

Ю.Э.Парфенов

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА JAAMSIM

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы имитационного моделирования бизнес-процессов предприятия с помощью открытого программного обеспечения. В качестве системы имитационного моделирования предлагается использовать программный продукт JaamSim. Выполнено имитационное моделирование бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания клиентов в отделении банка. Разработаны рекомендации по реорганизации бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания клиентов в отделении банка для повышения его качества.*

***Ключевые слова:** бизнес-процессы предприятия, отделение банка, открытое программное обеспечение, JaamSim, система массового обслуживания, имитационное моделирование.*

***Abstract.** Considered issues of business process simulation with open source software. Proposed to use software product JaamSim as the simulation tool. Conducted simulation the business process of customer service at a bank branch. Developed recommendations for re-engineering the business process to improve a quality of the service.*

***Keywords:** business processes, bank branch, open source software, JaamSim, queuing system, simulation.*

Введение

Для получения конкурентных преимуществ современные предприятия вынуждены постоянно заниматься повышением эффективности своей деятельности. Это требует не только разработки новых приемов и технологий ведения бизнеса, но и выполнения реинжиниринга существующих бизнес-процессов.

Реинжиниринг представляет собой принципиальное переосмысление и радикальную перестройку бизнес-процессов для достижения кардинальных улучшений критических современных показателей эффективности: стоимости, качества, сервиса и оперативности [1].

Перед проведением реинжиниринга бизнес-процессов целесообразно заблаговременно проанализировать тот или иной сценарий развития событий для

того, чтобы представлять вероятные последствия принимаемых решений. В таких случаях широко применяется математическое моделирование как эффективное средство поиска путей совершенствования деятельности компании, позволяющее оценить текущую деятельность предприятия по отношению к требованиям, предъявляемым к его управлению, функционированию и конечным результатам деятельности без необходимости проведения дорогостоящих экспериментов с реальными подразделениями предприятия.

Применение имитационного моделирования для исследования бизнес-процессов предприятия

При математическом моделировании реальному объекту ставится в соответствие математический объект, который называют математической моделью.

Математическая модель системы может быть исследована с помощью аналитических или имитационных методов.

Наиболее полное исследование процесса функционирования системы можно провести, если известны явные зависимости, связывающие искомые характеристики с начальными условиями, параметрами и переменными системы. Однако такие зависимости удается получить только для сравнительно простых систем [2].

Сложные системы, к которым относится и совокупность бизнес-процессов предприятия, как правило, характеризуются наличием асинхронных параллельных информационных процессов, многочисленными связями между элементами системы, большим количеством ее параметров и различных нелинейных ограничений, влиянием множества случайных факторов. Поэтому применение аналитических методов для анализа характеристик таких систем неизбежно приводит к существенному упрощению реальных процессов и как следствие - ставит под сомнение адекватность разработанной модели.

В качестве основного метода исследования бизнес-процессов целесообразно использовать имитационное моделирование.

Благодаря возможности учета множества параметров бизнес-процессов и факторов, влияющих на них, метод имитационного моделирования позволяет с достаточной точностью воспроизвести протекание бизнес-процессов во времени. Кроме того, при разработке имитационных моделей в качестве экспертов по предметной области могут выступать специалисты предприятия,

что увеличивает точность исходных данных и обеспечивает высокую степень адекватности моделей.

В современном имитационном моделировании сформировались и наиболее широко применяются три основных подхода - дискретно-событийное моделирование, системная динамика и агентное моделирование. Они соответствуют разным уровням абстракции при создании модели, что обуславливает применение того или иного подхода [3].

При моделировании бизнес-процессов, как правило, используется уровень абстракции, на котором оперируют потоками заявок на обслуживание, а переходы моделируемого процесса из одного состояния в другое можно считать мгновенными. В этом случае обосновано применение дискретно-событийной парадигмы имитационного моделирования.

Анализ применимости существующих программных продуктов для имитационного моделирования бизнес-процессов предприятия

Существует ряд программных продуктов для автоматизации имитационного моделирования, которые позволяют создавать и исследовать модели бизнес-процессов.

Коммерческие программные продукты, такие как ARIS Simulation, Business Studio, IBM WebSphere Business Modeler, Arena, FlexSim, SIMUL8, AnyLogic и другие имеют широкие возможности по моделированию. Одни из них специально предназначены для имитационного моделирования бизнес-процессов одной или нескольких предметных областей, другие имеют более широкую область применения. Однако, их общими недостатками, как минимум, является высокая совокупная стоимость владения, а также наличие жестких лицензионных ограничений, что препятствует их широкому использованию в компаниях. Кроме того, коммерческие программные продукты зачастую имеют недостаточные возможности конфигурирования, что не позволяет использовать их при моделировании «нетипичных» сценариев.

Использование открытого программного обеспечения для разработки и исследования имитационных моделей бизнес-процессов является альтернативным вариантом, который, как правило, является бесплатным или, по крайней мере, имеет значительно меньшую стоимость по сравнению с использованием коммерческого программного обеспечения.

Существенным преимуществом открытого программного обеспечения также является легальность изучения его работы, модификации и использования

любым способом. Это позволяет обеспечить существенно большую гибкость такой системы моделирования путем ее настройки или доработки.

С перечнем открытых программных систем для дискретно-событийного имитационного моделирования можно ознакомиться в сети Интернет по адресу https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_discrete_event_simulation_software.

Всего в приведенном списке содержится четырнадцать программных продуктов, одиннадцать из которых являются библиотеками имитационного моделирования. Они представляют собой наборы компонентов и функций, которые имеют решающее значение для реализации эффективной дискретной имитационной модели событий. Данные библиотеки могут использоваться в качестве основы для создания программных систем имитационного моделирования сторонними разработчиками.

Оставшиеся три продукта: PowerDEVS, CPN Tools и JaamSim – это приложения с графическим интерфейсом, предназначенные для конечного пользователя, который будет применять их для разработки имитационных моделей. Таким образом, именно они будут анализироваться далее.

PowerDEVS представляет собой комплексный инструмент, предназначенный для моделирования гибридных систем управления, в которых сочетается как непрерывное, так и дискретное динамическое поведение. Подобные модели широко применяются при разработке систем управления в автомобилестроении, авиастроении, робототехнике. Поэтому в контексте данной работы PowerDEVS исключается из дальнейшего рассмотрения.

CPN Tools – программный продукт для редактирования, имитационного моделирования и анализа «классических» сетей Петри, а также их расширений: раскрашенных сетей Петри и временных сетей Петри.

Известно, что модели на основе «классических» сетей Петри имеют ряд ограничений.

Во-первых, большое количество элементов сети. Это, в частности, связано с тем, что сетевая модель может строиться из элементов всего трех типов: позиций, переходов и соединяющих их дуг. Таким образом, модели достаточно сложных систем могут содержать сотни элементов. Это приводит к тому, что в существующих моделях непросто разобраться, а создание новой модели связано с существенными временными затратами.

Во-вторых, ограниченная выразительная мощность. Метки, которые способны перемещаться по сети и, как правило, представляют собой некие информационные объекты, являются одинаковыми и не имеют никаких

атрибутов. То есть, невозможно разработать адекватную модель системы, в которой циркулирует разнотипная информация.

В-третьих, не используется понятие времени. Следовательно, не учитывается поведение моделируемой системы во времени, что не позволяет оценить показатели ее эффективности.

Раскрашенные сети Петри позволяют в значительной степени преодолеть первое и второе ограничение.

За счет введения цветов для меток размер раскрашенной сети может быть существенно уменьшен по сравнению с классической сетью. Однако, количество типов переходов остается таким же, что неизбежно приводит к усложнению структуры сети, но уже на новом уровне. Кроме того, цвета меток являются их отличительными признаками, что потенциально позволяет повысить адекватность разрабатываемых моделей.

Во временных сетях Петри снимается третье ограничение «классических» сетей, то есть появляется возможность учета временных параметров моделируемой системы.

В целом, программный продукт CPN Tools можно использовать для моделирования бизнес-процессов на основе формализма временных сетей Петри, однако, он имеет ряд недостатков, основные из которых приведены ниже:

1. Пользователь должен быть специалистом по сетям Петри.

При разработке моделей систем любой природы используются некоторые абстракции состояний системы, объектов предметной области, условий, событий, причинно-следственных связей. В CPN Tools эти абстракции выражаются через элементы сети Петри – позиции, переходы, дуги и метки, которым соответствуют определенные графические примитивы. Таким образом, для разработки сетевой модели системы и ее дальнейшего анализа пользователь неизбежно должен владеть формализмом сетей Петри.

2. Большое время разработки моделей.

После создания структуры сетевой модели в графическом редакторе CPN Tools необходимо задать параметры элементов сети, возможность настройки которых с помощью визуальных средств отсутствует. Для выполнения этой задачи необходимо выполнить дополнительные описания на языке CPN ML для каждого элемента сети. Это существенно снижает производительность работы пользователя программы.

3. Необходимость изучения специализированного языка программирования.

CPN ML является функциональным языком программирования, основанным на Standard ML. Согласно рейтингу популярности языков программирования Tiobe Index, на январь 2016 года Standard ML применяют менее 0,174 % разработчиков в мире.

Программы, написанные на CPN ML, состоят не из операторов или команд, а выражений для оценки, что существенно отличается от широко распространенных в мире языков программирования, таких как C, C++, Java, C#, Python и других.

Таким образом, для разработки моделей пользователь программы CPN Tools должен не только разбираться в программировании, но и изучить узкоспециализированный язык со специфическим синтаксисом.

4. Нет прямой поддержки создания моделей с очередями.

Очереди можно моделировать только косвенно с использованием набора цветов List, что приводит к усложнению модели, особенно, если в ней должно быть несколько очередей.

5. Нельзя создавать пользовательские элементы модели.

В CPN Tools можно использовать только те элементы, которые определены формализмом сетей Петри, и группы из этих элементов.

JaamSim - пакет имитационного моделирования с современным графическим пользовательским интерфейсом, написанный на языке программирования Java, и обеспечивающий возможности, сопоставимые с коммерческим программным обеспечением, в том числе разработку моделей с использованием «drag-and-drop», редактирование параметров модели с помощью визуальных средств, использование 3D-графики [4]. JaamSim имеет ряд преимуществ перед многими программными средствами имитационного моделирования.

Приложение напрямую поддерживает создание моделей систем с очередями, которые широко распространены в любой предметной области.

Модель в JaamSim интуитивно понятна неспециалисту, а для ее разработки достаточно иметь общее понятие об имитационном моделировании. Это обеспечивается за счет использования большого разнообразия элементов модели таких как «сервер», «очередь», «конвейер», «ресурс», «разветвление» и прочих. Эти высокоуровневые объекты к тому же имеют настраиваемое графическое представление, в том числе пользовательское, что позволяет «приблизить» визуальное представление модели к моделируемой предметной области.

JaamSim имеет удобный графический редактор и гибкие визуальные средства управления процессом моделирования, обеспечивающие создание и настройку моделей, а также их анализ без применения программирования.

Если при разработке сложной модели набор стандартных элементов JaamSim окажется недостаточным, существует возможность создания пользовательских высокоуровневых объектов на популярном объектно-ориентированном языке программирования Java. Для того, чтобы воспользоваться ей, разработчик модели должен иметь некоторые базовые навыки программирования, но не обязательно должен быть экспертом в этой области.

JaamSim позволяет строить как стохастические, так и детерминированные модели и проводить анализ результатов моделирования. Поддерживается 14 стандартных вероятностных распределений, а также можно задать пользовательское распределение.

В JaamSim входят различные средства для анализа результатов работы модели: протоколирования параметров элементов модели, статистической обработки данных, видеозаписи работы модели и др. Визуализация результатов моделирования также может выполняться с помощью графиков.

С моделью могут быть проведены различные эксперименты, в том числе содержащие несколько прогонов.

Таким образом, проведенный анализ открытых программных систем для дискретно-событийного имитационного моделирования показал, что для моделирования бизнес-процессов предприятия целесообразно использовать программный продукт JaamSim.

В качестве примера рассмотрим разработку модели бизнес-процессов предприятия с помощью JaamSim на примере отделения банка.

Разработка имитационной модели бизнес-процесса обслуживания клиентов в отделении банка и анализ результатов моделирования

Немалое количество людей являются клиентами банков и время от времени они посещают их отделения, например, для оплаты коммунальных услуг. При этом, клиентам часто приходится проводить достаточно большое количество времени в очередях, дожидаясь обслуживания. Это является одной из проблем многих банков, которая особенно проявляется при расчетно-кассовом обслуживании. Поэтому далее будет рассматриваться соответствующий бизнес-процесс.

Рассмотрим работу отделения банка.

Отделение работает в течение восьми часов с перерывом на один час после четырех часов работы. Обслуживанием клиентов занимаются два оператора и кассир. Операторы осуществляют транзакции, необходимые для выполнения запросов клиентов, оформляют соответствующие документы и передают их кассиру. В зависимости от вида запроса клиента кассир принимает от него наличные денежные средства или выдает их ему, а также выдает клиенту документы, подтверждающие выполнение его запроса.

Клиенты приходят в отделение в случайные моменты времени. Если хотя бы один из операторов свободен, клиент попадает на обслуживание к нему. В противном случае - занимает единственную очередь к операторам. После завершения обслуживания у оператора клиент попадает на обслуживание к кассиру, если он свободен, или занимает соответствующую очередь. После завершения обслуживания у кассира клиент покидает отделение банка.

Очевидно, что бизнес-процесс расчетно-кассового обслуживания клиентов в отделении банка можно представить, как систему массового обслуживания (СМО), так как имеются ограниченные ресурсы для удовлетворения потока запросов клиентов.

Таким образом, имеем двухфазную СМО с тремя каналами обслуживания («Оператор 1», «Оператор 2», «Кассир»), двумя очередями («Очередь 1», «Очередь 2»), входным потоком заявок «ВП» и потоком обслуженных заявок «ОЗ» (см. рис. 1).

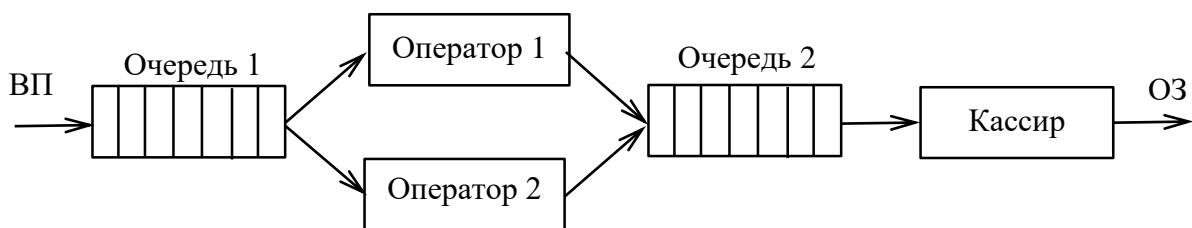


Рис. 1. СМО бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания

Все каналы обслуживания однотипны, однако имеется разница во времени обслуживания между каналами, представляющими кассира и оператора, так как они выполняют разные наборы операций по обслуживанию клиентов. Время обслуживания заявок каждым из каналов имеет экспоненциальное распределение:

$$F(t)=1-e^{-\lambda t}, t > 0, \quad (1)$$

где λ_i – интенсивность обслуживания i -м каналом;
 t – время обслуживания.

«Очередь 1» и «Очередь 2» имеют неограниченную емкость. Дисциплина обслуживания находящихся в очереди заявок - FIFO.

Будем считать, что входной поток заявок «ВП» является пуассоновским, то есть время между поступлением соседних заявок также распределено по экспоненциальному закону с интенсивностью $\lambda_{ВП}$.

Показателями, которые будут анализироваться для оценки качества обслуживания клиентов являются:

- среднее время пребывания заявки в системе;
- среднее время ожидания заявок в очереди к операторам;
- средняя загрузка оператора;
- среднее время ожидания заявок в очереди к кассиру;
- средняя загрузка кассира;
- относительная пропускная способность системы.

Основными исходными данными для разработки имитационной модели бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания являются интенсивность прихода клиентов в отделение банка (23 чел. / час), среднее время обслуживания оператором (7 мин), среднее время обслуживания кассиром (4 мин.).

Также необходимо задать длительность времени, в течение которого будет происходить моделирование. Так как рабочий день в отделении банка делится на две равные части (до и после обеденного перерыва), каждая из которых равна четырем часам, то реальное время непрерывной работы модели можно принять равным четырем часам.

Проведению имитационной экспериментов предшествовал этап их планирования, важным элементом которого был выбор количества прогонов модели, необходимого для получения статистически значимых результатов.

Для этой цели в данной работе был использован графический метод, рассмотренный в [5]. Он предполагает построение графика зависимости скользящего среднего выходных данных модели от количества ее прогонов. Первоначально рекомендуется выполнить не менее десяти прогонов. Количество прогонов увеличивается до тех пор, пока не произойдет стабилизация указанной зависимости, то есть в идеале значения выходных данных модели должны иметь приемлемую изменчивость.

Хотя графический метод имеет ряд недостатков, его можно использовать в качестве первого приближения при выборе минимально необходимого

количества прогонов модели. Для модели, рассматриваемой в данной работе, это количество равно пятидесяти.

Структура имитационной модели исследуемого бизнес-процесса «как есть» приведена на рис. 2.

Для построения данной модели используются следующие элементы:

«Клиент» - сущность, соответствующая заявке на обслуживание;

«Генератор» - источник заявок;

«КлиентРаспред» - вероятностное распределение времени поступления заявок в систему;

«КОператору» - очередь заявок к оператору;

«Опер1», «Опер2» - обслуживающие устройства, соответствующие операторам;

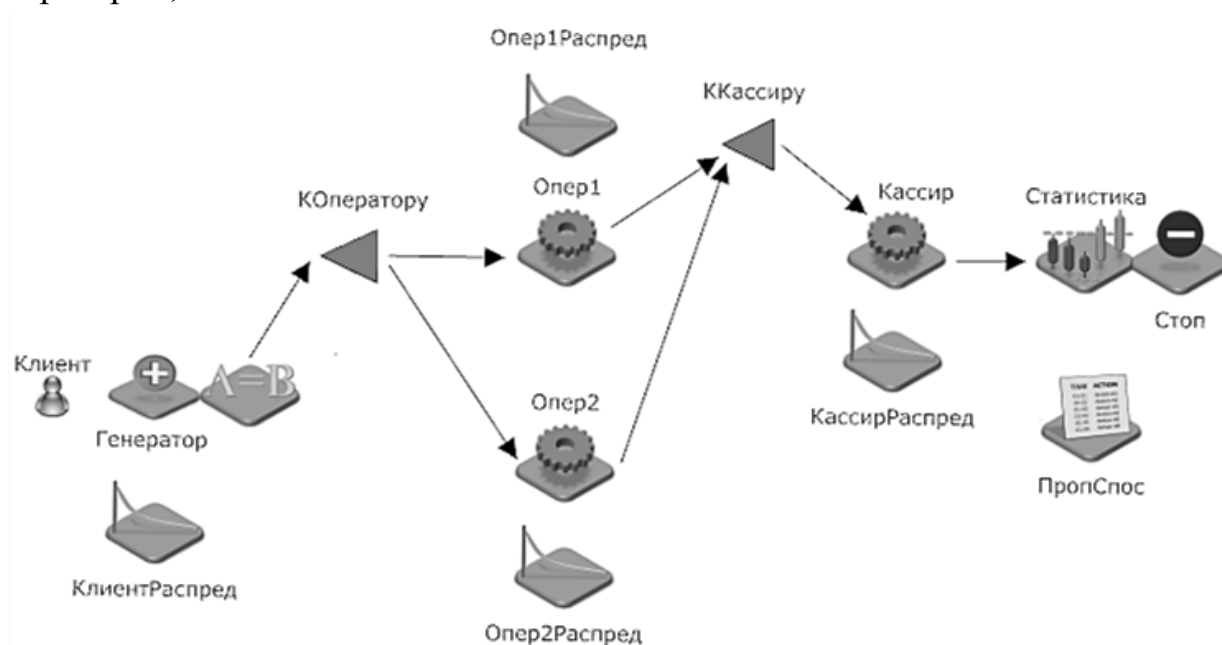


Рис. 2. Модель бизнес-процесса «как есть»

«Опер1Распред», «Опер2Распред» - вероятностные распределения времени обслуживания заявок операторами;

«ККассиру» - очередь заявок к кассиру;

«КассирРаспред» - вероятностное распределение времени обслуживания заявок кассиром;

«Стоп» - объект модели, поглощающий обработанные заявки;

Модель также содержит элементы, необходимые для организации сбора информации о результатах моделирования:

«A=B» - объект модели, позволяющий задать атрибуты заявки;

«Статистика» - объект модели для сбора и протоколирования различной статистической информации. В данном случае - среднего времени пребывания заявки в системе для каждого из прогонов модели. Полученные результаты используются для вычисления среднего времени пребывания заявки в системе по результатам всех выполненных прогонов.

«ПропСпос» - объект модели для сбора и протоколирования результатов вычисления различных выражений, в качестве операндов которых могут выступать параметры объектов модели. В рассматриваемом случае – пропускной способности системы для каждого из прогонов модели. Полученные результаты используются для вычисления средней пропускной способности системы по результатам всех выполненных прогонов.

В качестве исходных данных для вычисления средних времен ожидания заявок в очереди к операторам и кассиру, средней загруженности оператора и кассира используются результаты из общего протокола работы модели. Эти показатели также зависят от количества прогонов модели в эксперименте.

В результате проведения экспериментов с моделью бизнес-процесса «как есть» были получены оценки показателей качества, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества для модели «как есть»

Среднее время ожидания в очереди к операторам, мин	39,24
Средняя загруженность оператора	0,99
Среднее время ожидания в очереди к кассиру, мин	3,18
Средняя загруженность кассира	0,89
Среднее время пребывания заявки в системе, мин	50,52
Средняя относительная пропускная способность системы	0,62

Из их анализа следует, что клиент должен будет провести в отделении банка в среднем 50,52 мин. Около 78% этого времени составляет ожидание в

очереди к операторам и только около 6% - в очереди к кассиру. Кроме того, на протяжении моделируемого интервала времени (4 часа) операторы загружены на 99%, то есть практически полностью, в то время как 11% рабочего времени кассира составляют неоправданные простои. Все это является следствием недостаточно эффективной организации соответствующего бизнес-процесса. В результате примерно 38% клиентов будет отказано в обслуживании, что может привести к снижению экономических показателей работы банка из-за оттока клиентов.

Таким образом, бизнес-процесс расчетно-кассового обслуживания клиентов в отделении банка содержит «узкие» места и требует усовершенствования. Оно может быть проведено различными способами, например, путем перевода кассира на должность оператора и передачи каждому оператору части обязанностей кассира. При этом среднее время обслуживания клиентов каждым из операторов увеличится примерно на 19% и составит - 8,33 мин.

Структура имитационной модели усовершенствованного бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания клиентов «как должно быть» приведена на рис. 3.

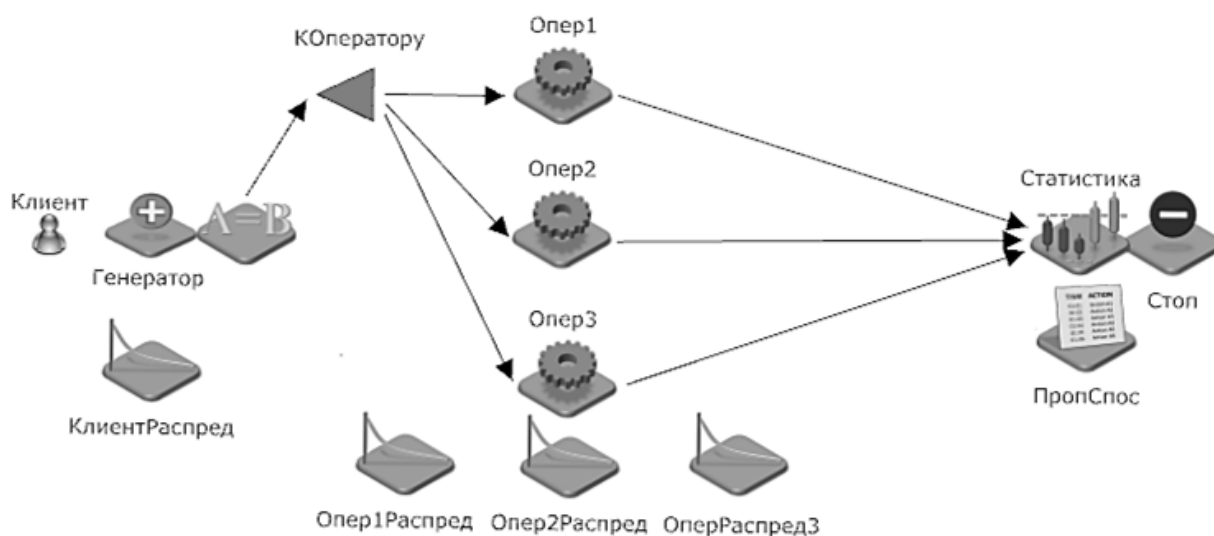


Рис. 3. Модель бизнес-процесса «как должно быть»

Элементы модели «Опер1Распред», «Опер2Распред», «Опер2Распред» - представляют собой вероятностные распределения времени обслуживания заявок операторами с учетом их дополнительных обязанностей. Остальные элементы данной модели аналогичны элементам модели «как есть» и имеют такие же значения параметров.

Эксперименты с моделью бизнес-процесса «как должно быть» дали следующие оценки показателей качества (табл. 2).

Таблица 2

Показатели качества для модели «как должно быть»

Среднее время ожидания в очереди к операторам, мин	19,92
Средняя загруженность оператора	0,95
Среднее время нахождения заявки в системе, мин	27,97
Средняя пропускная способность	0,81

Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что после реорганизации бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания среднее время нахождения клиента в отделении банка составляет 27,97 мин, что почти на 45% меньше по сравнению с бизнес-процессом «как есть». При этом суммарное время ожидания в очередях снизилось на 53%, а пропускная способность отделения банка повысилась на 19% и составляет 0,81. Также на протяжении моделируемого интервала времени (4 часа) загруженность операторов в среднем уменьшилась на 4% и составляет 0,95.

По результатам исследования вариантов организации бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания клиентов в отделении банка можно предложить следующие рекомендации:

перевести кассира на должность оператора;

обязанности кассира передать операторам;

повысить заработную плату операторам до уровня, соответствующего увеличению объема их обязанностей и снижению их загруженности;

для увеличения пропускной способности отделения банка, а также во избежание чрезмерной загруженности операторов целесообразно рассмотреть возможность задействования четвертого оператора в часы пик или постоянно, для чего провести дополнительные исследования.

Оценка адекватности разработанных имитационных моделей

Как известно, существенным условием применимости любой модели является ее адекватность реальному процессу или системе.

Простейшей мерой адекватности может служить отклонение Δy некоторой характеристики y_0 оригинала от аналогичной характеристики y_m модели:

$$\Delta y = |y_0 - y_m| \quad (2)$$

Однако, ее практическое использование часто затруднено или вовсе невозможно. Особенно актуальна эта проблема для моделей проектируемых систем, которые существуют только как замысел разработчика, или для моделей существующих систем, целью которых является исследование вариантов их реорганизации.

В таких случаях для оценки адекватности моделей применяются косвенные методы: проверка корректности начальных предположений, проверка достоверности исходных данных, сравнение на взаимную непротиворечивость отдельных полученных результатов, анализ чувствительности модели к изменению ее параметров и ряд других.

Одним из таких методов является сравнение имитационной модели, как правило упрощенной, с другими моделями, для которых могут быть получены точные результаты [5].

Сравним результаты, полученные с помощью упрощенной имитационной модели бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания клиентов в отделении банка и с помощью аналитической модели массового обслуживания.

Для этого представим бизнес-процесс расчетно-кассового обслуживания в виде СМО с m каналами ($m=3$), интенсивность обслуживания заявок каждым из которых $\mu=1,01 \text{ с}^{-1}$, неограниченным потоком заявок на обслуживание с интенсивностью $\lambda=3 \text{ с}^{-1}$ и неограниченной емкостью накопителя. Время между поступлением заявок и время их обслуживания имеют экспоненциальное распределение. Необходимо определить среднюю длину очереди L и среднее время ожидания обслуживания T .

Для СМО данного типа известны следующие аналитические зависимости:

$$L = P \frac{\rho}{1-\rho}, \quad (3)$$

где P – вероятность занятости всех каналов обслуживания;

$\rho = \frac{\alpha}{m\mu}$ – коэффициент использования канала обслуживания ($\rho < 1$).

$$T = \frac{P}{m\mu(1-\rho)} \quad (4)$$

Вероятность P определяется по следующей формуле:

$$P = \frac{(m\rho)^m}{m!} \left((1 - \rho) \sum_{n=0}^{m-1} \frac{(m\rho)^n}{n!} + \frac{(m\rho)^m}{m!} \right)^{-1}, \quad (5)$$

Упрощенная имитационная модель рассматриваемого бизнес-процесса приведена на рис. 4. Ее элементы аналогичны соответствующим элементам

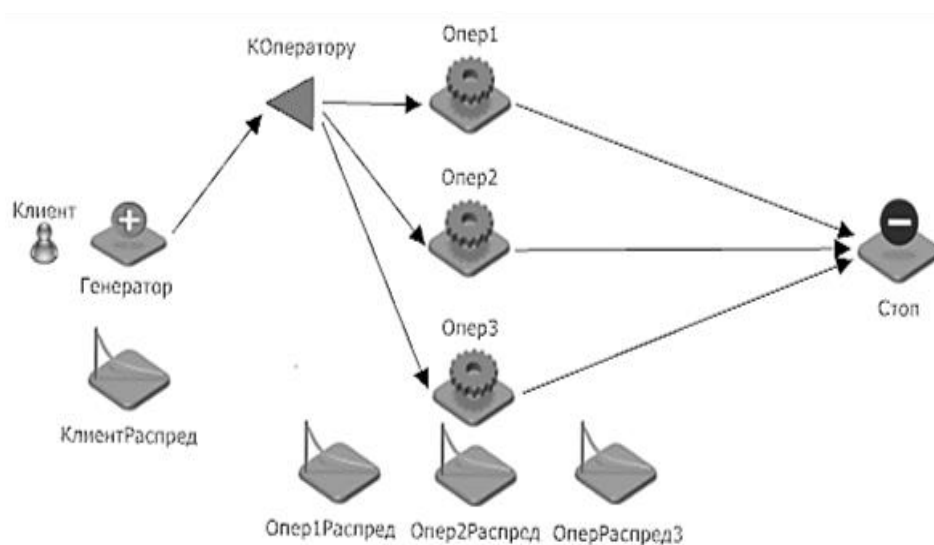


Рис. 4. Упрощенная имитационная модель бизнес-процесса

модели, представленной на рис. 3. Значения параметров упрощенной имитационной модели совпадают с соответствующими исходными данными аналитической модели. Для имитации неограниченности потока заявок на обслуживание прогон имитационной модели выполнялся в течение 8760 часов модельного времени, что более чем в $9 \cdot 10^7$ раз больше среднего интервала между поступлением последовательных заявок на обслуживание.

Значения L и T , полученные путем выполнения расчетов по формулам (3) – (5), а также проведения экспериментов с имитационной моделью, представленной на рис. 4, приведены в табл. 3.

Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что отклонение значений показателей, полученных с помощью имитационного моделирования, от соответствующих результатов аналитического моделирования не превышает 9%. Это является одним из признаков адекватности разработанной имитационной модели.

Результаты аналитического и имитационного моделирования

Показатели качества	Аналитическая модель	Имитационная модель
L, шт.	97	106
T, с.	32, 37	35,28

Заключение

Таким образом, в работе была выполнена постановка задачи исследования, проведен анализ существующих программных продуктов для автоматизации имитационного моделирования, разработаны имитационные модели бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживания клиентов в отделении банка «как есть» и «как должно быть», произведена оценка адекватности разработанных моделей, проведен сравнительный анализ результатов моделирования.

По результатам выполненного анализа разработаны рекомендации по реорганизации бизнес-процесса расчетно-кассового обслуживанию клиентов в отделении банка для повышения его эффективности. Предлагаемая реорганизация данного бизнес-процесса будет способствовать повышению качества обслуживания клиентов в отделении банка, и как следствие - повышению конкурентоспособности банка в целом.

Литература

1. Хаммер М., Чампи Д. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе: М: Манн, Иванов и Фербер, 2011
2. Советов Б. Я. Моделирование систем / Советов Б. Я, Яковлев С. А. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с.
3. Сидоренко В. Н., Красносельский А. В. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение. / Бизнес-информатика, 2009, № 2, С. 52–57
4. King D. H., Harrison H. S. Open-source simulation software “JaamSim”, Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, 8-11 Dec. 2013, p. 2163 – 2171, Washington, DC
5. Robinson S. Simulation: The Practice of Model Development and Use, John Wiley & Sons Ltd., 2004, 316 p.