

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Merayo M.G., Nunez M., Rodriguez I. Formal testing from timed finite state machines // Computer Networks. – 2008. – V. 52. – № 2. – P. 432–460.
2. Gromov M.L., Popov D.D., Yevtushenko N.V. Deriving test suites for timed Finite State Machines // Proc. of IEEE East-West Design & Test Symposium'08. – Kharkov, Ukraine: SPD FL Stepanov V.V., 2008. – P. 339–343.
3. Гилл А. Введение в теорию конечных автоматов. – М.: Наука, 1962. – 272 с.
4. Hennie F.C. Fault-detecting experiments for sequential circuits // Proc. of 5th Annual Symp. on Switching Theory and Logical Design. – USA, Nov. 1964. – P. 95–110.
5. Василевский М.П. О распознавании неисправности автоматов // Кибернетика. – 1973. – № 4. – С. 93–108.

Поступила 11.02.2010 г.

УДК 519.876.5

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Г.П. Цапко, С.Г. Цапко, Д.В. Тараканов

Томский политехнический университет
*Сургутский государственный университет
E-mail: serg@aics.ru

Предложены механизмы для реализации многофункциональных схем моделирования. Показана реализация схемы моделирования с разомкнутой структурой, рассмотрены временные режимы работы последовательной многофункциональной схемы. Приведена реализация циклической многофункциональной схемы моделирования и ее реализация в терминах Е-сети. Представлена реализация разработанной замкнутой многофункциональной схемы моделирования, обеспечивающей многократное селективное обслуживание группы разнородных функциональных процессов с минимальным количеством Е-сетевых моделей.

Ключевые слова:

Многофункциональная схема, имитационное моделирование, фишка, переход, позиция.

Key words:

Multifunctional circuit simulation, chip, shift, position.

При практической реализации динамических моделей приходится достаточно часто решать типовые вычислительные и алгоритмические задачи, в том числе с помощью алгоритмических схем моделирования. Данные задачи сводятся к реализации типовых логических $\{Alg\}$, вычислительных $\{\rho\}$ операций и операторов задержки продвижения фишек $\{\Delta t\}$ по Е-сети. Для уменьшения общего количества ЕN (Е-net) элементов (позиций, переходов) в динамической модели (ДМ) предлагается использовать многофункциональные схемы моделирования (МСМ), которые работают по принципу «одна ЕN схема – несколько моделей». Это позволит значительно сократить не только размер модели, но и уменьшить трудозатраты на создание ДМ и автоматизировать процесс моделирования. Для решения проблемы реализации многофункциональности желательно отказаться от традиционного принципа программирования Е-сетевых схем, когда функционирование элементов ЕN структуры строго фиксировано в рамках программного кода. Для введения принципа автоматической адаптации ЕN схемы предлагается использовать следующие механизмы:

- 1) генерация профилировщиком заданной архитектуры модели согласно цели функционирования

и выбор подмножества Е-сетевых подсистем, необходимых для формирования текущей реализации модели;

- 2) транспортировка совокупностью фишек по Е-сети модели служебных данных $Atr.Data_C$, необходимых для работы Е-сетевых переходов. $Atr.Data_C$ включает в себя следующие элементы: идентификатор, операторы преобразования атрибутов, операторы задержки, управляющие операторы;
- 3) настройка требуемых переходов ЕN модели путем записи служебных данных в буфер перехода;
- 4) селективный процесс работы переходов модели согласно идентификационным параметрам входного потока данных (фишек).

Организация процесса работы системы профилирования подробно изложена в [1]. В процессе функционирования система профилирования генерирует служебные фишки $V_{in}^c(\{atr_i\})$ которые последовательно проходят через Е-сетевую схему динамической модели и при активизации переходов происходит считывание данных в буфер перехода BUF_{Ci} (рис. 1).

После записи служебных данных $Data_C$ в буфер перехода происходит изменение флага F_{ar} фишки

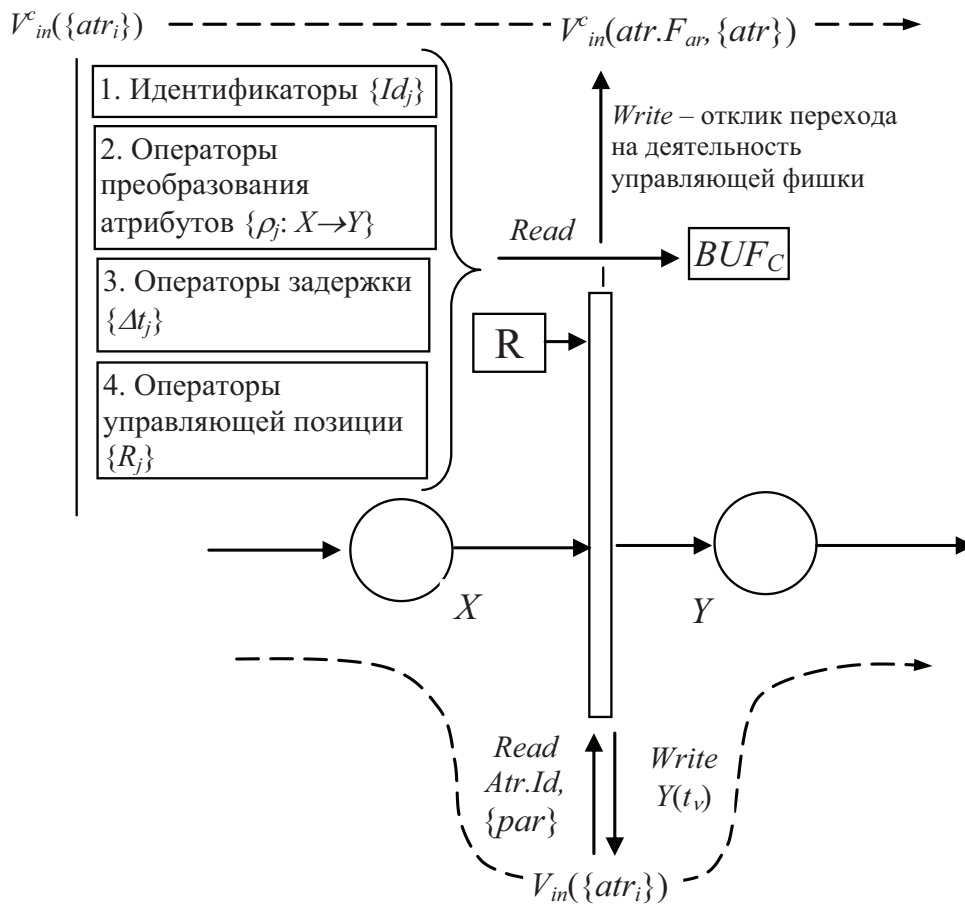


Рис. 1. Механизм настройки многофункциональной схемы

$V_{in}(\{atr\})$, который информирует о том, что процесс операции настройки C_i перехода завершен. После того, как фишки пройдут через все элементы модели, они поступают обратно в профилировщик для проверки корректности настройки модели.

На рис. 2 показана многофункциональная схема, реализующая совокупность компонент $\{Comp\}$. Данные компоненты соединены между собой последовательно, выход последней компоненты не соединен со входом первой.

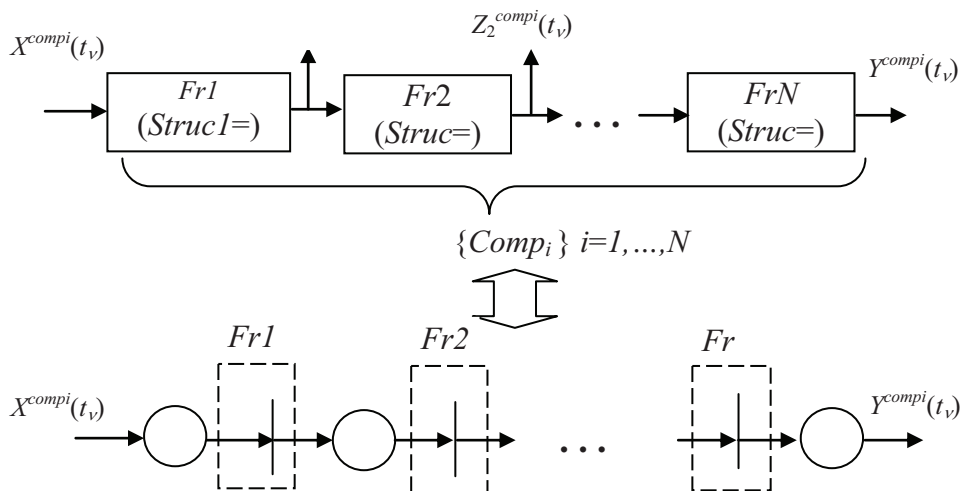


Рис. 2. Реализация многофункциональной схемы моделирования с разомкнутой структурой

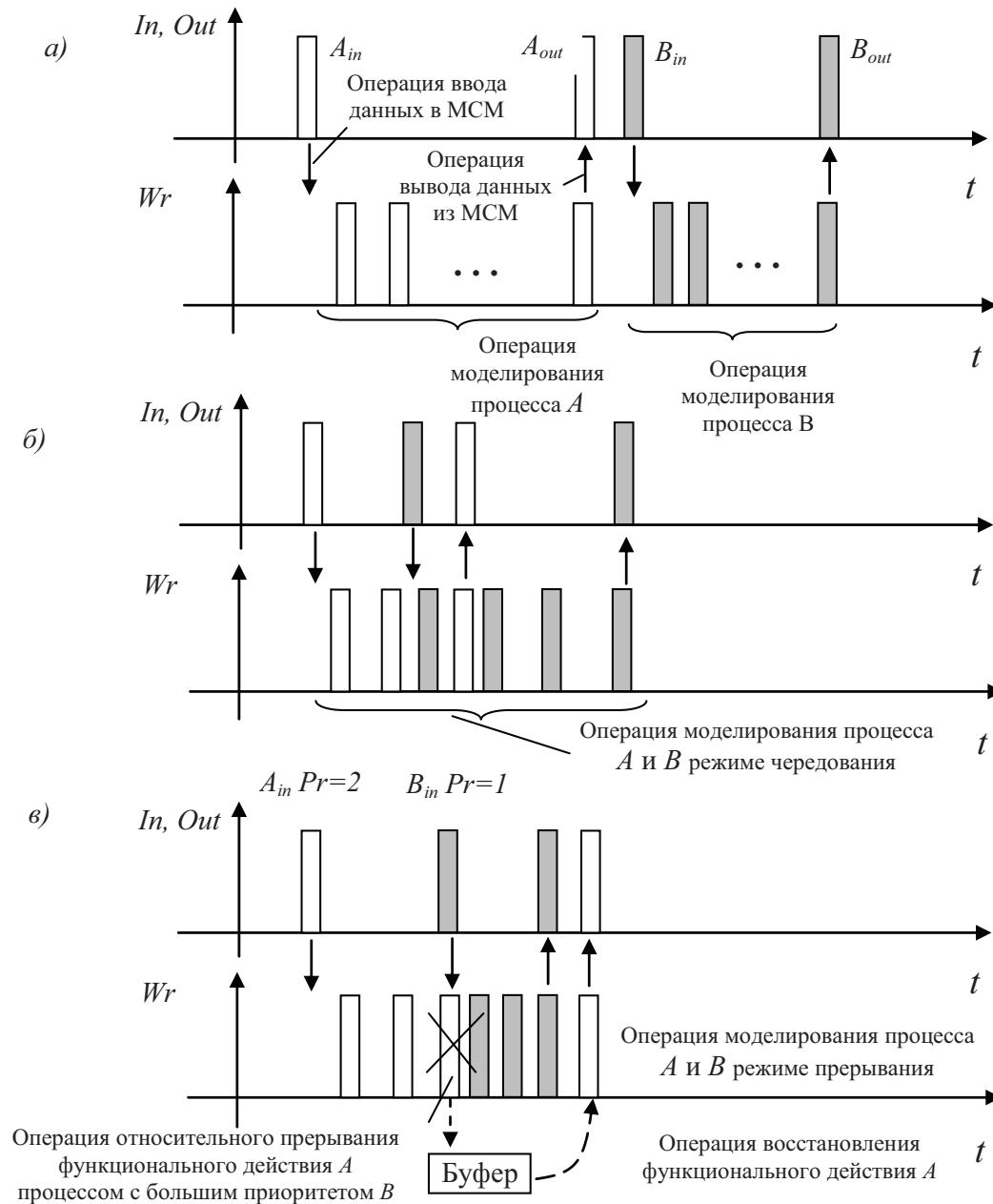


Рис. 3. Временная диаграмма работы многофункциональной схемы моделирования

Совокупность переходов C_j , последовательно соединенных друг с другом, образует структуру компонента модели [3]. В режиме имитации поступление на вход компоненты фишки вызывает процесс считывания идентификационного параметра Id_j переходом C_i .

В следующий момент записываются эндогенные переменные в буфер перехода, где происходит вычисление требуемых параметров согласно заранее определенному закону ρ и выполняется срабатывание перехода через интервал времени $\Delta t = \Delta t_F - \Delta t_C$, где Δt_F – длительность фазы реального технологического процесса, Δt_C – время, затраченное EN схемой на вычисление данного процесса. Далее происходит срабатывания перехода C_1 и

фишка заносится в выходную позицию. При этом фишка продвигается по EN схеме компоненты с выполнением операций преобразования атрибутов по заранее заданному профилировщиком закону для данного процесса, т. е. указанного номера Id .

Таким образом, формируется уникальная структура моделирования технологического процесса: $Struc_i = \langle Id_i, \rho_i, \Delta t_i, R_i \rangle$.

Последовательная многофункциональная схема моделирования может работать в следующих временных режимах (рис. 3):

1. Последовательная обработка потока фишек с различными заданиями (рис. 3, а). В режиме последовательной обработки выполняется

условие $\Delta T_{A,B} \geq \sum_{i=1}^I t_A^p$ – интервал времени между

поступлением заявок на воспроизведение функциональных процессов, где t_i^p – время выполнения p -го процесса потока A .

Более детально процесс имитации Е-сетевой алгоритмической схемы моделирования изложен в [1].

2. Чередующаяся последовательность обработки потока фишек с различными заданиями (рис. 3, б) существует только для распределенных систем во времени. Причем процесс воспроизведения функционального действия компоненты модели будет являться адекватным относительно установленного качества работы модели, если минимальный интервал времени между двумя соседними вычислительными тактами наименьшего по времени процесса больше максимальной длительности задержки срабатывания перехода при имитации другого процесса.

3. Режим приоритетного прерывания имитации i -го процесса (рис. 3, в) требует использования в схеме МСМ позиций очередей Q вместо простых позиций b , или организацию дополнительных Е-сетевых элементов для организации буферов хранения данных. Представленная методика позволяет организовать принцип относительного прерывания, однако для организации абсолютного прерывания необходимо использование I переходов.

Дальнейшее углубление метода многофункционального моделирования процессов с помощью одной Е-сетевой структуры приводит к реализации циклической многофункциональной схемы моде-

лирования (ЦМСМ). Реализация предлагаемой структуры основана на многократном использовании ЕН ячейки путем передачи полученных промежуточных данных на ее вход посредством обратной связи, рис. 4.

Данная методика позволяет воспроизводить только распределенные во времени процессы, рассмотренные в [2]. Причем эта Е-сетевая структура позволяет решать задачу, как воспроизведения многофункциональных элементов, так и многократно решать задачу имитации процесса с помощью минимального количества Е-сетевых элементов. Это дает значительный эффект экономии ресурсов вычислительной техники и трудозатрат.

Е-сетевая реализация ЦМСМ представлена на рис. 5.

Реализация данной структуры также основывается на методе селективного преобразования атрибутов фишки, выборе длительности срабатывания переходов и селективной маршрутизации и адресации фишек. Требуемая архитектура ЦМСМ формируется не только при реализации идентификации переходами идентификационного номера Id . Она также может быть сформирована на основе значений счетчика фазы моделирования функционального действия $-Ind: Struc(t_{Ind}) = \langle Id, \rho_{j,Ind}, \Delta t_{j,Ind}, R_{i,Ind} \rangle$. При параллельно-распределенном вычислении процессов МСВС многократно (циклически) активизирует ЕН переходы. Селекция вычислительного процесса в МПВС осуществляется с помощью идентификационного параметра, записанного в атрибут фишки, который характеризует уникальный вид моделируемого параметра. Обработка входного потока фишек (рис. 5) реализуется переходом C_y , мак-

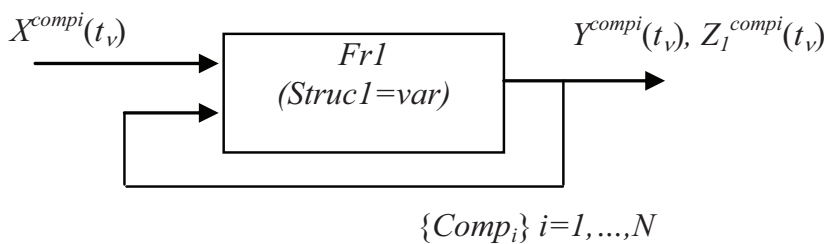


Рис. 4. Циклическая МСМ

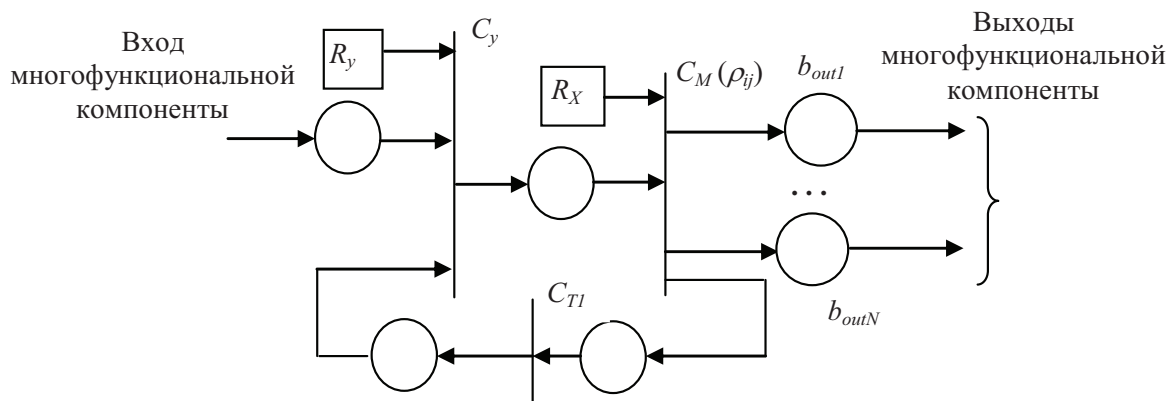


Рис. 5. Е-сетевая реализация циклической многофункциональной схемы моделирования

ропереход C_M преобразует значения атрибутов фишки согласно правилу $\rho_{i,Ind}$ ($i=1, \dots, n$ – номер модели элемента системы) и осуществляет адресацию фишек, и, соответственно осуществляет процесс маршрутизации фишки. Необходимость использования макроперехода C_M вызвана тем, что процесс адресации макропереходом, в общем случае, не подчиняется закону функционирования стандартного перехода C_X . Кроме того, связь ЦМСМ с другими Е-сетевыми подсистемами требует заданной последовательности передачи фишек к смежным компонентам. Переход C_{Γ} также может осуществлять преобразование атрибутов фишки в цепи обратной связи ЦМСМ согласно идентификационному номеру процесса и номеру итерации. По завершении первого цикла преобразования атрибута фишки счетчик Ind выполняет операцию декрементирования итерационного цикла $Ind=Ind-1$. При значении $Ind=0$ переход C_M заносит фишку в позицию выхода b_{out} с вычисленными эндогенными переменными.

Моделирование процессов может происходить как в последовательном, так и чередующемся режиме (рис. 6).

Если время преобразования атрибутов фишек Δt_{trans} много меньше времени ожидания наступления следующего вычисления (фишки) Δt_{sp} : $\Delta t_{trans} \ll \Delta t_{sp}$, то возможно использовать одну ЦМСМ для моделирования нескольких параллельных про-

цессов $t_{cyc(i)} - \sum_{j=1}^{N_i} t_{trans} > 0$, где $t_{cyc(i)}$ – длительность

i -й фазы технологического процесса, j – номер моделируемого процесса $j \in \{1, \dots, N_i\}$, N_i – максимальное количество функциональных преобразований возможных с помощью ЦМСМ.

Предлагаемая гибкая вычислительная структура является максимально экономичной алгоритмической схемой моделирования, позволяющей воспроизводить N_i вариантов различных процессов с требуемой иерархией и минимальным количеством позиций и переходов.

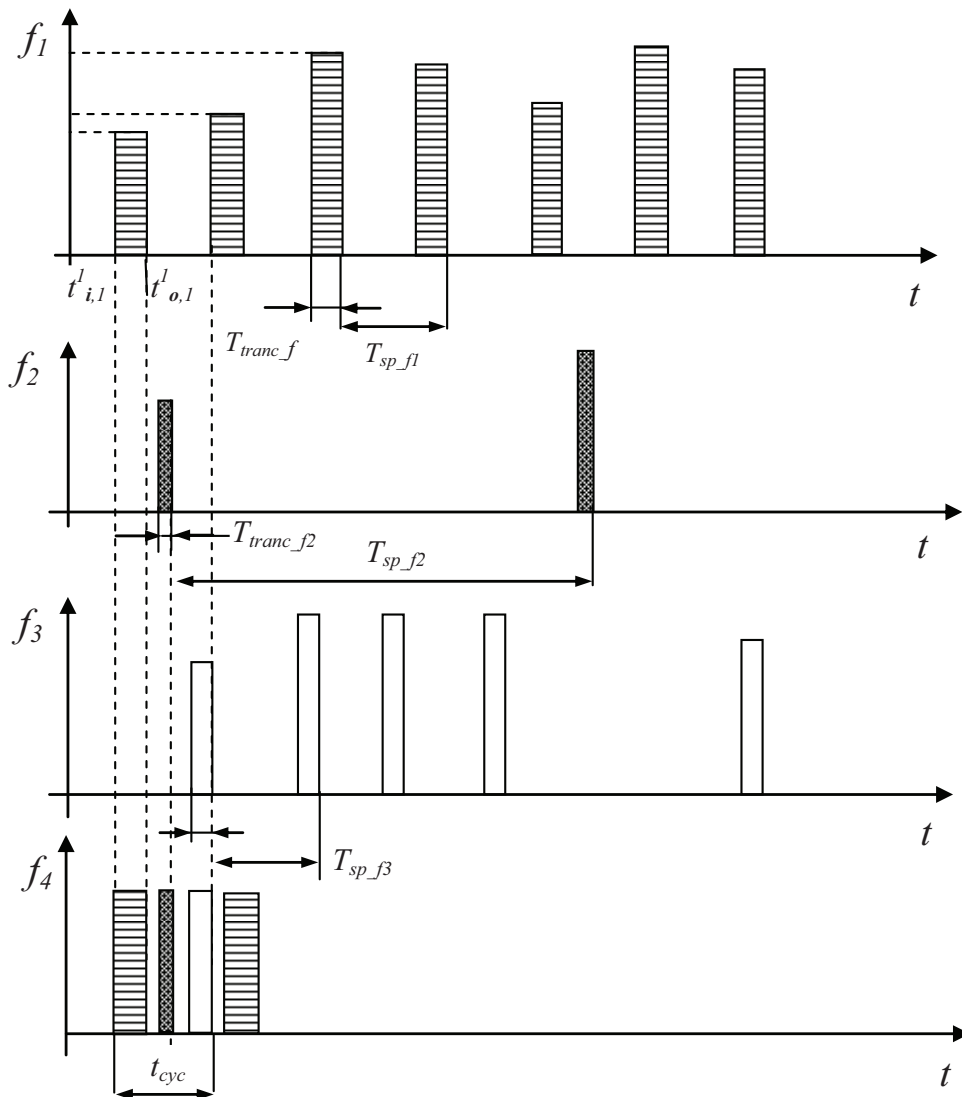


Рис. 6. Временная диаграмма работы ЦМСМ

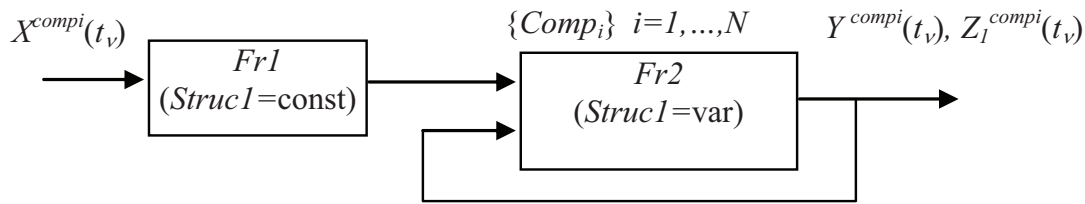


Рис. 7. Смешанная организация МСМ

Еще одной разновидностью многофункционального моделирования может являться архитектура со смешанной организацией (рис. 7). Данная архитектура представлена совокупностью разомкнутой и замкнутой МСМ.

Представленная смешанная организация позволяет уменьшить нагрузку на ЦМСМ путем перераспределения ресурсов модели между многофункциональными схемами моделирования.

Реализация МСМ позволяет ввести еще одну иерархическую структуру с подчинением «один ко многим» (рис. 8). То есть одна ЕН подсистема моделирования воспроизводит требуемый процесс с заданным уровнем детализации для заранее определенного подмножества компонент системы.

Если алгоритмическая схема моделирования (АСМ) представляет собой сосредоточенную структуру моделирования, то выполнение вычис-

лительного процесса возможно только в последовательном режиме имитации процессов, а также возможен режим прерывания. При распределенной (как наиболее часто реализуемой на практике) структуре, можно использовать последовательный режим, а также режимы чередования и прерывания.

Кроме того, данная архитектура обеспечивает обмен и преобразование данных между компонентами модели на низком уровне иерархии (в подсистеме АСМ), без традиционного маршрута движения фишек. Это позволяет уменьшить длину маршрута продвижения фишек и повысить быстродействие процесса взаимодействия между компонентами модели (рис. 8).

На рис. 8 и 9 показана двухуровневая Е-сетевая иерархическая структура с отношением «один ко многим».

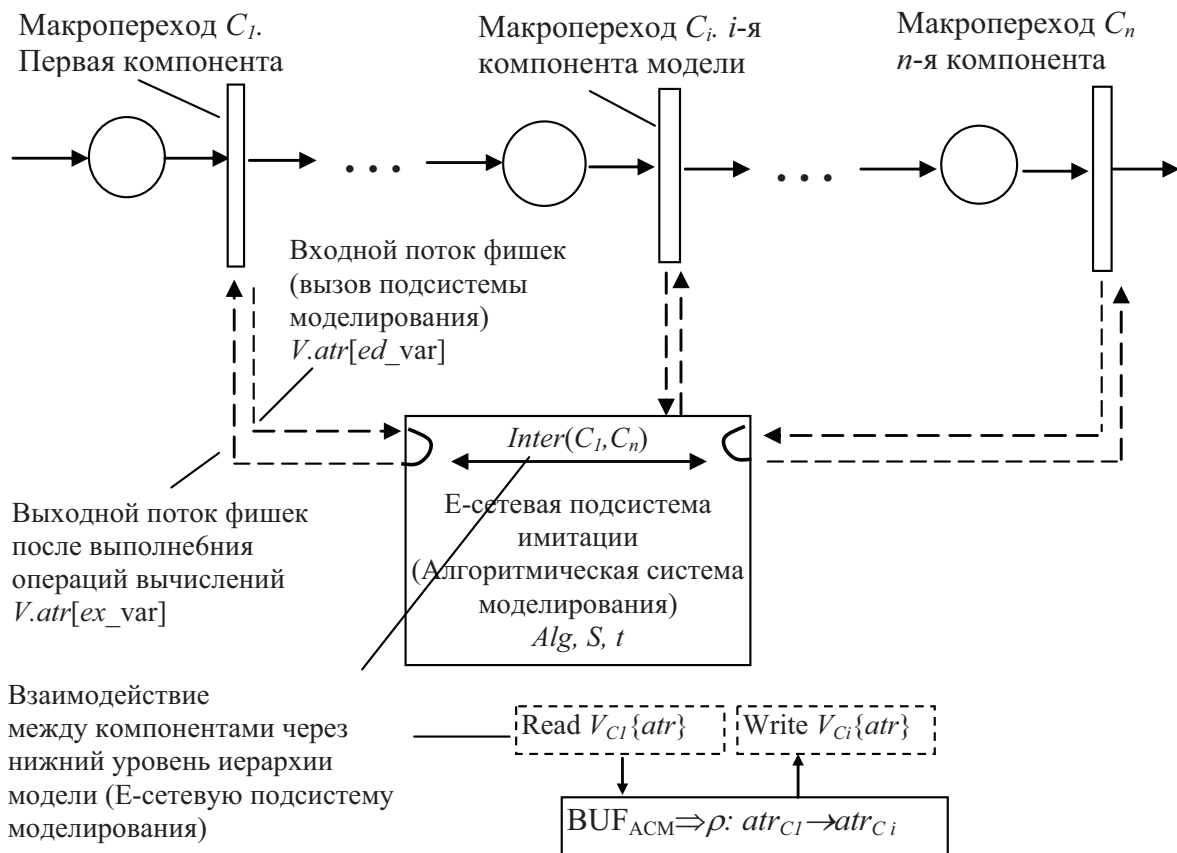


Рис. 8. ЕН структура с отношением компонентов «один ко многим»

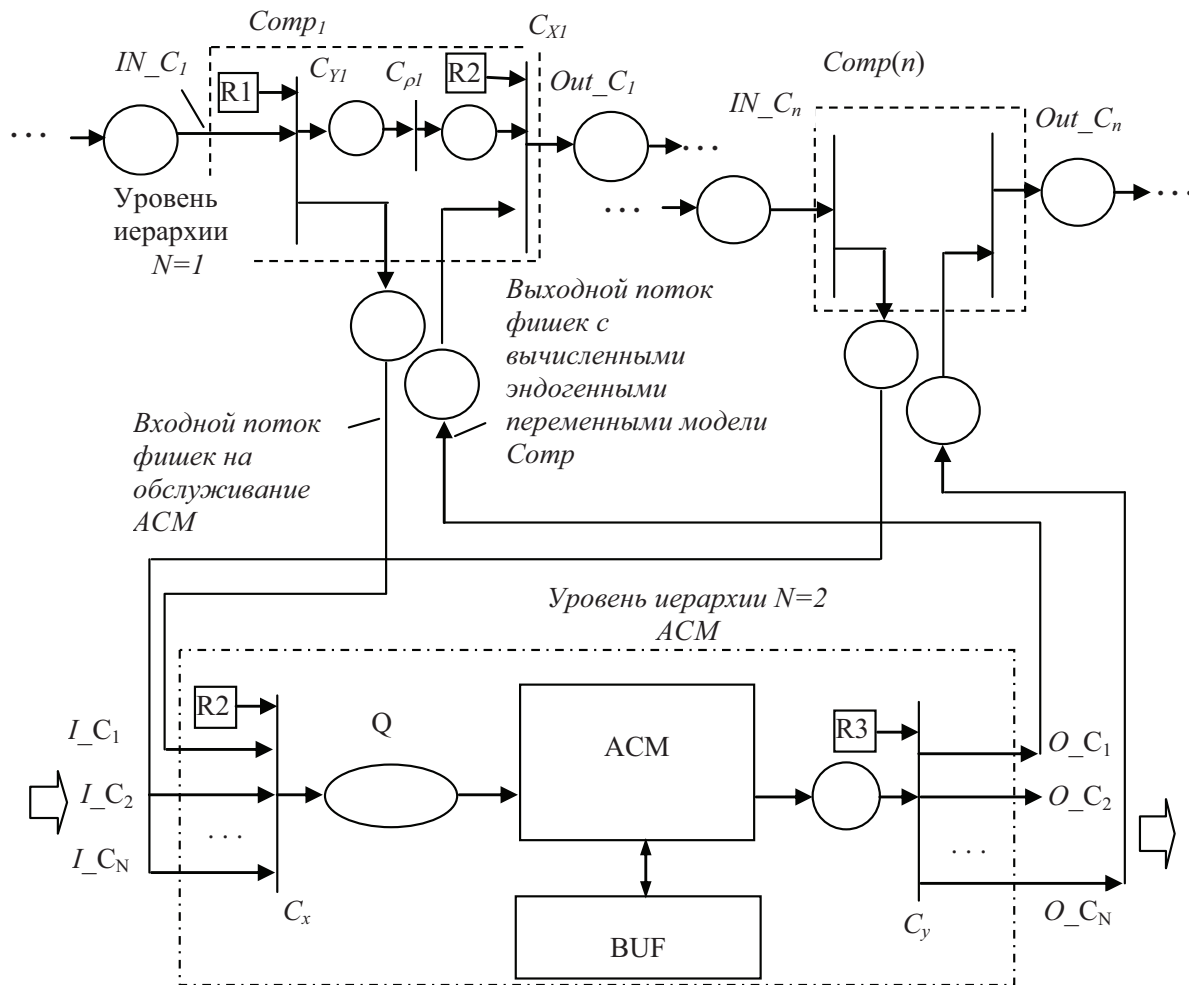


Рис. 9. Схема сопряжения EN компонентов в иерархической структуре «один ко многим»

На рис. 8 макропереходы C_i (i -число компонентов модели $i \in \{1, \dots, n\}$) выполняют роль компонентов модели. Имитация функциональных действий осуществляется одной подсистемой нижнего уровня – алгоритмической схемой моделирования.

В случае активизации перехода C_i , т. е. при выполнении i -м компонентом действий, происходит вызов Е-сетевой подсистемы имитации требуемого процесса. Это осуществляется посредством адресации потока фишек с экзогенными переменными i -й компоненты модели в подсистему Е-сетевого моделирования. После чего, обработанный поток фишек возвращается к нужному макропереходу. На рис. 9 управляющая позиция $R1$ перехода C_{y1} $Comp_1$ задает направления маршрута: если $b(R1)=1$ вычисление эндогенных переменных осуществляется с помощью внутреннего перехода C_{p1} , при $b(R1)=2$ происходит адресация потока фишек в ACM, где происходит операция имитации динамического процесса. Вычисление эндогенных переменных с помощью внутреннего перехода C_{p1} позволяет реализовать функциональное действие в первом приближении. Более точная имитация ФД осуществляется с помощью ACM. Операция адресации и выво-

да выходных сигналов к сопряженным компонентам модели выполняется с помощью перехода C_{x1} .

Из рассмотренного следует, что Е-сетевая подсистема имитации, в общем случае, состоит из переходов ввода/вывода, очереди Q на обслуживание заявок, буфера хранения прерванных заявок и EN алгоритмической схемы моделирования. При срабатывании перехода C_x ($\Delta t \rightarrow \min$) фишка через позицию очередь Q поступает в ACM, где происходит требуемая обработка атрибутов фишки. Заданный алгоритм вычислений определяется с помощью идентификационного кода фишки, а также данных об уровне детализации процесса и масштабе времени имитации процесса.

В случае активизации нескольких компонент модели (переходов) в одно и то же время возможно последовательное обслуживание фишек или попеременное [4]. В атрибутах фишки указан идентификатор компоненты, который позволяет продвигаться фишке по строго определенной траектории и преобразовывать атрибуты фишки (заданные переменные) в соответствии с заданием, т. е. функционировать в ACM в заданном режиме. В процессе работы ACM эндогенные переменные записываются

ся в атрибут фишки, которая заносится во входную позицию перехода C_7 . Переход C_7 выполняет операцию адресации фишки к требуемой компоненте модели. Во время работы представленной структуры «один ко многим» возможно возникновение двух конфликтных режимов работы:

- во время выполнения обработки запроса в АСМ поступает еще одна или несколько фишек на обслуживание (при поступлении фишек функционал «обслуживания» был задействован);

- одновременно поступают на обслуживание две и более фишек в АСМ (при поступлении фишек функционал «обслуживания» находился в состоянии ожидания).

В дальнейших исследованиях планируется для решения данной проблемы организовать работу АСМ по распределенному временному типу, использовать систему приоритетов обслуживания фишек и обеспечить доступ поступивших на обслуживание фишек в резервную АСМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цапко Г.П., Цапко С.Г., Тараканов Д.В. Е-сетевой метод информационно-логического проектирования компьютерных тренажеров. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2005. – 228 с.
2. Горбатов В.А., Смирнов М.И., Хлытчиев И.С. Логическое управление распределенными системами / под ред. В.А. Горбатова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 288 с.
3. Цапко С.Г., Цапко И.В. Параллелизм функционирования логически разделенных подсистем сложной системы при Е-сетевом моделировании // Известия Томского политехнического университета – 2007. – Т. 311. – № 5. – С. 47–50.
4. Конфликт сложных систем: моделирование и управление / под ред. А.А. Пунтуса. – М: Изд-во МАИ, 1995. – 118 с.

Поступила 24.02.2010 г.

УДК 519.71

КРИТЕРИИ И СРЕДСТВА РАЗВИТИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.З. Ямпольский, А.А. Захарова

Томский политехнический университет
E-mail: zaa@tpu.ru

Обсуждаются результаты анализа применимости и эффективности программных систем ведущих зарубежных и отечественных производителей, культивируемых на рынке информационных технологий для моделирования нефтегазовых месторождений. Сформулированы критерии оценки базовых программных систем, которыми следует руководствоваться при обосновании выбора. Дано формализованное описание сложных процессов геологического и гидродинамического моделирования нефтегазовых месторождений с использованием цифровых 3D-моделей и поддерживающих их программных систем.

Ключевые слова:

3D-геологические и 3D-гидродинамические модели, месторождения нефти и газа, алгоритмическое и программное обеспечение, обработка данных, информационные технологии.

Key words:

3D-geology and 3D-hydrogeology models, oil and gas field, algorithmic and program software, data processing, information technology.

Трехмерное цифровое моделирование с применением современных информационных систем и технологий является неотъемлемой частью процессов разведки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья. Необходимость их использования для обоснования решений регламентируется нормативными и законодательными документами как в России, так и в большинстве стран мира.

Неоднородности строения залежей, а также значительная широта фациального состава коллекторов и сложный нерегулярный характер структуры порового пространства обуславливают ограниченность и недостаточную точность сведений о пласте и флюидах, полученных в результате геологических и геофизических исследований. Таким

образом, полноценное исследование пластов невозможно без математического моделирования, проводимого на основе цифровых трехмерных многопараметрических моделей объектов разработки с применением современных программных средств.

Процесс моделирования месторождений нефти и газа предполагает последовательную интерпретацию сейсмической, геофизической, петрофизической, промысловой информации, построение трехмерных цифровых геологической и гидродинамической моделей, моделирование фильтрационных процессов в пласте, прогнозирование процесса разработки, а также выполнение технико-экономических расчетов по результатам моделирования.