном управлении  $r \in R$  в течение отчетного года  $t \in T$  величины  $Q_j^{(r)}(t)$ ,  $G_j^{(r)}(t)$  и  $L_j^{(r)}(t)$  определяют число пролеченных больных, число умерших больных и количество койко-дней в медицинском учреждении  $M_j$ .

В дальнейшем каждую из величин  $n, k, m$  будем считать постоянными числами. Из множества  $I$  всех номеров статей затрат выделим подмножество  $I_0 = \{i_1, i_2, \dots, i_s\}$  номеров  $i_1 < i_2 < \dots < i_s = m$  статей затрат и подмножество  $I_1 = \{a_1, a_2,$

...,  $a_l$  последовательных номеров  $a_1 < a_2 < \dots < a_l$  статей затрат, где  $l < s < m$ . Статьи затрат с номерами  $i_1, i_2, \dots, i_s$  будем называть основными или укрупненными. Статьи затрат с номерами  $a_1, a_2, \dots, a_l$  являются вспомогательными или зависимыми. Статьи затрат с номерами из множества  $(I \setminus I_0) \setminus I_1$  считаем независимыми. Итак, число укрупнённых статей затрат равно  $s$ , число вспомогательных статей затрат равно  $l$  и число независимых статей затрат равно  $m - s - l$ . Как правило, финансирование любой укрупнённой или зависимой статьи равно сумме финансирования некоторого числа заданных независимых статей затрат с номерами из множества  $(I \setminus I_0) \setminus I_1$ . Отметим, что укрупнённые статьи затрат с номерами  $i_1, i_2, \dots, i_{s-1}$  играют важную роль в изучении структуры затрат каждого из медицинских учреждений, так как эти статьи затрат определяют при управлении  $r$  суммарный объём  $A_{m,j}^{(r)}(t) = A_j^{(r)}(t)$  финансирования расходов по всем статьям затрат больницы с номером  $j$  в отчетном году  $t$ . Заметим, что множества  $I, I_0, I_1$  и параметры  $m, s, l$  задаются руководствами (администрациями) медицинских учреждений и руководством (администрацией) медицинского отдела района. Администрация типового медицинского учреждения  $M_j$  и администрация медицинского отдела района в течение каждого отчётного года  $t$  назначает нормативное управления  $u = u(t) \in R$ . Нормативное управление  $u = u(t)$  однозначно определяет значение  $x_j^{(u)}(t)$ , то есть количество используемых коек типовым медицинским учреждением  $M_j$  в течение отчётного года  $t$ . В результате функционирования больницы  $M_j$  в течение года  $t$  при использовании  $x_j^{(u)}(t)$  коек измеряются её характеристики или фактические значения статей затрат  $A_{1,j}^{(u)}(t), A_{2,j}^{(u)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u)}(t)$  и значения основных показателей  $Q_j^{(u)}(t), G_j^{(u)}(t), L_j^{(u)}(t)$ .

В качестве математической модели блока схемы типового лечебного медицинского учреждения  $M_j$ , соответствующего *внешней памяти*, будем рассматривать следующий вектор  $(A_{1,j}^{(u)}(t), A_{2,j}^{(u)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u)}(t), Q_j^{(u)}(t), G_j^{(u)}(t), L_j^{(u)}(t))$ . При этом структура финансовых затрат  $A_{1,j}^{(u)}(t), A_{2,j}^{(u)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u)}(t)$  включает независимые, укрупнённые и вспомогательные статьи. Для иллюстрации обоснованности такой структуры в таблице 1 перечислены наименования всех возможных статей затрат, жирным шрифтом выделены укрупнённые статьи затрат.

Данные статьи затрат используются в каждом отчетном году медицинскими учреждениями регионов Приволжского федерального округа, и в том числе Нижнего Новгорода и Нижегородской области. В таблице 1 множество  $I = \{1, 2, \dots, 25\}$ , множество  $I_0 = \{1, 5, 16, 17,$

$25\}$ , множество  $I_1 = \{8, 12, 19\}$ , множество  $(I \setminus I_0) \setminus I_1 = \{2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 23, 24\}$  и  $m = 25, s = 5, l = 3$ . Под номерами 1, 5, 16, 17, 25 приведены укрупнённые статьи затрат. Например, финансирование статьи «Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда» определяется суммированием финансирования статей затрат под номерами 2, 3, 4. Финансирование статьи «Приобретение услуг, всего» вычисляется суммированием финансирования статей затрат под номерами 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14 и 15. Заметим, что шестнадцатая статья также является укрупнённой, хотя и не определяется как сумма некоторых независимых статей затрат. Финансирование семнадцатой статьи «Поступление нефинансовых активов» определяется суммированием финансирования статей затрат под номерами 18, 20, 21, 22, 23, 24. Величина  $A_{25,j}^{(u)}(t) = A_j^{(u)}(t)$  финансирования двадцать пятой статьи «Суммарный объём затрат» определяется суммированием финансирования укрупнённых статей затрат под номерами 1, 5, 16, 17. Вспомогательные статьи затрат приведены в таблице 1 под номерами 8, 12, 19. Финансирование вспомогательной статьи 8 «Оплата коммунальных услуг» определяется суммированием финансирования статей затрат под номерами 9, 10, 11. Финансирование вспомогательной статьи 12 «Услуги по содержанию имущества» задаётся суммированием финансирования статей затрат под номерами 13, 14. Финансирование вспомогательной статьи 19 «Увеличение стоимости материальных запасов» определяется суммированием финансирования статей затрат 20, 21, 22, 23, 24.

Выбор того или иного нормативного управления  $u = u(t)$  существенно влияет на результаты работы типового медицинского учреждения. Этот выбор, естественно, происходит с ошибкой. Более того, любое измерение фактических значений статей затрат  $A_{1,j}^{(u)}(t), A_{2,j}^{(u)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u)}(t)$  и значений основных показателей  $Q_j^{(u)}(t), G_j^{(u)}(t), L_j^{(u)}(t)$  также осуществляется с ошибкой. У типового медицинского учреждения нет физической возможности повторять процесс функционирования в отчётном году  $t$  при назначенном управлении  $u = u(t)$ . Следовательно, имеется единственное измерение фактических значений статей финансовых затрат  $A_{1,j}^{(u)}(t), A_{2,j}^{(u)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u)}(t)$  и значений основных показателей  $Q_j^{(u)}(t), G_j^{(u)}(t), L_j^{(u)}(t)$ . Ниже рассмотрим простой метод многократной генерации единственного измерения каждой из величин  $A_{1,j}^{(u)}(t), A_{2,j}^{(u)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u)}(t), Q_j^{(u)}(t), G_j^{(u)}(t), L_j^{(u)}(t)$  на примере величины  $A_{2,j}^{(u)}(t)$ .

Таблица 1

**Статьи затрат, используемые медицинскими учреждениями в отчетном году**

№ п\п	Обозначение	Наименование статьи затрат
<b>1</b>	$A_{1,j}^{(u)}(t)$	<b>Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда</b>
2	$A_{2,j}^{(u)}(t)$	Оплата труда гражданских служащих
3	$A_{3,j}^{(u)}(t)$	Прочие выплаты
4	$A_{4,j}^{(u)}(t)$	Начисления на выплаты по оплате труда
<b>5</b>	$A_{5,j}^{(u)}(t)$	<b>Приобретение услуг, всего</b>
6	$A_{6,j}^{(u)}(t)$	Оплата услуг связи
7	$A_{7,j}^{(u)}(t)$	Оплата транспортных услуг
8	$A_{8,j}^{(u)}(t)$	Оплата коммунальных услуг
9	$A_{9,j}^{(u)}(t)$	Освещение помещений
10	$A_{10,j}^{(u)}(t)$	Отопление помещений
11	$A_{11,j}^{(u)}(t)$	Водоснабжение помещений
12	$A_{12,j}^{(u)}(t)$	Услуги по содержанию имущества
13	$A_{13,j}^{(u)}(t)$	Капитальный ремонт
14	$A_{14,j}^{(u)}(t)$	Остальные расходы
15	$A_{15,j}^{(u)}(t)$	Прочие услуги, всего
<b>16</b>	$A_{16,j}^{(u)}(t)$	<b>Прочие расходы</b>
<b>17</b>	$A_{17,j}^{(u)}(t)$	<b>Поступление нефинансовых активов</b>
18	$A_{18,j}^{(u)}(t)$	Увеличение стоимости основных средств
19	$A_{19,j}^{(u)}(t)$	Увеличение стоимости материальных запасов
20	$A_{20,j}^{(u)}(t)$	Приобретение продуктов питания, в том числе специальные жиры
21	$A_{21,j}^{(u)}(t)$	Медикаменты, перевязочные средства и прочие лечебные расходы
22	$A_{22,j}^{(u)}(t)$	Оплата горюче-смазочных материалов
23	$A_{23,j}^{(u)}(t)$	Мягкий инвентарь и обмундирование
24	$A_{24,j}^{(u)}(t)$	Прочие расходные материалы
<b>25</b>	$A_{25,j}^{(u)}(t)$	<b>Суммарный объём затрат</b>

Измерение независимой статьи затрат «Оплата труда гражданских служащих», приведенной в таблице 1 под номером 2, связано с большим числом вычислений, каждое из которых выполняется с незначительной ошибкой. Поэтому можно считать [1, 5], что нормативному управлению  $u(t)$  соответствует случайная стоимость  $\xi_{2,j}^{(u)}(t)$  статьи затрат «Оплата труда гражданских служащих», которая распределена по нормальному закону с неизвестными математическим ожиданием  $M(\xi_{2,j}^{(u)}(t))$  и дисперсией  $D(\xi_{2,j}^{(u)}(t))=\sigma^2$ . Выберем некоторое число  $\varepsilon$ , для которого справедливо  $0 < \varepsilon < 1$ . Полагаем, что значение  $A_{2,j}^{(u)}(t)$  измеряется с заданной точно-

стью  $\varepsilon A_{2,j}^{(u)}(t)$  и, значит, справедливо соотношение  $(1-\varepsilon)A_{2,j}^{(u)}(t) < M(\xi_{2,j}^{(u)}(t)) < (1+\varepsilon)A_{2,j}^{(u)}(t)$ . При достаточно малом значении  $\varepsilon$  допускаем, что  $M(\xi_{2,j}^{(u)}(t)) \approx A_{2,j}^{(u)}(t)$ . Учитывая для закона распределения Гаусса «правило трёх сигм», получаем  $A_{2,j}^{(u)}(t) + \varepsilon A_{2,j}^{(u)}(t) \approx A_{2,j}^{(u)}(t) + 3\sigma$ , отсюда  $\sigma \approx \varepsilon A_{2,j}^{(u)}(t)/3$ . Затем для получения нового значения стоимости  $\xi_{2,j}^{(u)}(t)$  статьи затрат «Оплата труда гражданских служащих» используем нормальный закон, для которого  $M(\xi_{2,j}^{(u)}(t)) = A_{2,j}^{(u)}(t)$  и  $D(\xi_{2,j}^{(u)}(t)) = (\varepsilon A_{2,j}^{(u)}(t)/3)^2$ .

Итак, в условиях единственного измерения случайной величины  $\xi_{2,j}^{(u)}(t)$  предлагается приближенный метод для формирования её новых

значений с помощью нормального закона. Этот метод будем использовать для генерации новых значений стоимостей всех независимых статей, укрупнённой шестнадцатой статьи «Прочие расходы» и генерации новых значений для числа пролеченных больных, числа умерших больных и количества койко-дней. Новые значения стоимостей для остальных статей определяются путём соответствующего суммирования полученных новых значений для независимых статей затрат. Например, новое значение стоимости вспомогательной статьи «Услуги по содержанию имущества» вычисляется путём суммирования новых значений стоимостей независимых статей затрат под номерами 13 и 14. Приведенный выше алгоритм вычисления новых значений стоимостей всех статей затрат, новых значений для числа пролеченных больных, числа умерших больных и количества койко-дней с использованием нормального закона представляет собой *устройство по переработке информации внешней памяти*.

При управлении  $u=u(t)$  для медицинского учреждения  $M_j$  за каждый отчетный год  $t$  обозначим через символы  $A_{i,j}^{(u;\varepsilon)}(t)$ ,  $Q_j^{(u;\varepsilon)}(t)$ ,  $G_j^{(u;\varepsilon)}(t)$  и  $L_j^{(u;\varepsilon)}(t)$  новые (полученные с помощью нормального закона) значения стоимости затрат статьи с номером  $i$ , числа пролеченных больных, числа умерших больных и количества койко-дней соответственно. Тогда вектор вида  $(A_{1,j}^{(u;\varepsilon)}(t), A_{2,j}^{(u;\varepsilon)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u;\varepsilon)}(t), Q_j^{(u;\varepsilon)}(t), G_j^{(u;\varepsilon)}(t), L_j^{(u;\varepsilon)}(t))$  определяет математическое описание блока схемы, соответствующего *внутренней памяти*.

Методика вычисления новых величин  $A_{i,j}^{(r;\varepsilon)}(t)$ ,  $Q_j^{(r;\varepsilon)}(t)$ ,  $G_j^{(r;\varepsilon)}(t)$  и  $L_j^{(r;\varepsilon)}(t)$  при  $i \in I$ ,  $j \in J$ ,  $r \in R$  и  $t \in T$  основывается на выборе нормативного или фактического управления  $u(t)$  с использованием состояния  $(A_{1,j}^{(u;\varepsilon)}(t), A_{2,j}^{(u;\varepsilon)}(t), \dots, A_{m,j}^{(u;\varepsilon)}(t), Q_j^{(u;\varepsilon)}(t), G_j^{(u;\varepsilon)}(t), L_j^{(u;\varepsilon)}(t))$  блока внутренней памяти. Нормативное управление  $u=u(t)$  однозначно определяет количество  $x_j^{(u)}(t)$  используемых коек больницей  $M_j$  в течение отчетного года  $t$ . Основные показатели  $A_{1,j}^{(u;\varepsilon)}(t)$ ,  $A_{2,j}^{(u;\varepsilon)}(t)$ ,  $\dots$ ,  $A_{m,j}^{(u;\varepsilon)}(t)$ ,  $Q_j^{(u;\varepsilon)}(t)$ ,  $G_j^{(u;\varepsilon)}(t)$ ,  $L_j^{(u;\varepsilon)}(t)$  позволяют при  $i \in I$ ,  $j \in J$ ,  $t \in T$  вычислить для больницы с номером  $j$  фактические сложившиеся нормативные коэффициенты по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} a_{i,j}^{(\varepsilon)}(t) &= A_{i,j}^{(u;\varepsilon)}(t) / x_j^{(u)}(t), \\ q_j^{(\varepsilon)}(t) &= Q_j^{(u;\varepsilon)}(t) / x_j^{(u)}(t), \\ g_j^{(\varepsilon)}(t) &= G_j^{(u;\varepsilon)}(t) / x_j^{(u)}(t), \\ l_j^{(\varepsilon)}(t) &= L_j^{(u;\varepsilon)}(t) / x_j^{(u)}(t). \end{aligned} \quad (1)$$

Сам алгоритм вычисления нормативных коэффициентов  $a_{i,j}^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $q_j^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $g_j^{(\varepsilon)}(t)$  и  $l_j^{(\varepsilon)}(t)$ , осно-

ванный на соотношении (1), представляет собой *устройство по переработке информации внутренней памяти* синтезируемой управляющей системы. Для больницы с номером  $j$  нормативные коэффициенты  $a_{i,j}^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $q_j^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $g_j^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $l_j^{(\varepsilon)}(t)$  суть плотность стоимости фактических затрат статьи с номером  $i$ , плотность фактически пролеченных больных, плотность по факту умерших больных и плотность по факту койко-дней соответственно. Величины  $a_{i,j}^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $q_j^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $g_j^{(\varepsilon)}(t)$ ,  $l_j^{(\varepsilon)}(t)$  могут быть вычислены для каждого медицинского учреждения  $M_j$  в отчетном году  $t$ . Обозначим здесь и в дальнейшем через символ  $[x]$  ближайшее целое число к действительному числу  $x$ . Нормативные коэффициенты в соотношении (1) позволяют при выбранном управлении  $r=r(t) \in R$  и заданной точности  $\varepsilon = \varepsilon(t)$  найти выборочные значения всех величин  $A_{i,j}^{(r;\varepsilon)}(t)$ ,  $Q_j^{(r;\varepsilon)}(t)$ ,  $G_j^{(r;\varepsilon)}(t)$ ,  $L_j^{(r;\varepsilon)}(t)$  с помощью соотношений (2):

$$\begin{aligned} A_{i,j}^{(r;\varepsilon)}(t) &= a_{i,j}^{(\varepsilon)}(t) x_j^{(r)}(t), \\ Q_j^{(r;\varepsilon)}(t) &= [q_j^{(\varepsilon)}(t) x_j^{(r)}(t)], \\ G_j^{(r;\varepsilon)}(t) &= [g_j^{(\varepsilon)}(t) x_j^{(r)}(t)], \\ L_j^{(r;\varepsilon)}(t) &= [l_j^{(\varepsilon)}(t) x_j^{(r)}(t)]. \end{aligned} \quad (2)$$

В этом случае вектор вида  $(A_{1,j}^{(r;\varepsilon)}(t), A_{2,j}^{(r;\varepsilon)}(t), \dots, A_{m,j}^{(r;\varepsilon)}(t), Q_j^{(r;\varepsilon)}(t), G_j^{(r;\varepsilon)}(t), L_j^{(r;\varepsilon)}(t))$  и соотношение (2) являются математическим описанием блока схемы, соответствующего *выходному полюсу* управляющей системы при управлении  $r=r(t)$  и точности  $\varepsilon = \varepsilon(t)$ .

В данном разделе решена задача построения математической модели функционирования конкретного медицинского учреждения в виде управляющей кибернетической системы. Построенная математическая модель в том числе позволяет изучать влияние внешней среды на функционирование отдельного медицинского учреждения в течение отчетного года.

## Результаты

В предыдущем разделе был предложен общий подход представления функционирования каждого медицинского учреждения в виде управляющей кибернетической системы. Далее рассмотрим методику отображения всех сгенерированных экспериментальных данных медицинского учреждения и способ сравнения его функционирования при фактических и новых данных. Это позволяет адекватно оценить работу каждого медицинского учреждения.

Используя результаты [1, гл. 3] фактического функционирования за период с 2007 по 2015 год каждого из пяти многопрофильных медицинских учреждений № 34, № 24, № 14, № 11 и № 37

Таблица 2

**Фактическое финансирование по укрупнённым статьям затрат в 2015 году**

№ п/п	Обозначение статей затрат	Фактическое финансирование укрупнённых статей затрат по медицинским учреждениям в 2015 году, руб.				
		№ 34 (j = 1)	№ 24 (j = 2)	№ 14 (j = 3)	№ 11 (j = 4)	№ 37 (j = 5)
1	$A_{1,j}^{(u)}(9)$	6014776.57	9132355.77	12007513.00	8248313.00	7216258.00
5	$A_{5,j}^{(u)}(9)$	1761009.64	1953602.25	2668096.00	2267537.00	791929.00
16	$A_{16,j}^{(u)}(9)$	92000.00	519562.50	783015.00	762450.00	74553.00
17	$A_{17,j}^{(u)}(9)$	3312185.09	3243272.22	3354175.00	3589656.00	1767588.00
25	$A_{25,j}^{(u)}(9)$	11179971.30	14848792.74	18812799.00	14867956.00	9850328.00

Таблица 3

**Фактические значения основных показателей в 2015 году**

Наименование основного показателя	Фактические значения основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году				
	№ 34 (j = 1)	№ 24 (j = 2)	№ 14 (j = 3)	№ 11 (j = 4)	№ 37 (j = 5)
Количество пролеченных человек, $Q_j^{(u)}(9)$	543	429	729	435	306
Количество умерших человек, $G_j^{(u)}(9)$	8	3	7	50	10
Количество койко-дней, $L_j^{(u)}(9)$	15146	15453	15912	16656	7503
Фактический суммарный объём затрат $A_j^{(u)}(9)$ , руб.	11179971.30	14848792.74	18812799.00	14867956.00	9850328.00

Нижего Новгорода, проведём качественный анализ эффективности их деятельности при сгенерированных экспериментальных данных. В этом конкретном случае целесообразно обозначить номера этих медицинских учреждений через 1, 2, 3, 4 и 5. При этом отчетным годам 2007, 2008, ..., 2015 необходимо присвоить соответственно номера 1, 2, ..., 9. Итак, в этой конкретной задаче с учётом таблицы 1 параметр  $m=25$ , параметр  $s=4$ , параметр  $n=5$  и параметр  $k=9$ . Для получения и качественного исследования сгенерированных финансовых расходов каждого из указанных пяти типовых медицинских учреждений в дальнейшем из работы [1, с. 113–118] были использованы фактические величины  $A_{i,j}^{(u)}(t)$ ,  $i \in \{1, 2, \dots, 25\}$ ,  $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ,  $t = 1, 2, \dots, 9$ . Напомним, что при любом  $t = 1, 2, \dots, 9$  нормативное управление  $u = u(t)$ , которое было назначено системой медицинских учреждений, определяет следующее количество коек для больницы:  $x_1^{(u)}(t) = x_2^{(u)}(t) = x_3^{(u)}(t) = x_4^{(u)}(t) = 50$ ,  $x_5^{(u)}(t) = 25$ .

Для примера и пояснений приведём в таблице 2 экспериментальные данные – фактические финансовые расходы по каждой из укрупнённых статей затрат и по каждому из медицинских учреждений за 2015 год.

В этой таблице для ориентирования приведено значение 11179971.30 руб. величины

$A_{25,1}^{(u)}(9)$ , которая определяет фактическое финансирование двадцать пятой статьи «Суммарный объём затрат» в больнице № 34 ( $j = 1$ ) в 2015 году. Аналогично величина  $A_{5,1}^{(u)}(9)$  равна 1761009.64 руб. и определяет стоимость фактических затрат по укрупнённой статье «Приобретение услуг, всего» в первой больнице в 2015 году.

В таблице 3 приведены значения основных показателей  $Q_j^{(u)}(9)$ ,  $G_j^{(u)}(9)$ ,  $L_j^{(u)}(9)$ ,  $A_j^{(u)}(9)$ ,  $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$  работы рассматриваемых медицинских учреждений Нижего Новгорода при указанном нормативном управлении  $u$ . Напомним, что к основным показателям в 2015 году для каждой больницы относятся количество  $Q_j^{(u)}(9)$  пролеченных больных, количество  $G_j^{(u)}(9)$  умерших человек, количество  $L_j^{(u)}(9)$  койко-дней и количество  $A_j^{(u)}(9)$  фактического суммарного финансирования по всем статьям затрат, где  $A_{25,j}^{(u)}(9) = A_j^{(u)}(9)$ .

Далее, с использованием описанного выше алгоритма на основе нормального закона получим новые значения  $A_{1,j}^{(u;\varepsilon)}(9)$ ,  $A_{2,j}^{(u;\varepsilon)}(9)$ , ...,  $A_{m,j}^{(u;\varepsilon)}(9)$ ,  $Q_j^{(u;\varepsilon)}(9)$ ,  $G_j^{(u;\varepsilon)}(9)$ ,  $L_j^{(u;\varepsilon)}(9)$ . Здесь полагаем  $\varepsilon = 0.01$  и рассмотрим первую реализацию нормального закона, которую ради простоты обозначим через символ  $\omega_1$ . Отметим, что этот метод будем использовать для генерации новых значений стоимостей всех независимых

Таблица 4

Сгенерированные значения укрупнённых статей затрат в 2015 году ( $\varepsilon = 0.01$  и  $\omega_1$ )

Наименования статей затрат	Сгенерированные значения для укрупнённых статей затрат по медицинским учреждениям в 2015 году при $\varepsilon = 0.01$ и реализации нормального закона $\omega_1$ , руб.				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда, $A_{1,j}^{(u; 0,01)}(9)$	6024916.30	9147751.14	12027755.32	8262218.04	7228423.20
Приобретение услуг, всего, $A_{5,j}^{(u; 0,01)}(9)$	1763978.36	1956895.64	2672593.89	2271359.62	793264.04
Прочие расходы, $A_{16,j}^{(u; 0,01)}(9)$	92155.09	520438.38	784335.01	763735.34	74678.68
Поступление нефинансовых активов, $A_{17,j}^{(u; 0,01)}(9)$	3317768.79	3248739.74	3359829.48	3595707.46	1770567.81
Суммарный объём затрат, $A_{25,j}^{(u; 0,01)}(9)$	11198818.54	14873824.90	18844513.70	14893020.47	9866933.73

Таблица 5

Сгенерированные значения основных показателей в 2015 году ( $\varepsilon = 0.01$  и  $\omega_1$ )

Наименование основного показателя	Сгенерированные значения основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году при $\varepsilon = 0.01$ и реализации нормального закона $\omega_1$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Количество пролеченных человек, $Q_j^{(u; 0,01)}(9)$	543.92	429.72	730.23	435.73	306.52
Количество умерших человек, $G_j^{(u; 0,01)}(9)$	8.01	3.01	7.01	50.08	10.02
Количество койко-дней, $L_j^{(u; 0,01)}(9)$	15171.53	15479.05	15938.82	16684.08	7515.65

Таблица 6

Сгенерированные значения плотностей для статей затрат в 2015 году ( $\varepsilon = 0.01$  и  $\omega_1$ )

Наименования статей затрат	Сгенерированные значения плотностей для статей затрат по медицинским учреждениям в 2015 году при $\varepsilon = 0.01$ и реализации нормального закона $\omega_1$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда, $a_{1,j}^{(0,01)}(9)$	120498.326	182955.023	240555.106	165244.361	289136.928
Приобретение услуг, всего, $a_{5,j}^{(0,01)}(9)$	35279.567	39137.913	53451.878	45427.192	31730.561
Прочие расходы, $a_{16,j}^{(0,01)}(9)$	1843.102	10408.768	15686.700	15274.707	2987.147
Поступление нефинансовых активов, $a_{17,j}^{(0,01)}(9)$	66355.376	64974.795	67196.590	71914.149	70822.712
Суммарная затрата, $a_{25,j}^{(0,01)}(9)$	223976.371	297476.498	376890.274	297860.409	394677.349

статей и укрупнённой шестнадцатой статьи. В таблице 4 приведены укрупненные статьи затрат, вычисляемые на основе суммирования независимых статей, и укрупнённая статья «Прочие расходы». Здесь  $A_j^{(u; 0,01)}(9) = A_{25,j}^{(u; 0,01)}(9)$ .

В таблице 5 приведены сгенерированные значения величин  $Q_j^{(u; 0,01)}(9)$ ,  $G_j^{(u; 0,01)}(9)$ ,  $L_j^{(u; 0,01)}(9)$  для числа пролеченных больных, числа умерших больных и, наконец, количества койко-дней. Затем вычисляем по сгенерированным значениям фактических показателей для каждого медицинского учреждения с номером  $j$  нормативные коэффициенты (плотности)  $a_{i,j}^{(0,01)}(9)$ ,  $q_j^{(0,01)}(9)$ ,  $g_j^{(0,01)}(9)$  и  $l_j^{(0,01)}(9)$  по соотношениям (1). Плотности  $a_{i,j}^{(0,01)}(9)$  стоимости фактических затрат по укрупненным статьям, то

есть для  $i \in \{1, 5, 16, 17, 25\}$ , приведены в таблице 6, а плотность  $q_j^{(0,01)}(t)$  фактически пролеченных больных, плотность  $g_j^{(0,01)}(9)$  по факту умерших больных и плотность  $l_j^{(0,01)}(9)$  по факту койко-дней – в таблице 7.

По найденным нормативным коэффициентам и при заданном управлении  $r=r(9) \in R$  можем вычислить величины  $A_{i,j}^{(r; 0,01)}(9)$ ,  $Q_j^{(r; 0,01)}(9)$ ,  $G_j^{(r; 0,01)}(9)$ ,  $L_j^{(r; 0,01)}(9)$  с помощью соотношений (2). В данном случае в качестве примера полагаем  $r=u(9)=u$ . Тогда количество коек остается неизменным и  $x_1^{(u)}(9) = x_2^{(u)}(9) = x_3^{(u)}(9) = x_4^{(u)}(9) = 50$ , а  $x_5^{(u)}(9) = 25$ . При значении  $\varepsilon = 0.01$  и реализации нормального закона  $\omega_1$  выборочные значения величин  $A_{i,j}^{(u; 0,01)}(9)$ ,  $i \in \{1, 5, 16, 17, 25\}$  по

Таблица 7

**Сгенерированные значения нормативных коэффициентов основных показателей в 2015 году ( $\epsilon = 0.01$  и  $\omega_1$ )**

Наименование нормативного коэффициента	Сгенерированные значения нормативных коэффициентов основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.01$ и реализации нормального закона $\omega_1$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Плотность пролеченных человек, $q_j^{(0,01)}(9)$	10.878	8.594	14.605	8.715	12.261
Плотность умерших человек, $g_j^{(0,01)}(9)$	0.160	0.060	0.140	1.002	0.401
Плотность койко-дней, $l_j^{(0,01)}(9)$	303.431	309.581	318.776	333.682	300.626

Таблица 8

**Выборочные значения основных показателей в 2015 году ( $\epsilon = 0.01$  и  $\omega_1$ )**

Наименование основного показателя	Выборочные значения основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.01$ и реализации нормального закона $\omega_1$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Количество пролеченных человек $Q_j^{(u; 0,01)}(9)$	544	430	730	436	307
Количество умерших человек, $G_j^{(u; 0,01)}(t)$	8	3	7	50	10
Количество койко-дней, $L_j^{(u; 0,01)}(9)$	15172	15479	15939	16684	7516

Таблица 9

**Выборочные значения для укрупнённых статей затрат в 2015 году ( $\epsilon = 0.01$  и  $\omega_2$ )**

Наименования статей затрат	Выборочные значения для укрупнённых статей затрат по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.01$ и реализации нормального закона $\omega_2$ , руб.				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда, $A_{1,j}^{(u; 0,01)}(9)$	6011833.37	9127887.06	12001637.40	8244276.88	7212726.89
Приобретение услуг, всего, $A_{5,j}^{(u; 0,01)}(9)$	1760147.93	1952646.30	2666790.43	2266427.43	791541.49
Прочие расходы, $A_{16,j}^{(u; 0,01)}(9)$	91954.98	519308.26	782631.85	762076.91	74516.52
Поступление нефинансовых активов, $A_{17,j}^{(u; 0,01)}(9)$	3310564.35	3241685.20	3352533.71	3587899.49	1766723.07
Суммарная затрата, $A_{25,j}^{(u; 0,01)}(9)$	11174500.64	14841526.83	18803593.40	14860680.71	9845507.97

укрупненным статьям приведены в таблице 4. В таблице 8 приведены выборочные значения величин  $Q_j^{(u; 0,01)}(9)$ ,  $G_j^{(u; 0,01)}(9)$  и  $L_j^{(u; 0,01)}(9)$  для числа пролеченных больных, числа умерших больных и количества койко-дней при  $\epsilon = 0.01$  и реализации  $\omega_1$ .

Таблицы 9 и 10 содержат те же показатели при  $\epsilon=0.01$ , что и в таблицах 4 и 8, но при этом используется вторая реализация нормального закона, обозначаемая теперь через символ  $\omega_2$ .

Например, в таблице 10 приведены значения величин  $Q_j^{(u; 0,01)}(9)$ ,  $G_j^{(u; 0,01)}(9)$  и  $L_j^{(u; 0,01)}(9)$  для числа пролеченных больных, числа умерших больных и количества койко-дней при  $\epsilon=0.01$  и реализации нормального закона  $\omega_2$ .

При сравнении выборочных значений по укрупненным статьям финансовых затрат и ос-

новных показателей при  $\epsilon=0.01$  и аналогичных выборочных значений при  $\epsilon=0.02$  оказалось, что они отличаются несущественно. В качестве подтверждения этого факта достаточно сравнить числовые данные таблиц 10 и 12. В силу этого, в таблицах 11, 12 приведены те же величины, что и в таблицах 9 и 10, но только при  $\epsilon = 0.02$  и для одной реализации  $\omega_2$ . Ниже приведены аналогичные таблицы 13 – 16, но при заданной точности  $\epsilon = 0.1$ .

В таблицах 13 – 16 при  $\epsilon = 0.1$  представлены значения, которые заметно отличаются от приведенных в таблицах 4, 8 – 12. В таблицах 4, 8–16 приведены значения величин, формирующих математическое описание выходных полюсов сгенерированных управляющих систем медицинских учреждений  $M_j, j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ , в



Таблица 10

**Выборочные значения основных показателей в 2015 году ( $\epsilon = 0.01$  и  $\omega_2$ )**

Наименование основного показателя	Выборочные значения основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.01$ и реализации нормального закона $\omega_2$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Количество пролеченных человек $Q_j^{(u; 0,01)}(9)$	543	429	729	435	306
Количество умерших человек, $G_j^{(u; 0,01)}(9)$	8	3	7	50	10
Количество койко-дней, $L_j^{(u; 0,01)}(9)$	15139	15445	15904	16648	7499

Таблица 11

**Выборочные значения для укрупнённых статей затрат в 2015 году ( $\epsilon = 0.02$  и  $\omega_2$ )**

Наименования статей затрат	Выборочные значения для укрупнённых статей затрат по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.02$ и реализации нормального закона $\omega_2$ , руб.				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда, $A_{1,j}^{(u; 0,02)}(9)$	6031067.92	9157091.26	12040036.01	8270654.01	7235803.63
Приобретение услуг, всего, $A_{5,j}^{(u; 0,02)}(9)$	1765779.43	1958893.69	2675322.68	2273678.75	794073.98
Прочие расходы, $A_{16,j}^{(u; 0,02)}(9)$	92249.19	520969.76	785135.84	764515.14	74754.93
Поступление нефинансовых активов, $A_{17,j}^{(u; 0,02)}(9)$	3321156.33	3252056.80	3363259.97	3599378.78	1772375.61
Суммарная затрата, $A_{25,j}^{(u; 0,02)}(9)$	11210252.86	14889011.51	18863754.50	14908226.68	9877008.15

Таблица 12

**Выборочные значения основных показателей в 2015 году ( $\epsilon = 0.02$  и  $\omega_2$ )**

Наименование основного показателя	Выборочные значения основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.02$ и реализации нормального закона $\omega_2$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Количество пролеченных человек $Q_j^{(u; 0,02)}(9)$	544	430	731	436	307
Количество умерших человек, $G_j^{(u; 0,02)}(9)$	8	3	7	50	10
Количество койко-дней, $L_j^{(u; 0,02)}(9)$	15187	15495	15955	16701	7523

Таблица 13

**Выборочные значения для укрупнённых статей затрат в 2015 году ( $\epsilon = 0.1$  и  $\omega_1$ )**

Наименования статей затрат	Выборочные значения для укрупнённых статей затрат по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.1$ и реализации нормального закона $\omega_1$ , руб.				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда, $A_{1,j}^{(u; 0,1)}(9)$	6005335.91	9118021.83	11988666.28	8235366.64	7204931.53
Приобретение услуг, всего, $A_{5,j}^{(u; 0,1)}(9)$	1758245.60	1950535.92	2663908.22	2263977.93	790686.01
Прочие расходы, $A_{16,j}^{(u; 0,1)}(9)$	91855.60	518747.01	781786.00	761253.28	74435.98
Поступление нефинансовых активов, $A_{17,j}^{(u; 0,1)}(9)$	3306986.36	3238181.65	3348910.36	3584021.76	1764813.63
Суммарная затрата, $A_{25,j}^{(u; 0,1)}(9)$	11162423.47	14825486.42	18783270.86	14844619.60	9834867.15

Таблица 14

**Выборочные значения основных показателей в 2015 году ( $\epsilon = 0.1$  и  $\omega_1$ )**

Наименование основного показателя	Выборочные значения основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.1$ и реализации нормального закона $\omega_1$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Количество пролеченных человек $Q_j^{(u; 0,02)}(9)$	542	428	728	434	306
Количество умерших человек, $G_j^{(u; 0,02)}(9)$	8	3	7	50	10
Количество койко-дней, $L_j^{(u; 0,02)}(9)$	15122	15429	15887	16630	7491

Таблица 15

**Выборочные значения для укрупнённых статей затрат в 2015 году ( $\epsilon = 0.1$  и  $\omega_2$ )**

Наименования статей затрат	Выборочные значения для укрупнённых статей затрат по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.1$ и реализации нормального закона $\omega_2$ , руб.				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Оплата труда и начисления на выплаты по оплате труда, $A_{1,j}^{(u; 0.1)}(9)$	5878083.96	8924812.64	11734628.67	8060860.75	7052260.36
Приобретение услуг, всего, $A_{5,j}^{(u; 0.1)}(9)$	1720988.70	1909204.43	2607460.50	2216004.65	773931.52
Прочие расходы, $A_{16,j}^{(u; 0.1)}(9)$	89909.20	507754.85	765220.10	745122.46	72858.70
Поступление нефинансовых активов, $A_{17,j}^{(u; 0.1)}(9)$	3236911.93	3169565.19	3277947.57	3508077.00	1727417.56
Суммарная затрата, $A_{25,j}^{(u; 0.1)}(9)$	10925893.79	14511337.11	18385256.84	14530064.86	9626468.14

Таблица 16

**Выборочные значения основных показателей в 2015 году ( $\epsilon = 0.1$  и  $\omega_2$ )**

Наименование основного показателя	Выборочные значения основных показателей по медицинским учреждениям в 2015 году при $\epsilon = 0.1$ и реализации нормального закона $\omega_2$				
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
Количество пролеченных человек $Q_j^{(u; 0.1)}(9)$	531	419	712	425	299
Количество умерших человек, $G_j^{(u; 0.1)}(9)$	8	3	7	49	10
Количество койко-дней, $L_j^{(u; 0.1)}(9)$	14802	15102	15550	16277	7332

отчетном году  $t=9$  при различных состояниях  $\epsilon \in \{0.01, 0.02, 0.1\}$  внешней среды и при конкретном управлении  $r=r(t)=u(t)=u$ .

**Заключение**

С помощью синтезированной управляющей системы можно на основе только одного измерения получать дополнительную статистику неограниченного объёма. При различных значениях  $t$ ,  $\epsilon$  и при различных реализациях нормального закона можно вычислить выборочные значения  $A_{i,j}^{(r; \epsilon)}(t)$  для статей затрат и выборочные значения  $Q_j^{(r; \epsilon)}(t)$ ,  $G_j^{(r; \epsilon)}(t)$  и  $L_j^{(r; \epsilon)}(t)$  для числа пролеченных больных, для числа умерших больных и для количества койко-дней. С помощью накопленной таким образом статистики любого конечного объёма можно проводить дополнительное аналитическое и численное исследование функционирования системы медицинских учреждений, используя, например, статистические данные из работ [1, 6–19]. Предложенный в данной работе кибернетический подход можно рассматривать как некоторый инструментальный для построения и анализа математической модели экономики функционирования не только медицинских учреждений, но и других реальных процессов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-413-520005).*

*Список литературы*

1. Федоткин М.А. Нетрадиционные проблемы математического моделирования экспериментов. М.: Физматлит, 2018.
2. Ляпунов А.А., Яблонский С.В. Теоретические проблемы кибернетики // Проблемы кибернетики. М.: Физматгиз, 1963. С. 5–22.
3. Эделева А.Н., Пройдакова Е.В. Математические методы исследования нагрузки персонала бюро судебно-медицинской экспертизы // Судебно-медицинская экспертиза. 2014. № 6. С. 45–48.
4. Эделева А.Н., Федоткин М.А. Анализ ресурсов медицинских учреждений с целью повышения качества оказания медицинской помощи лицам пожилого и старческого возрастов // Главный врач: хозяйство и право. 2015. № 6. С. 39–42.
5. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
6. Кумратова А.М., Попова Е.В., Биджиев А.З. Экономико-математическое моделирование риска в задачах управления ресурсами здравоохранения. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2014. 168 с.
7. Лебедев Н.В., Ролдугин Г.Н. Оптимизация распределения материальных ресурсов на уровне многопрофильного ЛПУ // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2006. 5 (2). С. 384–385.
8. Соколов Е.В. Система эффективного управления бюджетными поликлиниками Москвы и инструменты роста экономики России // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. 1 (10). С. 55–64.
9. Соколов Е.В., Самойлов Д.И. Экономико-математическая модель управления финансовым результатом работы структурных подразделений и

поликлиники в целом // Экономика и управление: проблемы, решения. 2015. 2 (8). С. 22–32.

10. Степкина Ю.А. Анализ моделей и способов финансирования здравоохранения и их развития в современных условиях // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2012. 6 (1). С. 135–144.

11. Пономарева И.П. Организационные аспекты паллиативной помощи лицам пожилого и старческого возраста с соматической прогрессирующей патологией // Современные проблемы науки и образования [Электронный научный журнал]. 2012. (3). URL: [http:// science-education.ru/ru/article/view?id=6251](http://science-education.ru/ru/article/view?id=6251) (дата обращения: 17.03.2018).

12. Грачёва А.С. О комплексном подходе к оказанию медицинской и социальной помощи пожилым людям // Вестник Росздравнадзора. 2011. № 1. С. 4–11.

13. Молевич Е.Ф. К анализу сущности и формы социальной старости // Социологические исследования. 2001. № 4. С. 61–68.

14. Карюхин Э.В. Старение населения: демографические показатели // Клиническая геронтология. 2000. № 1. С. 56–61.

15. Артемин В.А. Состояние гериатрической помощи населению Нижегородской области в 2011 г. Гериатрическая помощь населению Нижегородской области. Информационно-методические материалы. 2012. С. 3–23.

16. Вялков А.И. О необходимости внедрения новых экономических моделей в здравоохранении // Экономика здравоохранения. 2001. № 1. С. 5–11.

17. Бадаев Ф.И., Васильцова Л.И. Экономические проблемы муниципальной многопрофильной больницы // Экономика здравоохранения. 2002. № 11 (68). С. 14–17.

18. Позднякова М.А., Семисынов С.О. Постарение населения и актуальные проблемы последипломной подготовки среднего медицинского персонала в системе гериатрической помощи. Н. Новгород: Изд-во «Дятловы Горы», 2011.

19. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Математическая оценка взаимовлияния уровней безработицы различных возрастных групп с учётом старения населения // Вестник НГГУ. 2013. № 1. С. 14–19.

#### MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL METHODS FOR CONSTRUCTING AN ECONOMIC MODEL OF HOSPITAL FUNCTIONING

*M.A. Fedotkin, E.V. Proydakova, A.N. Edeleva*

<sup>1</sup>Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

<sup>2</sup>City clinical hospital No.34 of the Sovetsky district of Nizhny Novgorod

The article describes the synthesis of a mathematical model representing the functioning of a particular medical institution as a control system. The model is constructed on the basis of the methodology of the cybernetic approach, which was earlier used successfully by the authors to build mathematical models of systems with variable structure. By using this mathematical model, it is possible to obtain additional statistics of any finite volume from a single measurement of the main performance indicators of an individual medical institution during each reporting year. The data accumulated in this way can be used to conduct analytical and numerical studies and to study in detail the quality and dynamics of the functioning of a medical institution, including the use of the methods that have a lower bound on the required amount of data.

*Keywords:* control system, cybernetic approach, mathematical model of the functioning of a medical institution, health preservation.