
МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 517.977

Система автоматизации имитационного моделирования UNIVERSAL

И. В. МАКСИМЕЙ, О. В. БЫЧЕНКО, Д. О. БЫЧЕНКО, Н. А. ГРОЗДИЦКИЙ,
Д. Н. ЕЗЕРСКИЙ, О. Н. МЕДВЕДЕВА

Введение. Обзор способов и средств имитации сложных систем на ЭВМ второго поколения приведен в монографии [1]. Недостатки использования классических способов имитации дискретных сложных систем (ДСС) и систем автоматизации моделирования (САМ) ДСС определили актуальность развития комбинации транзактно-процессного способа имитации и программно-технологических комплексов имитации (ПТКИ), реализующих этот способ имитации ДСС. Обзор возможностей сочетания транзактов сложной структуры процессами, являющимися обслуживающими устройствами (ОУ) в терминах систем массового обслуживания (СМО) и ПТКИ, автоматизирующих разработку, испытание и эксплуатацию ИМ ДСС приведен в монографии [2]. Опыт разработки и апробации ПТКИ определил актуальность развития комбинации агрегатно-процессного способа имитации вероятностных технологических процессов (ВТП) на основе формализации с помощью аппарата сетевого планирования [3]. Для автоматизации построения и эксплуатации ИМ ДСС, построенных на этом способе имитации, была разработана система САИМ [3]. Круг типов ДСС расширился и опыт разработки ПТКИ ПТКИ и САИМ определил новое направление имитации ДСС, возможности которого излагаются в данной статье. Наконец, существенным достоинством САМ UNIVERSAL является органическое объединение способов формализации разных частей ИМ ДСС с процедурой Монте-Карло метода статистических испытаний. Перечисленные ниже достоинства САМ UNIVERSAL, по нашему мнению, обеспечит перспективу развития использования и дальнейшее развитие ее возможностей на основе результатов ее апробации.

1 Состав и структура САМ. Для реализации нового способа имитации СС реализуется САМ UNIVERSAL (см. Рис. 1) состоящая из следующих компонентов:

- множества библиотек программ статических элементов 6 типов (LIB.СТЭЛ_j 1 типа ÷ LIB.СТЭЛ_j 6 типа);
- множества библиотек программ динамических элементов (LIB.ДЭЛ_{ij} 1 типа ÷ LIB.ДЭЛ_{ij} 6 типа);
- блока формирования структуры ИМ СС;
- блока задания начальных условий (БНУ) в базах данных ОБД₁ и ОБД₂;
- оперативный блок создания программы множеств {СТЭЛ_j} (БЛОПСТЭЛ);
- блока окончания имитации (БОКИ);
- подпрограмм вторичной обработки статистики имитации (ПП ВТОР. ОБРАБ СТАТИМ);
- блок сбора статистик (БССТ₁), формируемой самими СТЭЛ_j и ДЭЛ_{ij} в каждой реализации процедур Монте-Карло;
- поле сбора статистики имитации (ПСТАТ);
- общей базы данных (ОБД₁), в которой хранятся информационные части СТЭЛ_j (для каждого типа СТЭЛ_j выделяется своя область 1-6);
- общей базы данных (ОБД₂), в которой хранятся информационные части ДЭЛ_{ij} (для каждого типа ДЭЛ_{ij} выделяется своя область 1÷6);
- управляющей программы моделирования (УПМ).

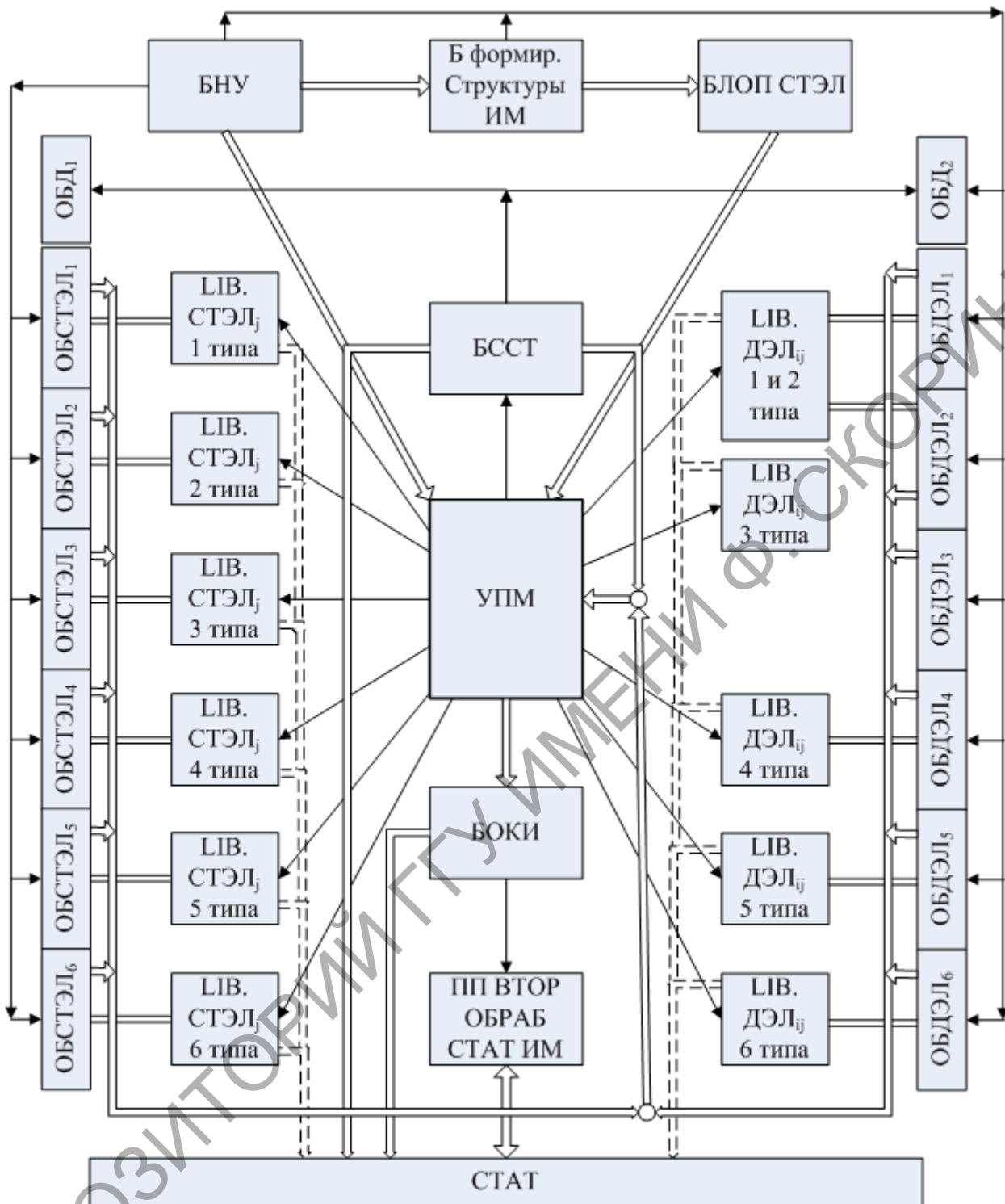


Рисунок 1 – Структура CAM UNIVERSAL

Каждая библиотека программы СТЭЛ₁ любого типа разработана по одной технологии, используя принцип реентерабельности выполнения программы и ее информационной части в соответствующей области ОБД₁. Одна программа СТЭЛ₁ любого типа может использовать одновременно в модельном времени столько информационных частей, сколько имеется в ИМ СС копий СТЭЛ₁ данного типа. В любой момент времени модельного времени t_0 выполняется на процессоре ЭВМ только одна активность АКТ_{к1} (здесь k – номера активности в программе СТЭЛ₁). Эти активности квазипараллельно обслуживаются УПМ в порядке их приоритета. Выбрав k -й номер АКТ_{к1}, УПМ активизирует алгоритм этой активности, имитируя выполнение алгоритма той компоненты СС, которой соответствует СТЭЛ₁. Алгоритм АКТ_{к1} в соответствии и его способом формализации компонент СС меняет переменные, расходует

ресурсы ИМ СС, формирует статистику использования ресурсов, статистику использования СТЭЛ_j в ОБД₁ и статистику обслуживания ДЭЛ_{ij} в ОБД₂. В конце концов по завершении АК-Т_{kj} управление возвращается на УПМ. Далее согласно своему алгоритму все обслуживания СТЭЛ_j и ДЭЛ_{ij} и в соответствии с приоритетами π_{2j} динамических и статических элементов УПМ активизирует другую активность СТЭЛ_j или ДЭЛ_{ij} (иногда даже той же самой программы, если число копий СТЭЛ_j и ДЭЛ_{ij} в ОБД₁ и ОБД₂ большое). Связь СТЭЛ_j с другими СТЭЛ_j осуществляет только через УПМ. Для каждого типа СТЭЛ_j имеется свое подмножество ДЭЛ_{ij} соответствующего типа.

Очевидно, что в ОБД₂ имеется своя область для каждого типа ДЭЛ_{ij}. Таким образом за счет реентерабельности ДЭЛ_{ij} одна и та же программа ДЭЛ_{ij} из соответствующей библиотеки может обслуживать множество копий информационных частей. При этом одновременно в каждой из областей ОБД₂ может использоваться часть программы ДЭЛ_{ij}, формироваться статистика использования копий ДЭЛ_{ij}, накапливаются и изменяются локальные переменные ДЭЛ_{ij}. Как видим, одна программа каждого типа СТЭЛ_j обслуживает множества активностей АКТ_{ki} и одна программа каждого типа ДЭЛ_{ij} также обслуживает соответствующие ей множество информационных частей транзактов. Принцип реентерабельности СТЭЛ_j и ДЭЛ_{ij} существенно сокращает размеры ИМ СС и, кроме того, позволяет их разработать навсегда на языке программирования СИ разработчиками SAM UNIVERSAL, являющимися специалистами по системному программированию и прикладной математике. Поэтому после отладки программ СТЭЛ_j и ДЭЛ_{ij} они каталогизируются в соответствующие библиотеки (См. на Рис. 1 ЛИБ СТЭЛ_j типа 1÷6 и ЛИБ ДЭЛ_{ij} типа 1÷6).

Блок формирования структуры ИМ СС по исходной информации о составе и структуре компонентов ИМ СС, используя таблицы коммутации СТЭЛ_j друг с другом, формирует структуру баз данных ОБД₁ и ОБД₂. Кроме того, по таблице исходного состава ресурсов в варианте ИМ СС, таблица коммутации составляет блок операционных программ (БЛОП) множества {СТЭЛ_j}, который входит в ИМ по одной программе для каждого типа СТЭЛ_j.

Блок БНУ обеспечивает заполнение в ОБД₁ таблиц заказов ресурсов ИМ СС исходной информацией, указывая при этом необходимо число детерминированных ресурсов (n_1-n_6) и запись функций распределения вероятностей расхода ресурсов ($F_{1j}(\tau) \div F_{4kj}(ko)$) для каждого СТЭЛ_j. Другой функцией БНУ является задание начальной структуры информационной части ДЭЛ_{ij} в ОБД₂.

Блок окончания имитации инициируется УПМ при выполнении условий завершения варианта имитации СС и выполняет функции деформирования статистики имитации из буферных зон статистики использования {СТЭЛ_j} в ОБД₁ и статистики использования {ДЭЛ_{ij}} в ОБД₂. Кроме того, стандартная статистика имитации, формируемая блоком БССТ₂, записывается после статистик также блоком имитации (БОКИ).

Состав стандартной статистики фиксирован и блок сбора статистика БССТ, взаимодействуя конкретно с УПМ, формирует обычный набор статистик использования {СТЭЛ_j} {ДЭЛ_{ij}} за время имитации одной реализации процедуры Монте-карло, записывая ее в поле статистики (НСТАТ).

УПМ является координатором взаимодействий {СТЭЛ_j} друг с другом и использования ими {ДЭЛ_{ij}}. Каждые ДЭЛ_{ij} и СТЭЛ_j взаимодействуют с УПМ с помощью своего набора операторов моделирования. Каждая активность АКТ_{kj} СТЭЛ_j завершается каким-либо оператором взаимодействия с УПМ. Из-за необходимости обеспечить одновременно квазипараллелизм обслуживания УПМ этих операторов и использования принципа реентерабельности программ СТЭЛ_j и программ ДЭЛ_{ij} в каждом операторе указывается следующая информация: номера j для СТЭЛ_j или ij для ДЭЛ_{ij}, номера (k) активностей АКТ_{kj} адреса β_1 информационной части СТЭЛ_j в ОБД₁, адреса α_i информационной части ДЭЛ_{ij} в ОБД₂, адрес возврата A на программу СТЭЛ_j, адрес A_1 на ту часть УПМ, которая обслуживает данную активность или программу ДЭЛ_{ij}, заказы которых необходимо выполнить. Наконец, в операторах обращения указывается: время имитации АКТ_{kj} (τ_{kj}) или время имитации выполнения ДЭЛ_{ij} (τ_{ij}), адрес условия выполнения для завершения оператора ($AУ_k$), где k —номер процедуры пользователя в поле заказа на имитации, хранящемся в ОБД₁. Столь сложный алгоритм обращения АКТ_{kj} и

ДЭЛ_{ij} к УПМ необходим для обеспечения квазипараллелизма по событийному способу имитации и для организации реентерабельности программ каждого типа СТЭЛ_j и ДЭЛ_{ij}.

Заключение. Реализуемая SAM UNIVERSAL существенно расширяет возможности имитации ДСС за счет совмещения в «теле» одной программы ИМ ДСС нескольких способов формализации ее компонентов. Возможно сочетание двух подмоделей, основанных на разных принципах имитации: агрегатно-процессного способа имитации; транзактно-процессного способа имитации. Кроме того, использования принципа реентерабельности программ СТЭЛ_j и программ ДЭЛ_{ij}, позволяет существенно сократить объем оперативной памяти ЭВМ, занимаемой множеством элементов ИМ ДСС. Тот факт, что увеличивается само время имитации на ЭВМ не имеет существенного значения из-за возросшей производительности современных компьютеров. С нашей точки зрения, это допустимая плата расхода дополнительных ресурсов ЭВМ за существенное сокращение размеров программ.

Весьма важное достоинство данной SAM состоит в том, что программы СТЭЛ_j и программа ДЭЛ_j разработаны на языке навсегда специалистом по системному программированию и имитации и поэтому необходимо исследователю согласно инструкции составить граф GR ДСС, заменив при этом узлы на соответствующие типы СТЭЛ_j и выбрав типы ДЭЛ_{ij} для каждой ветви этого графа. В таблице заказа расхода ресурсов каждым СТЭЛ_j указывается требуемое количество детерминированных ресурсов ($n_1 - n_6$) и функций распределения вероятностей значений расхода вероятностных ресурсов ($F_{1j}(\tau) = F_{4kj}(k_0)$). Никакого программирования специалистам предметной области не требуется. Необходимо только правильно указать таблицу коммутации СТЭЛ_j и ДЭЛ_{ij} и задать начальное значение 10 типов ресурсов ИМ ДСС.

Резюме. Рассматриваются особенности построения системы автоматизации моделирования для дискретных сложных систем. На этапе создания имитационных моделей предложено развивать использование комбинации агрегатно-процессного способа имитации вероятностных технологических процессов на основе формализации объектов исследования с помощью аппарата сетевого планирования.

Abstract. Features of modeling automation system construction for discrete complex systems are considered. At the stage of imitating model creation it is offered to develop the use of a combination of an aggregate-process way of likelihood technological process imitation on the basis of research object formalization by means of the network planning device.

Литература

1 Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей. – Москва: М. – Радио и связь, 1988. – 232с.

2 Левчук, В.Д., Максимей, И.В. Программно-технологические комплексы имитации сложных дискретных систем / В.Д. Левчук, И.В. Максимей. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2006. – 263с.

3 Смородин, В.С., Максимей, И.В. Методы и средства имитационного моделирования технологических процессов производства / В.С. Смородин, И.В. Максимей; М-во образования РБ – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. – 369с.