

## Математическая и имитационная модели системы взаимного финансирования КР МКД

Богарова Е.В., Оскорбин Н.М., Пронь С.П.  
*Алтайский государственный университет*  
*yadvig@yandex.ru, osk46@mail.ru, pspron@mail.ru*

### Аннотация

В данной статье рассмотрен вариант централизованной системы капитального ремонта многоквартирных домов: региональный оператор каждого субъекта РФ принимает на себя обязанность обеспечить проведение капитального ремонта в соответствии с региональной программой, рассчитанной на 25-30 лет. Сформирована математическая модель денежных потоков по капитальному ремонту, на основе которой построена имитационная модель. Для построения модели выбран многоподходный инструмент имитационного моделирования AnyLogic.

Принятые в последнее время законы для упорядочения правовых и организационных вопросов, связанных с капитальным ремонтом общего имущества многоквартирных домов (КР МКД), все же не позволяют считать все проблемы в этих процессах решенными, т.к. финансирование КР всё в большей степени перекладывается на собственников, а степень износа жилого фонда растёт.

Эффективный инструмент для вариантного (сценарного) прогнозирования – это математическое моделирование, в том числе, и для системы КР МКД, цель которого обеспечение безопасности проживания и поддержание на хорошем уровне эксплуатационных характеристик МКД. Прогресс в области информационных технологий создаёт новые возможности расширения сферы применения методов математического моделирования и проведения на их основе имитационных экспериментов на новом качественном уровне. Современное имитационное моделирование позволяет управлять скоростью процессов в моделируемых системах, т.е. темп выполнения операций можно ускорить или замедлить. Слишком быстро наступающие события можно растянуть во времени, чтобы тщательнее их изучить, а многолетние процессы – сжать, чтобы отчетливее увидеть последствия определенных решений.

AnyLogic – единственный программный продукт, который поддерживает объединение основных направлений в области современного имитационного моделирования: дискретно-событийного, системно-динамического и агентного подхода. Подчеркнём, что хотя программные средства упрощают разработку моделей, например, благодаря расширению графических возможностей, но переходя к имитационной модели мы не заменяем математические методы упрощёнными: изображение лишь инструмент адаптации для разработчиков и пользователей модели [1].

В данной работе при моделировании системы КР МКД используются агентная парадигма и парадигма системной динамики.

Системная динамика – это язык близкий языку теории категорий, где главное – отношения между математическими объектами, а не внутренняя структура объектов [2]. Системная динамика абстрагируется от отдельных объектов и подразумевает комплексный взгляд на процессы, происходящие в системе. 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 [3].

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 парадигме системной динамике. Главным фактором является то, как ведут себя соответствующие стрелки. Динамическое поведение возникает, когда потоки аккумулируются в накопителях.

В предлагаемой модели введены следующие накопители: общая копилка (состояние счета Регионального оператора - `Receiptacle`); расходы на ремонт (состояние абстрактного агрегированного счёта всех подрядных организаций, принимающих участие в работах по КР ОИ МКД - `Repair_expences`).

Между накопителями рассматриваются следующие потоки (денежные) [4]:

- ежемесячные взносы собственников помещений в многоквартирных домах, суммарные, по всем домам региональной программы (`inpayments`);
- ежемесячно выделяемые Региональным оператором средства на КР МКД согласно краткосрочным планам (`on_a_plan`);
- кредитные средства, привлечённые Региональным оператором на КР МКД согласно краткосрочным планам по типу кредитной линии (`lending`);
- выплаты по кредитам из общей копилки (`payments`);
- фактически потраченные средства на КР МКД (`in_fact`).

На потоки влияет следующая информация (в соответствии с рисунком 1):

- 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 МКД;
- критерии финансовой устойчивости организации “Региональный оператор”;
- коэффициенты инфляции;
- индексация и страхование фондов КР [5].

Агентный подход даёт возможность избежать ограничений, накладываемых системной динамикой, где необходимо знание о глобальных зависимостях в модели, здесь достаточно обозначить индивидуальную логику поведения объектов.

Язык теории множеств используется, когда надо рассматривать совокупности предметов. Агентное моделирование в этом смысле близко теоретико-множественному подходу. В агентном подходе главную роль играет элемент – агент. Строгого определения понятия “агент” не существует, как и у “множества”. Под агентом в агентном моделировании понимается элемент модели, который может иметь поведение, память (историю), контакты. В рассматриваемой имитационной модели в виде агента выступает МКД с выборочным комплексом работ по КР. Необходимо разработать возможные варианты поведения агентов – построить диаграмму состояний. Несколько вариантов диаграммы состояний построено, но их изображение не приводится, т.к. прохождение этапов построения модели с приемлемой степенью адекватности модели исследуемым процессам многоитерационно. Заметим,

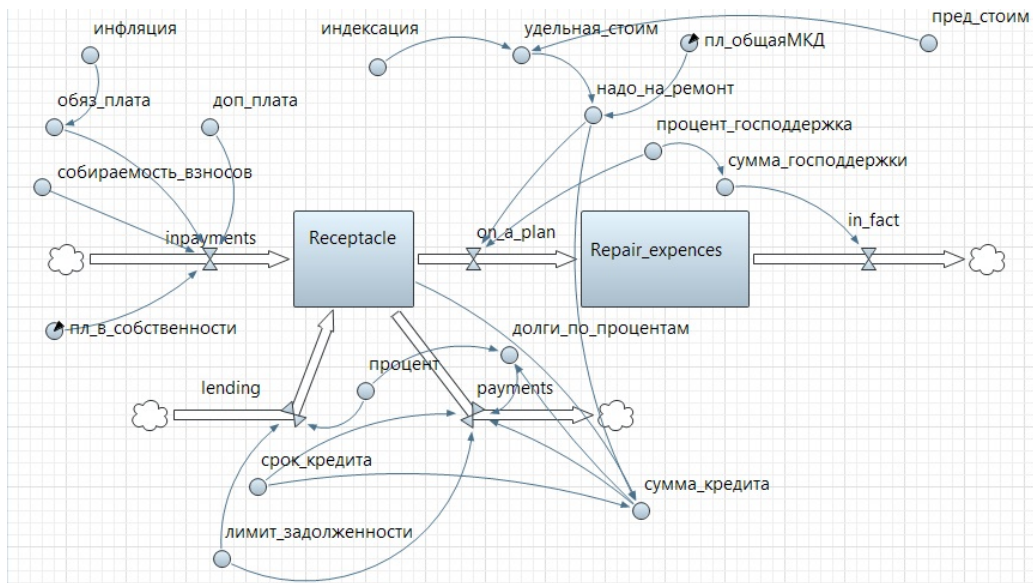


Рисунок 1. Поточковая диаграмма системы взаимного финансирования КР МКД

что прежде всего должны быть выявлены значимые состояния системы взаимного финансирования КР, одно из них “уход от регионального оператора”.

В рамках данной работы по построению имитационной модели с агентным подходом учитывается коэффициент собираемости взносов (как случайная величина, равномерно распределенная в интервале  $[0, 7; 1, 2)$ ). Из собираемости взносов во времени в каждом МКД складывается общая картина состояния регионального счёта.

Условие перехода к состоянию “Уход\_от\_РО” заключается в том, что с определённой вероятностью новостройки (на некоторый год, например, 2010) через период 10-15 лет (т.е. в 2020-2025гг) переведут все накопленные средства на спецсчёт. Эти дома не исключаются из программы КР согласно закону (в программу КР не включены дома, признанные аварийными; блокированной застройки; в которых менее трех квартир, а также дома, износ конструктивных элементов которых (крыша, стены и фундамент) превысил 70%), а значит, взносы делать обязательно, но собственники могут решить, что самостоятельно смогут накопить на КР и не захотят “отдавать” накопленные средства на КР других МКД (по сути внутри счёта регионального оператора при распределении накопленных средств происходит беспроцентный займ на ремонт одних МКД за счёт других МКД).

В настоящее время лишь 13% МКД используют вариант накопления на КР на специальном счёте, но некоторые субъекты начинают упрощать порядок изменения способа накопления средств на оплату КР и срок перевода средств со счёта регионального оператора сокращается – раньше было необходимо 2 года, теперь 3 месяца. Это создаёт дополнительные риски вывода средств со счёта регионального оператора и не только для домов с небольшим сроком, прошедшим с момента сдачи в эксплуатацию. Также есть проблема с МКД, в которых выборочный КР был недавно завершён и собственники хотят перейти на спецсчёт. В модели принято, что после завершения ремонта собственники продолжают делать взносы, возможно со сниженным коэффициентом собираемости, но пока не погашен внутренний долг на счёте этого МКД, перейти к состоянию “Уход\_от\_РО” нельзя.

Строя и используя имитационную модель разработчики должны быть осторожны в том смысле, чтобы не уйти просто в компьютерное моделирование без выдвижения и проверки гипотез. В данном случае, одна из гипотез в том, что МКД могут перейти от счёта регионального оператора к отдельному спецсчёту.

## Список литературы

1. 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.
2. Богарова Е.В., Пронь С.П. Структура данных имитационной модели финансового потока для формирования фонда КР МКЖД в среде AnyLogic // Сборник научных статей международной конференции “Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования”, Барнаул, 20-24 ноября, 2015. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. — С. 526–530.
3. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении. — М. : Издательский дом “Дело” РАНХиГС, 2015.
4. Богарова Е.В., Пронь С.П. Имитационное моделирование финансовых потоков фонда капитального ремонта МКД с использованием данных по Алтайскому краю на 2014-2043 гг. в среде AnyLogic // МАК-2016: "Математики – Алтайскому краю": сборник трудов всероссийской конференции по математике. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2016. — С. 123–128.
5. Богарова Е.В., Пронь С.П. Задача оценки параметров формирования фонда КР МКЖД на специальном счете для обеспечения первоначальных затрат // Сборник статей по результатам Региональной конференции “Мой выбор — наука!”. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. — С. 72–76.