

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ И
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ****Д. А. Разумов, В. Д. Алёшин (Москва)**

Рассматриваемая в докладе автоматизированная система управления в кризисных и чрезвычайных ситуациях (АСУ КЧС) – большая система, относящаяся к классу пожизненных систем. Имеется в виду, что пожизненная система востребована всегда, но время эксплуатации конкретного варианта ограничено. По прошествии определенного времени требования к системе и её функциональным возможностям подлежат пересмотру и корректировке.

Достаточно часто предпринимаются попытки построения АСУ КЧС собственными силами. Практика же создания больших систем показывает, что наиболее рационально создание автоматизированной системы (АС) на основе стандартного решения. Опыт работы с большими системами пока (тем более в регионах) незначителен. Условия и специфика развертывания АСУ КЧС в каждом регионе свои. Это обстоятельство требует формализации инструментов, которые будут использоваться при создании системы на основе стандартного решения. Важно, чтобы заказчик понимал потребность и специфику использования соответствующих инструментов.

Сложившиеся подходы к построению АСУ КЧС основаны преимущественно на функциональном подходе и механистической модели управления. При построении же больших систем необходимо использовать идеи стандарта ГОСТ Р ИСО-МЭК 15288–2005 "Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем", который "... распространяется на системы, которые созданы человеком и состоят из одного или нескольких следующих элементов: технические средства, программные средства, люди, процессы, процедуры ..." [1]. *Центральная идея стандарта* – междисциплинарный подход к проблеме успешного создания систем и средство для её решения. В качестве ключевых аспектов системной инженерии в стандарте определены: системный подход, жизненный цикл системы, инжиниринг требований, архитектурный дизайн, процессный подход, проектный подход.

Системный подход к построению больших систем (тем более с участием людей) диктует использование такого инструмента, как моделирование, в том числе имитационное моделирование (ИМ). По мере развёртывания и настройки системы потребность в ИМ только возрастает, и это должно быть понятно заказчику. Этого можно добиться через описание потребности в ИМ по стадиям развития системы. Фактически идет речь о формализации жизненного цикла (ЖЦ) системы, построение модели ЖЦ системы как со стороны заказчика, так и со стороны поставщика стандартного решения, необходима "привязка" задач, которые эффективно решаются на основе ИМ, к модели ЖЦ системы.

Жизненный цикл системы

Рассмотрение проблемы формализации ЖЦ АСУ КЧС начнем с общих определений, которыми будем далее руководствоваться. Совокупность процессов и этапов развития организмов живой природы, технических систем, продуктов производства от моментов зарождения или появления потребности их создания и использования до прекращения функционирования или применения принято называть жизненным циклом (ЖЦ) [2, 3].

Жизненный цикл автоматизированной системы (АС) – совокупность взаимосвязанных процессов создания и последовательного изменения состояния АС, от форми-

рования исходных требований к ней до окончания эксплуатации и утилизации комплекса средств автоматизации АС [4].

Программные средства (ПС) АСУ КЧС – ключевой компонент системы. В этой связи важно отметить, что ЖЦ ПС имеет существенные отличия от ЖЦ аппаратуры, так как ПС подвержены изменениям в течении всего их ЖЦ. В этой связи важно выделять как ЖЦ системы, так и ЖЦ ПС, более того, важно говорить о стадиях жизни как системы, так и ПС.

Понятие стадий жизни программного обеспечения введено в [5], где были определены следующие три стадии: разработка, использование, сопровождение (продолжающаяся разработка). В ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288:2005 стадия определяется как "период в пределах жизненного цикла системы, относящийся к состоянию системного описания или непосредственно к самой системе" [1], а модель ЖЦ включает одну или несколько стадий и "... собирается в виде последовательности стадий" [1].

В случае ПС, входящего в состав АСУ КЧС, важно не просто выделять стадии жизни, но синхронизировать стадии использования ЖЦ ПС и стадии его сопровождения (продолжающейся разработки). Таким образом, в этих стадиях ЖЦ принимают участие разные организации: приобретающая сторона¹ и поставщик. В таблице приведены стадии ЖЦ КЧС. Более подробно вопросы построения моделей ЖЦ КЧС приведены в [6].

Потребность в имитационном моделировании по стадиям ЖЦ КЧС

Во многих случаях имитационное моделирование – единственный способ получить представление о поведении сложной системы и провести ее анализ. Не составляет исключения и АСУ КЧС на различных стадиях ЖЦ как со стороны правообладателя, так и со стороны поставщика (см. таблицу).

В соответствие с предложенной классификацией стадий ЖЦ правообладателя могут применяться следующие ИМ. На стадиях замысла и технорабочего проекта (при решении проблем применения сложных ИТ инфраструктур, анализа производительности серверов, узких мест локальной сети и т.п.) может быть применен метод дискретно-событийного моделирования. Этот подход также хорошо применим при проектировании технической инфраструктуры телекоммуникационных компаний, и позволяет достаточно точно обосновывать необходимость тех или иных технических и финансовых ресурсов при организации каналов связи с заданной пропускной способностью при имеющихся ограничениях. Стадии стратегического планирования и управления, а также анализа, в какой из моментов следует переключать производство в режим модернизации, консервации, прекращения применения могут быть поддержаны ИМ на базе агентского моделирования. Вопросы оптимального управления городским хозяйством также могут моделироваться на стадиях замысла, проектирования, эксплуатации и анализа принятия решений. Подобные разработки эффективно используются при оснащении ситуационно-аналитических центров мэрий и городских администраций во многих странах.

Для стадий ЖЦ поставщика могут быть применимы принципы агентского моделирования (при описании моделей поведения потребителей на рынке и специфики покупателя (заказчика)). В этом контексте имеет смысл также рассматривать ЖЦ товаров и услуг. Моделирование конкуренции компаний на рынке с помощью агентской и дискретно-событийной парадигмы может применяться практически на всех стадиях ЖЦ поставщика.

¹ Правообладатель, который приобретает или получает продукт или услугу от поставщика [1].

Таблица 1

Стадии ЖЦ АСУ КЧС

Со стороны правообладателя	Со стороны поставщика
Стадия замысла	Стадия продажи
Стадия закупки	
Стадия технорабочего проекта	Стадия технорабочего проекта
Стадия ввода в действие	Стадия развертывания
Стадия опытной эксплуатации	
Стадия применения (эксплуатации)	Стадия продолжающейся разработки (сопровождения)
Стадия поддержки применения	
Стадия анализа и принятия решения	
Стадия прекращения применения и списания	

Пример использования имитационной модели на стадии технорабочего проекта

Ситуация с центром обработки вызовов 112 (ЦОВ 112) в России различается от региона к региону. Как правило, иерархия подразделений формируется на уровне области из вновь создаваемых ЦОВ 112, на уровне муниципальных районов – из единых дежурных диспетчерских служб (ЕДДС) и существующих ЦОВ 01, 02, 03, 04, 05 дежурных диспетчерских служб. Во многих регионах ЕДДС существуют лишь на бумаге и не имеют технических средств. Часто из-за отсутствия технических возможностей информация о ЧС может передаваться не в ЦОВ 112, а в службу 01.

Для реализации проекта на стадии технорабочего проекта в конкретных технических, ресурсных и финансовых ограничениях использование ИМ – настоятельная необходимость. На этой стадии ЖЦ системы модель системы в целом следует рассматривать как конфигурацию из набора типовых настраиваемых компонентов, связанных информационными каналами. Модели нужно комбинировать из типовых моделей системы массового обслуживания. Параметры же моделей – центральная проблема моделирования в наших условиях (как следует из вышесказанного), осложняемая отсутствием доступной статистики по ЦОВ 112 в целом. Не лучше обстоит дело со статистиками служб. Наиболее доступной является статистика службы 02. В зависимости от варианта построения системы управления КЧС в том или ином регионе необходимо задавать на входе в ЦОВ 112 временные ряды в соответствии с идентифицированными параметрами закона распределения либо формировать их как композицию временных рядов отдельных диспетчерских служб. Для начальной оценки технических, ресурсных и финансовых ограничений далее предлагается методика построения модели массового обслуживания, параметры которой идентифицированы на основе временных рядов службы 02.

Предлагаемая методика использует временные ряды службы 02 и предполагает:

- оценку законов и параметров распределения поступления обращений и обработки обращений в службу 02;
- построение имитационной модели и её тестирование на реальных временных рядах;
- оценку законов и параметров распределения поступления обращений и обработки обращений в диспетчерские службы структур, участвующих в ликвидации последствий кризисных или чрезвычайных ситуаций;
- построение имитационной модели службы ЦОВ 112 на основе моделей служб;

• оценка (на основе критериев согласия) статистических характеристик композиционного потока данных модели ЦОВ 112.

Исследования проводились на отрезке временного ряда обращений в дежурную диспетчерскую службу (ДДС) за 2003 г. ЦОВ ГУВД 02 г. Кемерово. Первичная верификация имитационной модели проводилась на отрезке временного ряда данных с 01.01.2007 г. по 01.07.2007 г.

Разбиение исходного входного потока заявок на подпотоки

Из имеющихся исходных данных выделим события, характеризующиеся следующими типами: СООБЩЕНИЕ03, БОЛЬНИЦА, ТРАВМПУНКТ, СКОРАЯ, АМПУТАЦИЯ, КОЛОТО-РЕЗАНИЕ, ОГНЕСТРЕЛЬНЫЕ, ПОПЫТКА САМОУБИЙСТВА, РУБЛЕННЫЕ РАНЫ, СЛЕДЫ ОТ ПОБОЕВ, ЧЕРЕПНО-МОЗГОВАЯ, ОЖОГИ, ОТРАВЛЕНИЕ, ПОТЕРПЕВШИЙ ОТ ДТП, СКОРОПОСТИЖНАЯ СМЕРТЬ, ТРАВМЫ, УШИБЫ, ТРУП, ДТП С ПОСТРАДАВШИМИ, ДТП СО СМЕРТЕЛЬНЫМ, НОЖЕВОЕ РАНЕНИЕ, ПОБОИ ИСТЯЗАНИЯ.

Отчётливо видно что, в имеющемся статистическом материале ЦОВ ГУВД 02 г. Кемерово присутствует не менее 20% заявок, которые явно или косвенно влекут за собой вызов на место происшествия бригад скорой медицинской помощи. Следовательно, для того, чтобы иметь возможность сделать выводы о дополнительном привлечении той или иной экстренной службы, необходимо разделить имеющийся входной поток по следующим типам:

- 01 – требуется реагирование только сил и средств ДДС противопожарной службы;
- 02 – ДДС МВД;
- 03 – ДДС скорой медицинской помощи;
- 0103 – ДДС 01 и 03 соответственно;
- 0102 – ДДС 01 и 02;
- 0203 – ДДС 02, 03;
- 010203 – ДДС 01,02,03.

Покажем на примере наиболее характерных событий, поступающих в службу 02 УВД г. Кемерово, как можно разделить имеющийся входной поток на события в соответствии с предложенной классификацией. Из исходного потока можно выделить подпоток, который обслуживается исключительно ресурсами ДДС 02 (тип 02). На основе имеющейся статистики известными методами получаем законы распределения для различных подпотоков.

Идентификация закона распределения интервалов поступления заявок для подпотока 02 (рис. 1) показывает, что представленный график соответствует экспоненциальному закону с параметром интенсивности 10. Аналогичным способом получаем параметры подпотоков 0202, 0102, 010203.

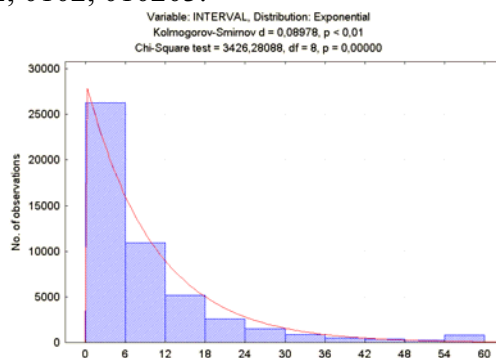


Рис. 1. График плотности распределения интервалов поступления заявок подпотока 02

Описание модели

На данном этапе основная цель моделирования заключается в проверке гипотезы о том, что модель центра обработки экстренных вызовов с расщеплением входного потока заявок по классам будет адекватной в смысле формирования итогового потока модели без расщепления. В отличие от предыдущего исследования поток заявок должен состоять из нескольких подпотоков, каждый из которых обладает свойством экспоненциальности, но отличается от другого класса интенсивностью.

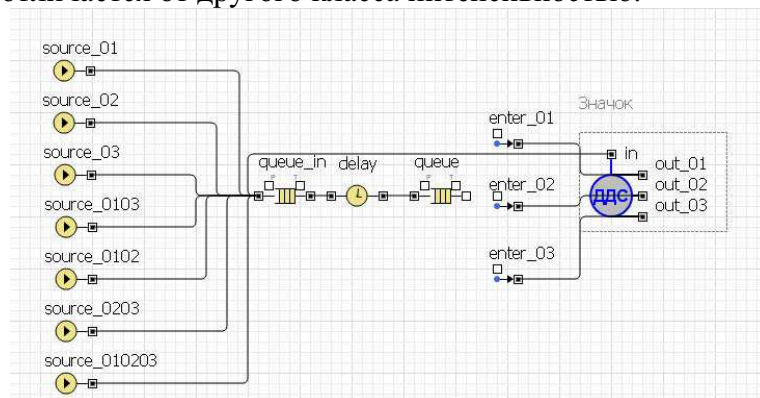


Рис. 2. Модель ДДС с расщеплённым входным потоком и с выходом, порождающим заявки к специализированным спецслам 01, 02, 03

Каждый из источников генерирует заявки одного из описанных классов в соответствии с экспоненциальным законом распределения и выбранным параметром интенсивности. Далее заявки поступают на вход очереди (queue_in). При этом для исследуемого случая заявки будут инициироваться источниками source_02, source_0203, source_0102, source_010203. Так как заявки только этих классов были обнаружены в исходных данных (рис. 2).

Описание эксперимента

На основе исходных данных, полученных, как описано выше, проведена серия экспериментов на представленной имитационной модели. На рис. 3 представлены результаты моделирования функционирования ДДС с входным потоком, генерируемым несколькими источниками. В данном случае сложный объект (complexSource_1), описывающий ЦОВ с несколькими источниками (см. рис. 2) представляется на уровне презентации обобщённо в виде значка «ДДС». Класс этого объекта формируется наследованием от класса ComplexSource, представленного средствами графического моделирования на рис. 2. Каждый из источников формирует подпоток определённого типа с интенсивностью экспоненциального закона распределения, которые были выделены и идентифицированы выше. Совокупность заявок всех представленных типов в точности составляет исходный статистический поток УВД 02 г. Кемерово.

На основе предложенного подхода имеется возможность на последующих этапах работы разработать параметризованную модель управления в кризисных и чрезвычайных ситуациях для муниципального формирования (округа) или региона. Эта модель будет включать в себя совокупность действующих на определённой территории ДДС 01, 02, 03, ..., ЕДДС/112, соединённых информационными связями по потокам заявок и действующих в рамках следующих ограничений:

- нахождение заявки в очереди на обслуживание не более определённого времени;
- наличие в распоряжении каждой из ДДС определённого количества ресурсов реагирования (экипажей ППС, бригад скорой медицинской помощи, нарядов государственной противопожарной службы и т.д.).

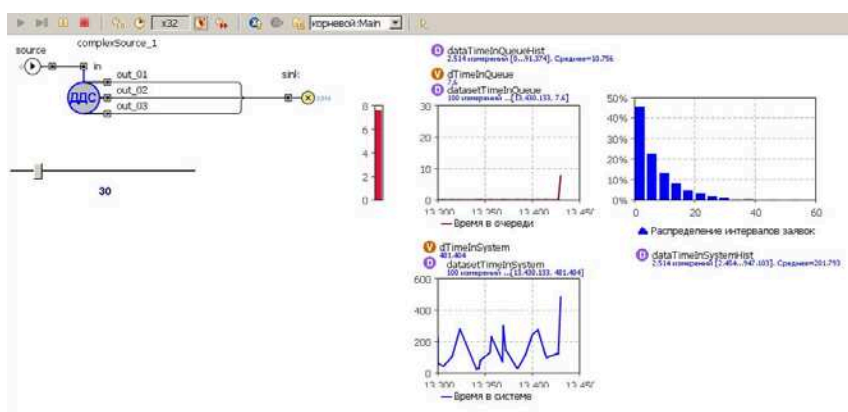


Рис. 3. Функционирование ДДС с входным потоком, генерируемым несколькими источниками

Манипулируя последним ограничением, мы можем добиваться выполнения первого, которое является основным показателем правильности функционирования системы.

На данном этапе работ можно сформулировать следующие выводы.

1. На основе имитационной модели показано, что расщепление потока заявок на классы с соответствующими параметрами распределения не приводит к изменению параметров распределения исходного (совокупного) потока.

2. Используя свойство, описанное в п. 1, мы можем построить универсальную типовую имитационную модель ДДС, которая будет адекватно представлять работу ДДС любого типа (01,02,03 и т.д.)

На основе универсальной типовой имитационной модели ДДС и связей между объектами, ею описанных, возможно построить в целом имитационную модель системы управления в КЧС, которая позволит определять финансовые и ресурсные параметры построения системы на базе предложенных нормативов. В качестве базового норматива выбирается нахождение заявки в очереди, что на практике определяет время прибытия служб экстренного реагирования на место происшествия.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288:2005 Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем (ISO/IEC 15288:2002 «System engineering – System life cycle processes»).
2. Толковый словарь по вычислительным системам. М.: Машиностроение, 1990.
3. **Липаев В. В.** Программная инженерия. Методологические основы. Курс лекций/ М.: Теис, 2006.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99 Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств.
5. **Фокс Дж.** Программное обеспечение и его разработка. М.: Мир, 1985.
6. **Алёшин В., Разумов Д.** Модели стратегического и оперативного управления жизненным циклом автоматизированной системы управления в кризисных и чрезвычайных ситуациях (в печати).