

В связи с работой с персональными данными в системе должно быть обеспечение информационной безопасности и защиты персональных данных в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

#### Библиографический список

1. Пальчик А.Б., Шабалов Н.П., Шумилина А.П. Современные представления о перинатальной энцефалопатии // Рос. педиатр. журн. – 2001. – № 1. – С. 31–34.
2. Методические рекомендации по обеспечению функциональных возможностей медицинских информационных систем медицинских организаций [Электронный ресурс]. – URL: – 25.05.2016.
3. Шайдунов А.А., Пиянзин А.И., Шатохин А.С. и др. Диагностика перинатального поражения центральной нервной системы (диагностика). Рег. номер 2003610100 (04.01.2003) // Официальный бюллетень российского агентства по патентам и товарным знакам. – 2003. – №2(43). – С. 23.
4. Шайдунов А.А. Нейросетевая система анализа данных и диагностики перинатального поражения центральной нервной системы: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2005.
5. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2012 N 348 «Об утверждении концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения». – Загл. с экрана. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_129014/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129014/) – 27.05.2016.
6. Минздравом России утверждена структура электронной медицинской карты [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – URL: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2013/11/20/1314-minzdravom-rossii-tverzhdena-struktura-elektronnoy-meditsinskoj-karty>. – 25.05.2016.
7. Банушкина Н.А. База знаний экспертной системы «Анализ эффективности управленческих решений» // Известия АГУ. – Барнаул, 2011. – №1.
8. Банушкина Н.А. Информационные системы принятия управленческих решений в классе формализованных задач // МАК–2015 : материалы XVIII региональной конференции по математике. – Барнаул, 2015. –С. 124–128.

УДК 330.131.7

### Имитационное моделирование финансовых потоков фонда капитального ремонта МКД с использованием данных по Алтайскому краю на 2014–2043 гг. в среде AnyLogic

*Е.В. Богарова, С.П. Пронь  
АлтГУ, г. Барнаул*

Капитальный ремонт (КР) многоквартирного дома (МКД) – это проведение работ по устранению неисправностей изношенных конструктивных элементов общего имущества (ОИ) собственников помещений в многоквартирном доме, в том числе по их восстановлению или замене, в целях улучшения эксплуатационных характеристик общего имущества в многоквартирном доме и повышения безопасности проживания в нём [1]. В настоящее время проблема решения многих вопросов правового и организационного характера, связанных с КР ОИ МКД приобретает все большую остроту, т.к. финансирование КР перекладывается в основном на собственников, а степень износа жилого фонда растёт. При этом обязательства государства по КР на момент приватизации собственности не выполняются, что усложняет управление потоками средств, собираемых и направляемых на КР. Все это увеличивает риски по невыполнению необходимого объёма ремонтных работ в заданные сроки.

Представленная в [2–4] математическая модель «взаимного финансирования КР ОИ МКД», т.е. накопления средств на счете регионального оператора, позволяет провести имитационный эксперимент на примере данных красовой программы «Капитальный ремонт общего имущества в многоквартирных домах, расположенных на территории Алтайского края» на 2014–2043 годы [1]. Такой длительный период определен программой в связи с учетом межремонтных сроков проведения работ по отдельным конструктивным элементам МКД и сроков, необходимых для накопления средств, достаточных для проведения работ по КР МКД.

В [2] предполагается, что источниками финансирования при недостаточности средств на счете регионального оператора могут быть средства федерального бюджета, средства бюджета субъекта РФ, местного бюджета, а также, при принятии общим собранием собственников соответствующего решения, кредитные средства или дополнительные взносы. При этом в случае отсутствия дополнительных источников для покрытия недостатка средств на запланированный капитальный ремонт общего имущества МКД такой ремонт производится, исходя из накопленных на счете средств фонда капитального ремонта, при достаточном их количестве или проводится меньшее количество выбо-

рочных КР. Минимальный размер взноса на капитальный ремонт определяется нормативным правовым актом субъекта РФ и в каждом субъекте РФ может быть разным.

В соответствии со статьей 185 ЖК РФ требования к обеспечению финансовой устойчивости деятельности регионального оператора устанавливаются ЖК РФ и законом субъекта РФ. Объем средств, которые региональный оператор ежегодно вправе израсходовать на финансирование региональной программы капитального ремонта, определяется нормативным правовым актом субъекта РФ в зависимости от объема взносов на капитальный ремонт, поступивших региональному оператору за предшествующий год, и (или) прогнозируемого объема поступлений взносов на капитальный ремонт в текущем году. При этом размер указанной доли устанавливается законом субъекта РФ с учетом остатка средств, не использованных региональным оператором в предыдущем периоде.

Объектом КР служит не МКД в целом с единым комплексом работ, а отдельные конструктивные элементы и инженерные системы МКД, на которых выполняются определенные виды работ (выборочные КР). В реестре МКД, включенных в региональную программу КР МКД на 2014–2043 годы, так и описаны определённые виды работ (таблица 1).

Таким образом, МКД может быть включен в региональную программу неоднократно. По законодательству программа подлежит ежегодной актуализации. Цель программы при проведении капитальных ремонтов охватить наибольший объем жилого фонда. Однако, динамика суммарных объемов реальных выборочных ремонтов в силу множества причин может быть неравномерной. Имитационное моделирование позволяет на основе сформированных планов и с учетом факторов реальности оценить вероятность достижения цели.

Будем рассматривать имитационное моделирование как языковое описание действительности. Есть разные точки зрения на имитационное моделирование. В данной работе представлены агентная парадигма и парадигма системной динамики (также существует дискретно-событийное моделирование и моделирование динамических систем – прообраз системной динамики) [5].

Таблица 1 – Типичный план выборочных ремонтов (на примере одного из МКД г. Барнаула)

Планируемый перечень работ по капитальному ремонту	Пятилетка
<i>Ремонт крыши; ремонт фасада; ремонт фундамента; ремонт подъездов; ремонт систем электроснабжения; ремонт систем отопления и теплоснабжения, ремонт систем газоснабжения, ремонт систем холодного водоснабжения, ремонт систем горячего водоснабжения, ремонт систем канализации и водоотведения; ремонт подвала; проведение энергетического обследования</i>	2019-2023
<i>Ремонт подъездов; проведение энергетического обследования</i>	2024-2028
<i>Ремонт подъездов; проведение энергетического обследования</i>	2029-2033
<i>Ремонт подъездов; проведение энергетического обследования</i>	2034-2038
<i>Ремонт крыши; ремонт подъездов; ремонт систем электроснабжения; ремонт систем газоснабжения; проведение энергетического обследования</i>	2039-2043

Для построения модели системной динамики необходимо определиться с границами модели. Таким образом, будет построена локальная модель денежных потоков взаимного финансирования КР, которая дает качественное, а также количественное отражение состояния системы. Локальных моделей можно построить несколько. Но нельзя их просто объединить в глобальную структуру, это возможно лишь в рамках единой информационной базы и композиционной модели [2, 4]. Срок региональной программы КР составляет 30 лет, и принимать решения по управлению системой КР на протяжении такого периода времени даже в имитационной игре непростая задача.

Процессы, происходящие в реальном мире, в системной динамике представляются в терминах накопителей (например, материальных объектов, людей, денег), потоков между этими накопителями и информации, которая определяет величину этих потоков. В представляемой модели выделены следующие накопители:

- общая копилка (состояние счета Регионального оператора);
- расходы на ремонт (состояние абстрактного агрегированного счёта всех подрядных организаций, принимающих участие в работах по КР ОИ МКД).

Между накопителями циркулируют следующие денежные потоки:

- ежемесячные взносы собственников помещений в многоквартирных домах (суммарные, по всем домам региональной программы);

- ежемесячно выделяемые Региональным оператором средства на КР МКД согласно краткосрочным планам;
- кредитные средства, привлечённые Региональным оператором на КР МКД согласно краткосрочным планам по типу кредитной линии;
- выплаты по кредитам из общей копилки;
- фактически потраченные средства на КР ОИ МКД.

Накопители и потоки – главные элементы создаваемой модели, определяющие общий контур решения. Остальные элементы модели (главным образом, параметры, переменные и функции) можно вначале отобразить фрагментарно, и в дальнейшем осуществить их привязку к главным элементам на основе выбора локальной модели.

Системная динамика это язык близкий языку теории категорий, где главные отношения между математическими объектами, а не внутренняя структура объектов. Системная динамика абстрагируется от отдельных объектов и подразумевает комплексный взгляд на процессы, происходящие в системе.

В общей теории категорий вместо слова «функция» используют слова «стрелка» и «морфизм». В системной динамике такими «стрелками» (преобразователями накопителей) служат потоки. Потоки представляют собой скорость изменения состояния системы. Накопители – состояние системы, своеобразный «резервуар», который накапливает определенный ресурс с течением времени. Они и есть объекты в категории «Системная динамика». И главным фактором является то, как ведут себя соответствующие стрелки. Динамическое поведение возникает, когда потоки аккумулируются в накопителях. Простейшая потоковая диаграмма представлена на рисунке 1 «Счёт» – накопитель, «приход» – входящий поток, «расход» – исходящий поток.



Рисунок 1 – Пример простейшей потоковой диаграммы

Потоки (и только потоки) обеспечивают изменение накопителей. Представленная на рисунке 1 структура имеет следующее математическое обоснование в виде дифференциального уравнения:

$$d(\text{Накопитель})/dt = \text{Входящий поток} - \text{Исходящий поток} \quad (1)$$

Все входящие потоки суммируются, все исходящие потоки суммируются и вычитаются из входящих. Тогда формулы для накопителей модели системы КР будут следующими (2)–(3) (обозначения представлены в таблице 2):

$$d(\text{Receptacle})/dt = \text{inpayments} + \text{lending} - \text{on\_a\_plan} - \text{payments}, \quad (2)$$

$$d(\text{Repair\_expences})/dt = \text{on\_a\_plan} - \text{in\_fact}, \quad (3)$$

Таблица 2 – Накопители и потоки модели системной динамики

№	Обозначение	Описание
1	<i>Receptacle</i>	Общая копилка
2	<i>Repair expences</i>	Счёт «расходы на ремонт»
3	<i>inpayments</i>	Взносы собственников помещений в многоквартирных домах
4	<i>on_a_plan</i>	Выделенные средства на КР МКД согласно краткосрочным планам
5	<i>lending</i>	Привлечённые кредитные средства
6	<i>payments</i>	Выплаты по кредитам
7	<i>in_fact</i>	Фактически потрачено на КР

Название – простейший способ описания и в качестве обозначений выбраны переводы ключевых слов на английский язык.

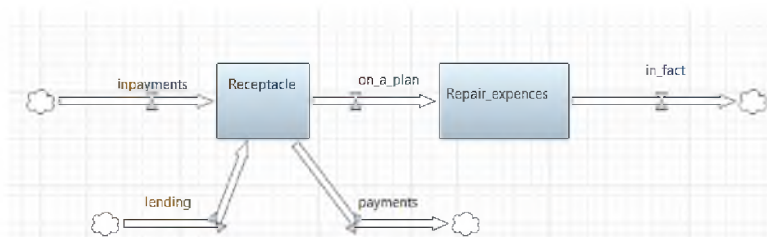


Рисунок 2 – Начальная потоковая диаграмма системы КР ОИ МКД

При моделировании потоков и накопителей:

- накопители выражаются в единицах модели (руб.);
- потоки выражаются в единицах размерности модели (в данной модели – в рублях) за единицу времени (руб. в месяц).

При этом как входящий поток, так и исходящий измеряется в единицах «руб. в месяц» (нельзя «руб. в год», «млн. руб. в месяц» и т.п.).

На потоки влияет следующая информация (принято так, что накопители в свою очередь всегда изменяются только посредством потоков на входе и потоков на выходе):

- включение МКД в краткосрочный план КР;
- величина ежемесячного взноса на капитальный ремонт на 1 кв.м жилых (нежилых) помещений, находящихся в собственности;
- величина дополнительного взноса на капитальный ремонт на 1 кв.м жилых (нежилых) помещений, находящихся в собственности;
- площадь жилых (нежилых) помещений, находящихся в собственности граждан;
- ежемесячная собираемость взносов на КР;
- условия предоставления кредитной линии (лимит выдачи или лимит задолженности);
- общая площадь помещений каждого МКД;
- удельная стоимость КР 1 кв.м общей площади помещений для каждого МКД;
- предельная стоимость КР 1 кв.м общей площади помещений для каждого МКД;
- условия предоставления бюджетной поддержки программе КР ОИ МКД;
- критерии финансовой устойчивости организации «Региональный оператор»;
- коэффициенты инфляции;
- индексация и страхование фондов КР.

Добавление новых переменных и параметров – появление новых подробностей модели на диаграмме потоков. Переменную используют, если соответствующая информация может меняться во время моделирования, а константу (параметр) – при задании статических характеристик модели. Примем, что по ходу моделирования не меняются только площади: общая площадь помещений МКД и помещений в собственности. Хотя, конечно, в реальности состояние по собственности помещений может измениться: переход помещения некоторой площади в частную собственность.

При принятии решения, какую информацию (переменную, константу) добавлять в диаграмму, а какую нет, решается дилемма: модель должна представлять некоторые наиболее характерные свойства в абстрактной форме или как можно больше свойств с различной степенью точности.

В соответствии с этим включим в модель возможность получение кредитных средств для проведения КР. Эта возможность явным образом в законодательстве не определена, т.е. прописанных норм нет, но в модель её необходимо включить, т.к. элементарные подсчеты показывают, что для реализации программы КР необходимо больше средств, чем можно получить за счёт обязательных ежемесячных взносов собственниками помещений и бюджетной поддержки. Кроме этого, для повышения финансовой устойчивости регионального оператора в модели необходимо учесть возможность применения в долгосрочной перспективе стратегий перестрахования [6–9] как для получаемых кредитов, так и для накапливаемых сумм. Опустить переменные, связанные с получением кредитов и дальнейших выплат по ним, значит сказать, что они имеют нулевой эффект в модели. Так можно сделать с процентами на средства, которые аккумулируются на счете регионального оператора. Проценты относятся к средствам ФКР (иным источникам формирования его имущества), но обязательное их использование для финансирования расходов на капитальный ремонт ЖК не установлено – как и с кредитными средствами. Однако, субъект РФ вправе установить порядок расходования процентов на счете регионального оператора. Так в некоторых субъектах установлено, что региональный оператор обязан тратить проценты только на основные цели ФКР - организацию и обеспечение своевременного проведения КР в многоквартирных домах. Но в других субъектах таких норм нет, и проценты расходуются на изготовление и доставку платёжных документов и другие внутрисубъектные цели

ФКР, на которые запрещено тратить собранные средства собственников. Возникающая неоднозначность влечет за собой снижение собираемости взносов, рост задолженности и связанную с этим социальную напряженность. Следовательно, необходимо реализовать в модели два варианта:

- проценты идут только на КР ОИ МКД, а на другие сопутствующие расходы по формированию платёжных документов средства выделяет субъект РФ (они вне границ модели);
- проценты не учитываются в расходах на КР ОИ МКД (рисунок 3), т.к. идут на другие цели (в т.ч. формирование платёжных документов), но при этом на собираемость взносов это не влияет.

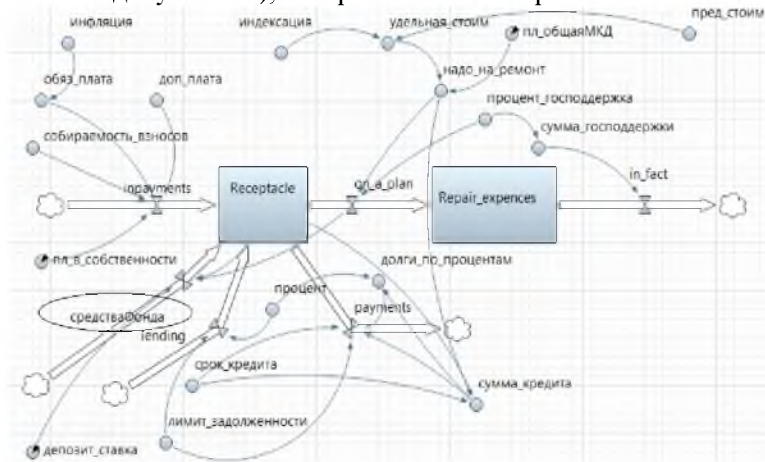


Рисунок 3 – Поточковая диаграмма без учета процентов в расходах

Таким образом, построена имитационная модель мониторинга накопления и расходования средств фонда КР с учетом перечисленных в [2–4] показателей и с учетом распределения параметров финансового потока при формировании фонда КР МКД. Модель позволяет оценить чувствительность к собираемости средств собственниками и к возможному снижению бюджетной поддержки, а так же определить допустимое изменение сроков ремонта в зависимости от размеров бюджетных и внебюджетных средств. Использование системы AnyLogic - инструмента имитационного моделирования нового поколения, позволяет:

- оценить эффективность различных подходов к перестрахованию фонда КР [6];
- доработать имитационную модель до инструмента поддержки принятия решений в управлении региональными фондами;
- реализовать возможности активного участия экспертов финансово-экономических отделов фонда КР в проведении имитационного эксперимента и неформальном анализе ситуаций, возникающих в процессе моделирования, на основе объединения подходов системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования.

### Библиографический список

1. Постановление Администрации Алтайского края от 27.03.2014 г. № 146 «Об утверждении краевой программы «Капитальный ремонт общего имущества в многоквартирных домах, расположенных на территории Алтайского края» на 2014–2043 годы».
2. Богарова Е.В., Пронь С.П. Задача оценки параметров формирования фонда КР МКЖД на специальном счете для обеспечения первоначальных затрат // Мой выбор – наука! : сборник статей по результатам региональной конференции. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 72–76.
3. Богарова Е.В., Пронь С.П. Разработка имитационной модели финансового потока для формирования фонда КР МКЖД в среде AnyLogic // МАК-2015: Математики – Алтайскому краю: сборник трудов всероссийской конференции по математике. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 128–132.
4. Богарова Е.В., Пронь С.П. Структура данных имитационной модели финансового потока для формирования фонда КР МКЖД в среде AnyLogic // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования : сборник научных статей международной конференции, Барнаул, 20-24 ноября, 2015. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 526–530.
5. Семенов С.П., Кононенко С.П., Ташкин А.О. Создание социально-ориентированных геоинформационных систем с применением возможностей фолксномического подхода. Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития. 13–14 ноября 2015 г. – С. 48–71.
6. Пронь С.П., Сидун Л.В. О подходах к моделированию стратегий перестрахования в пенсионных системах // МАК-2013: Математики – Алтайскому краю: сборник трудов всероссийской конференции по математике. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – С. 165–167.
7. Пронь С.П., Сидун Л.В., Сидун Д.Ю. О влиянии модели перестрахования накопительной части пенсии на эффективность УК и НПФ // Ломоносовские чтения на Алтае : сб. научных статей международной школы-семинара, Барнаул, 5–8 ноября, 2013: в 6 ч. – 2013. – Ч. I. – С. 233–235.

8. Пронь С.П., Сидун Л.В., Сидун Д.Ю. Имитационное моделирование перестрахования накопительной части пенсии // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования : сборник научных статей международной конференции, Барнаул, 11–14 ноября, 2014. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2014. – С. 527–529.

9. Пронь С.П., Сидун Л.В. Имитационное моделирование перестрахования в кредитных операциях // МАК-2015: Математики – Алтайскому краю : сборник трудов всероссийской конференции по математике. – Барнаул: Изд-во: Алт. ун-та, 2015. – С. 165–167.

УДК 519.7

## Линейная математическая модель обучения с учетом междисциплинарных связей

*М.В. Досымова<sup>1</sup>, Н.М. Оскорбин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>РИИ (филиал) АлтГТУ, г. Рубцовск; <sup>2</sup>АлтГУ г. Барнаул

Современные особенности образовательной системы России предполагают необходимость анализа состояния и прогнозирования уровня обученности студентов высших и средних образовательных учреждений. Это обусловлено многими причинами, в частности стремлением контролирующих органов в качестве результата образовательного процесса рассматривать уровень компетентности студентов и выпускников вузов и ссузов.

Целью данного исследования является развитие линейной модели обучения [1, 2] с учетом междисциплинарных связей и адаптация ее к компетентностной модели, используемой в настоящее время в образовательном процессе.

Для описания динамики уровня знаний одного учащегося с учетом факторов обучения и тренировки по 2 предметам можно составить следующую систему:

$$\begin{cases} x_1(t+1) = \alpha x_1(t) + \beta V_1(t) + \gamma Z_1(t) + \delta_1 x_2(t), \\ x_2(t+1) = \alpha x_2(t) + \beta V_2(t) + \gamma Z_2(t) + \delta_2 x_1(t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $x_i(t+1)$  – уровень знаний по предмету  $i$ , по которому осуществляется, обучение в момент времени  $(t+1)$ ;  $x_i(t)$  – уровень знаний по предмету (комплексу предметов), по которым осуществляется подготовка в момент времени  $t$ ;  $V_i(t)$  – фактор тренировки (контрольные работы, курсовые работы, практики и т.п.) учащегося по  $i$ -тому предмету (комплексу предметов);  $Z_i(t)$  – фактор обучения (базовые знания) учащегося по  $i$ -тому предмету (комплексу предметов);  $\alpha, \beta, \gamma$  – индивидуальные коэффициенты потенциала обучающегося;  $\delta_1, \delta_2$  – коэффициенты взаимовлияния уровней знаний между двумя предметами.

Если, например,  $\delta_1 > 0, \delta_2 = 0$ , то знания по предмету 2 положительно влияют на уровень знаний по предмету 1. Но уровень знаний по предмету 1 не влияет на динамику обученности по предмету 2. Далее мы считаем, что  $\delta_1 \geq 0, \delta_2 \geq 0$ . При исследовании динамики обучения полагаем известными все параметры рассматриваемой системы уравнений.

Интересным является вопрос о величине параметров взаимовлияния. Можно предположить, что при больших положительных значениях этих параметров ( $\delta_1, \delta_2$ ) решение системы уравнений будет неустойчивым, т.е. при любых начальных условиях уровни обученности будут стремиться к бесконечности. Это обстоятельство противоречит закономерностям процесса обучения, поэтому при идентификации параметров исходной системы уравнений необходимо учитывать это свойство, т.е. обеспечивать условие устойчивости решения.

Приведем общее решение системы уравнений (1) в момент времени  $k$ :

$$\begin{cases} x_1(k) = \alpha^k \cdot x_{01} + \beta \cdot \sum_{j=0}^{k-1} V_{1j} \cdot \alpha^{k-1-j} + \gamma \cdot \sum_{j=0}^{k-1} Z_{1j} \cdot \alpha^{k-1-j} + \delta_1 \cdot \sum_{j=0}^{k-1} x_{2j} \cdot \alpha^{k-1-j}, \\ x_2(k) = \alpha^k \cdot x_{02} + \beta \cdot \sum_{j=0}^{k-1} V_{2j} \cdot \alpha^{k-1-j} + \gamma \cdot \sum_{j=0}^{k-1} Z_{2j} \cdot \alpha^{k-1-j} + \delta_2 \cdot \sum_{j=0}^{k-1} x_{1j} \cdot \alpha^{k-1-j}, \end{cases} \quad (2)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots$$

Для одного ученика в случае  $n$  предметов (с учетом их взаимовлияния друг на друга) мы получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x_1(t+1) = \alpha \cdot x_1(t) + \beta \cdot V_1(t) + \gamma \cdot Z_1(t) + \delta_{12} \cdot x_2(t) + \dots + \delta_{1n} \cdot x_n(t) \\ x_2(t+1) = \alpha \cdot x_2(t) + \beta \cdot V_2(t) + \gamma \cdot Z_2(t) + \delta_{21} \cdot x_1(t) + \dots + \delta_{2n} \cdot x_n(t) \\ \dots \\ x_n(t+1) = \alpha \cdot x_n(t) + \beta \cdot V_n(t) + \gamma \cdot Z_n(t) + \delta_{n1} \cdot x_1(t) + \dots + \delta_{n,n-1} \cdot x_{n-1}(t) \end{cases}, \quad (3)$$

где  $x_i(t+1)$  – уровень знаний по  $i$ -тому предмету (комплексу предметов), по которому осуществляется подготовка в момент времени  $(t+1)$ ;  $x_i(t)$  – уровень знаний по  $i$ -тому предмету (комплексу предметов), по которым осуществляется подготовка в момент времени  $t$ ;  $V_i(t)$  – фактор тренировки