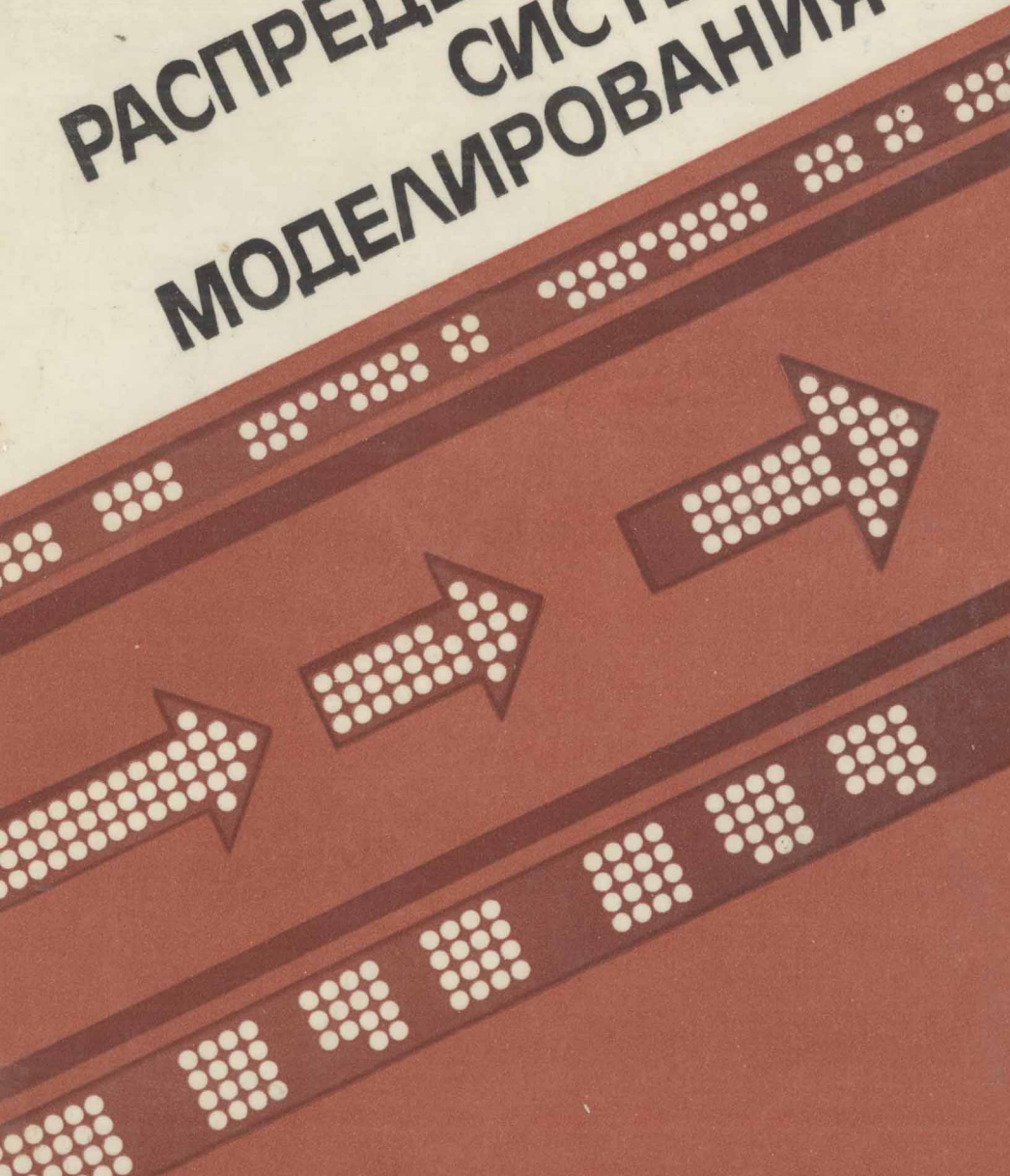


РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ



Владимир Витальевич Пирогов
Сергей Феликсович Гайстеров
Владимир Николаевич Батрак и др.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ
СИСТЕМЫ
МОДЕЛИРОВАНИЯ

Редактор *Н. Дундина*

Художник *М. Акмане*

Художественный редактор *Э. Бурова*

Технический редактор *В. Клявиня*

Корректор *М. Устинова*

ИБ № 2009

Сдано в набор 04.10.83. Подписано в печать 12.03.84. ЯТ 11067. Формат 60×84/16. Бумага типогр. № 1. Литературная гарнитурa. Высокая печать. 11 физ. печ. л.; 10,23 усл. печ. л.; 10,58 усл. кр.-отт.; 10,63 уч.-изд. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 1821-цех 1. Цена 95 к. Издательство «Зинатне», 226530 ГСП Рига, ул. Тургенева, 19. Отпечатано в типографии «Циня» Государственного комитета Латвийской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 226011 Рига, ул. Блауманя, 38/40.

Распределенные системы моделирования

А в т о р ы:

ВЛАДИМИР ВИТАЛЬЕВИЧ ПИРОГОВ

СЕРГЕЙ ФЕЛИКСОВИЧ ГАЙСТЕРОВ

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ БАТРАК

ВЛАДИМИР ИЛЬИЧ МИНЦ

ИЛГВАР АНДРЕЕВИЧ ЛИПСТ

АКАДЕМИЯ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Распределенные системы моделирования

Под редакцией В. В. ПИРОГОВА



РИГА «ЗИНАТНЕ» 1984

Распределенные системы моделирования / В. В. Пирогов, С. Ф. Гайстеров, В. Н. Батрак и др.; Под ред. В. В. Пирогова. — Рига : Зинатне, 1984. — 175 с.

Распределенные системы моделирования, создаваемые в рамках многомашинных вычислительных ассоциаций, являются качественно новым классом моделирующих систем и позволяют значительно повысить эффективность процессов исследования с помощью ЭВМ. Распределенность по отношению к системам моделирования означает сетевую организацию человеко-машинной среды, в которой организуются и выполняются процессы моделирования, и распределение комплекса задач моделирования исследуемых объектов по ресурсам этой сетевой среды.

Возрастающий поток работ по созданию сложных распределенных систем моделирования делает актуальным исследование их архитектуры. Макрохарактеристиками таких систем являются интегрированность, распределенность, гибридность, виртуальность, коллективность использования. В монографии выполняется детальное рассмотрение архитектуры распределенных систем моделирования на основе анализа структурных элементов систем и их отношений. Дается общая характеристика распределенных систем моделирования, их абстрактное описание, определены структурные особенности и специфические комплексы алгоритмов и задач. Предлагаемый подход иллюстрируется на примере распределенной системы моделирования терминальных комплексов на базе микро-ЭВМ семейства «Электроника ИЦ». При этом основное внимание уделяется решению задач моделирования программного обеспечения терминальных комплексов.

Ил. 53, библиогр. 34 назв.

Рецензенты:
канд. техн. наук Л. П. БОГОМОЛОВ
канд. техн. наук Р. Я. ЧЕВЕРЕ

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Академии наук Латвийской ССР от 28 октября 1982 года*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исследование все более сложных технических объектов с помощью систем моделирования привело к появлению у последних новых структурных свойств, таких, как интегрированность, распределенность, гибридность, виртуальность, коллективность использования. Системы, которым в той или иной степени присущи указанные свойства, но с обязательным наличием распределенности, получили название распределенных систем моделирования (РСМ).

Многомерность структур с указанными свойствами вызвала к жизни понятие архитектуры РСМ. Это комплексная структурная модель, отражающая существенные свойства структуры РСМ. Таким образом, интегрированность, распределенность, гибридность, виртуальность, коллективность использования являются глобальными мерами структурных свойств, т. е. макрохарактеристиками, архитектуры РСМ. Более детальное рассмотрение архитектуры связано с выделением и анализом все более детальных структурных элементов РСМ и их отношений.

Возрастающий поток работ по созданию сложных интегрированных, гибридных РСМ коллективного пользования сделал актуальным исследование их архитектуры.

Понятия «интегрированные базы данных», «интегрированные системы обработки информации» уже получили распространение на практике. Под интегрированностью системы моделирования будем понимать степень связанного рассмотрения основных и сервисных задач исследования структурных свойств объекта и его подсистем:

- комплексов задач исследования семантических, синтаксических и динамических свойств;

- иерархии комплексов задач исследования концептуальных, системных, логических и реализационных свойств объекта и его подсистем.

Распределенность применительно к системам моделирования предполагает: наличие сетевой организации человеко-машинной среды, в которой выполняются процессы моделирования, распределение указанных выше комплексов основных и сервисных задач моделирования по ресурсам этой сетевой среды.

Гибридность означает совместное использование при решении задач эвристических, аналитических, имитационных математических и физических моделей.

Виртуальность связана с тем, что организуется множество виртуальных моделирующих комплексов, разделяющих ресурсы сетевой среды. В этой связи в РСМ процесс их функционирования складывается из множества комплексов параллельных процессов, поддерживаемых множеством виртуальных моделирующих комплексов. При этом могут существовать подмножества таких комплексов, соответственно поддерживающие процессы исследования концептуальных, системных, логических, реализационных свойств исследуемого класса объектов.

Система управления РСМ соответственно реализует многосвязное управление: указанными комплексами процессов, организацией виртуальных моделирующих комплексов, состоянием ресурсов РСМ (их стабилизация и модификация).

Таким образом, анализ архитектуры РСМ предполагает рассмотрение многослойной сети, включающей подсети: комплексов структурных свойств объекта исследования, комплексов задач исследования этих свойств, комплексов параллельных процессов реализации задач, комплексов виртуальных систем моделирования, поддерживающих процессы, комплексов информационно-вычислительных средств, в среде которых порождаются виртуальные системы моделирования. Между этими подсетями существуют сложные иерархические отношения. Образно говоря, имеем «многоэтажное многоквартирное здание», архитектура которого анализируется.

Анализ и выбор вариантов архитектуры как совокупности сложных структурных моделей базируются на стоящее время на некоторых эвристиках (рекомендациях), формируемых на основе опыта, накопленного при практическом построении РСМ.

В этой связи в монографии определяются структурные особенности таких сложных систем моделирования, как РСМ, и затем эти особенности рассматриваются на примере терминальных комплексов на базе семейства микро-ЭВМ «Электроника НЦ» (РСМ-ТК-НЦ). В рассматриваемой конкретной распределенной системе основное внимание уделено решению задач моделирования программного обеспечения терминальных комплексов на базе микро-ЭВМ семейства «Электроника НЦ» (ТК-НЦ-микро).

Интегрированность в системе РСМ-ТК-НЦ проявляется в связном использовании подсистем моделирования, подготовки и управления заданиями на моделирование, файловых подсистем, подсистем автоматизации программирования, подсистем выдачи программной документации.

Коллективность использования проявляется в организации множества рабочих мест и распределенных контуров их взаимодействия между собой, а также с инструментальными ЭВМ. Это обеспечивает одновременную работу многих пользователей РСМ-ТК-НЦ, решающих различные задачи исследования модулей ТК-НЦ-микро.

Гибридность обусловлена использованием гибридных средств моделирования: имитационно-математического моделирования с помощью специально созданных средств моделирования на уровне системы команд; физических имитаторов, образуемых инструментальными конфигурациями ТК-НЦ-микро и версиями программного обеспечения, разрабатываемого с помощью соответствующих кросс- и резидентных систем автоматизации программирования.

Распределенность в системе рассматривается применительно к распределению задач имитационного моделирования программного обеспечения ТК-НЦ-микро между инструментальной ЭВМ и автоматизированным рабочим местом на базе «Электроники НЦ», взаимодействующими в режиме телеобработки. Инструментальной ЭВМ в РСМ-ТК-НЦ служит ЕС ЭВМ, а рабочие места программистов представляют собой стенды на базе микро-ЭВМ семейства «Электроника НЦ» с дополнительными блоками памяти, расширенным набором внешних устройств и специализированным математическим обес-

печением, включающим в себя кроме операционной системы и резидентных средств автоматизации программирования и отладки также средства, обеспечивающие телекоммуникационное взаимодействие с инструментальной ЭВМ. Базовым средством в рассматриваемой версии выбрана стандартная телеобработка ЕС ЭВМ, а в автоматизированное рабочее место программиста включаются эмуляторы стандартных абонентских пунктов ЕС ЭВМ (ЕС-7920, ЕС-8570).

В РСМ-ТК-НЦ выделяются и рассматриваются следующие подсистемы (комплексы средств): управления, подготовки и хранения данных, автоматизации программирования, отладки, выдачи документации. Основное внимание в книге уделяется описанию подсистемы отладки, представляющей собой один из наиболее специфичных компонентов РСМ-ТК-НЦ.

Глава 1 написана В. В. Пироговым, глава 2 — В. Н. Батраком, И. А. Липстом, В. И. Минцем, глава 3 — С. Ф. Гайстеровым, в написании глав 2 и 3 принимал участие В. В. Пирогов.

В. В. ПИРОГОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1. СЕТЕВАЯ СРЕДА, ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Распределенные системы моделирования (РСМ) организуются в сетевой среде. Для определения основных свойств такой среды рассмотрим абстрактную модель вычислительной сети как сложной управляемой системы. Вычислительная сеть представляется как совокупность распределенных многоконтурных служб управления:

- организацией виртуальных систем обработки информации (ВСО);
- комплексами процессов и потоками в каждой ВСО при ее функционировании;
- стабилизацией ресурсов сети;
- развитием (модернизацией, реконструкцией) ресурсов сети;
- координацией взаимодействия указанных выше служб.

Абстрактная модель вычислительной сети имеет вид

$$BC = \langle \Sigma_{об}, \Sigma_{оу}, \Sigma_{ау}, \Sigma_p, \Sigma_k \rangle;$$

$$\Sigma_{об} = \langle X_s, Y_s, \{BCO\} \rangle;$$

$$\Sigma_{оу} = \langle Z_s, D_{BCO}, \Delta\{BCO\} \rangle;$$

$$\Sigma_{ау} = \langle W_s, \Pi_{ws}, \delta D_{BCO} \rangle;$$

$$\Sigma_p = \langle \rho_s, \Pi_p, \Delta D_{BCO} \rangle,$$

где $\Sigma_{об}$, $\Sigma_{оу}$, $\Sigma_{ау}$, Σ_p , Σ_k — сетевые службы обслуживания заявок пользователей, основного управления обслуживанием, административного управления (стабилизации свойств ресурсов), развития сетевых ресурсов, координации указанных служб.

$\Sigma_{об}$ -служба обеспечивает сетевое функциональное преобразование входящих сетевых потоков X_s в выходящие Y_s . Потоки

X_S образуются заданиями (запросами) пользователей, потоки Y_S являются результатами выполнения заданий.

Сетевое функциональное преобразование определяется с учетом следующих особенностей функционирования сети:

1. Для обслуживания заявок пользователей (заданий, запросов) в сети образуются ВСО, представляющие собой совокупность прикладных процессов и установленных между ними на время сеансов обслуживания виртуальных соединений.

2. Для обслуживания различных заявок образуются ВСО, различающиеся чаще всего прикладными процессами.

3. В каждый момент времени в сети существует (организуется, функционирует, разрушается) конечное множество ВСО различного типа. Соответственно в течение некоторого временного интервала в сети существует поток ВСО.

4. При функционировании ВСО в ней существуют распределенные комплексы **параллельных процессов, выполняющие** преобразования потоков информационных блоков. В ВСО осуществляется многофазное преобразование информационных блоков. В этих фазах происходят, например, процессы преобразования информационных блоков из **формата пользовательского файла в формат регистра сетевого адаптера**, и наоборот.

5. Допустимые в сети варианты сетевого функционального преобразования в абстрактной модели характеризуются пространством допустимых сетевых функциональных преобразований $D_{\text{ВСО}}$.

$\Sigma_{\text{оу-служба}}$ обеспечивает Z_S -управляемое изменение сетевого функционального преобразования. За счет Z_S -управлений в сети происходит $\Delta\{\text{ВСО}\}$ -изменение множества используемых ВСО в пределах $D_{\text{ВСО}}$ -пространства допустимых ВСО.

$\Sigma_{\text{ау-служба}}$ обеспечивает стабилизирующие P_{WS} -преобразования (профилактику, защиту, восстановление) свойств сетевых ресурсов, подвергающихся возмущающим W_S -воздействиям окружающей среды. В результате этого поддерживается $\delta D_{\text{ВСО}}$ -уровень флуктуаций $D_{\text{ВСО}}$ -пространства.

$\Sigma_{\text{р-служба}}$ обеспечивает $P_{\text{р}}$ -обработку развивающих р_S -воздействий, целенаправленно изменяющих свойства сетевых ресурсов и соответственно определяющих $\Delta D_{\text{ВСО}}$ -изменения $D_{\text{ВСО}}$ -пространства. Эти изменения необходимы для поддержания эффективности обслуживания нестационарных входных потоков. Каждая служба образуется за счет использования ресурсов сетевых систем и каналов [33].

Области D_S , D_K изменения свойств сетевых систем и сетевых каналов определяют пространство допустимых сетевых преобразований

$$D_{BCO} = \langle D_{Si}, i=1, 2, \dots, n; D_{Kj}, j=1, 2, \dots, m \rangle,$$

где n , m — множество сетевых систем и каналов в сети. Области D_S , D_K зависят от используемых сетевыми системами и каналами комплексов алгоритмов преобразования информации, а также от способов реализации этих алгоритмов.

Сетевые системы являются специфическими управляющими системами и реализуют множество типов комплексов алгоритмов преобразования информации. Среди последних выделяется распределенный по многим сетевым системам комплекс алгоритмов организации и поддержания сетевого взаимодействия систем, определяемый архитектурой вычислительной сети [33]. Кроме того, в сетевых системах реализуются комплексы алгоритмов, поддерживающие локальные функции сетевых систем.

При укрупненном рассмотрении распределенного комплекса алгоритмов сетевого взаимодействия в каждой из сетевых систем можно выделить местный комплекс алгоритмов, называемый сетевым методом взаимодействия (СМВ). Он включает сетевой метод доступа (СМД) и сетевой метод взаимодействия прикладных процессов (СМВП): $СМВ = \langle СМД, СМВП \rangle$.

При взаимодействии нескольких систем множество их СМВ образуют сетевой распределенный комплекс алгоритмов, обеспечивающий:

- организацию в вычислительной сети множества ВСО;
- реализацию в каждой ВСО комплексов параллельных процессов преобразования потоков информационных блоков (блоки содержат информацию, которой обмениваются процессы в ВСО).

Более детальная структура СМВ в рамках архитектуры открытых систем в соответствии с рекомендациями Международной организации стандартов [33] изображена на рис. 1.1. Здесь СМВ представляет собой многослойную структуру. В каждом слое существуют логические объекты, определяемые комплексами используемых ими алгоритмов и способами реализации последних.

На рис. 1.1 приняты следующие обозначения алгоритмов и способов их реализации: KA_7 , R_7 — установления взаимодействия прикладных процессов в сети; KA_6 , R_6 — представления информации в соответствии с входными языками взаимодействующих прикладных процессов; KA_5 , R_5 — установления сеансов взаимодействия прикладных процессов; KA_4 , R_4 — сборки-разборки пакетов сообщений, передаваемых в сети передачи данных; KA_3 , R_3 —

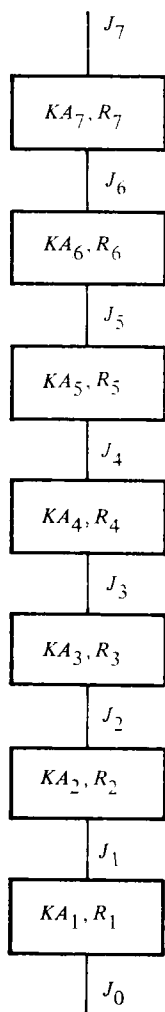


Рис. 1.1. Системная структура сетевого метода взаимодействия систем

маршрутизации пакетов; KA_2, R_2 — управления информационными каналами, устанавливаемыми между двумя взаимодействующими смежными сетевыми системами; KA_1, R_1 — управления взаимодействием с аппаратурой передачи данных.

Потоки информационных блоков $J_0—J_7$ включают различные типы блоков, содержащие различного рода команды управления, а также данные. Команды управления в блоках могут быть адресованы:

- смежным уровням данной сетевой системы, например запросы на предоставление определенного сервиса нижележащими уровнями;

- одноименным уровням других сетевых систем, например запросы на установление виртуальных соединений.

В соответствии с этим можно говорить о сервисных и протокольных блоках.

Учитывая сказанное, поясним структуру ВСО.

В каждом слое сетевой системы можно выделить **логические объекты, реализующие** некоторое подмножество алгоритмов данного слоя. В частности, в слое 7-го уровня в качестве логических объектов могут выступать различные прикладные подсистемы. Ими могут быть проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ, например пакеты моделирующих программ.

При организации ВСО между логическими объектами всех слоев устанавливаются соответствующие логические соединения. Установление логических соединений проявляется в резервировании (обеспечении готовности) соответствующих ресурсов, используемых при управлении потоками информационных блоков в ходе реализации процессов взаимодействия сетевых систем.

Такая иерархия логических соединений обеспечивает надежное самоуправляемое соединение прикладных процессов, входящих в данную ВСО. В этой иерархии различают физическое, информационное, сетевое, транспортное, сеансовое, прикладное соединения. Установление иерархии соединений осуществляется за счет иерархии процессов управления соединениями, активизируемых запросами

из верхних уровней, начиная с прикладного. Прикладной логический объект выдает запросы в нижние слои на предоставление соответствующего сервиса.

Такая иерархия соединений позволяет поддерживать взаимодействие различных прикладных процессов, в том числе процессов моделирования. В этом случае можно говорить о виртуальных системах моделирования (ВСМ). Такие системы включают специфические прикладные ресурсы — моделирующие и иерархию логических соединений общесетевого назначения. Следовательно, специфическими для РСМ являются комплексы алгоритмов 7-го уровня и частично 6-го (в случае применения специальных языков и терминальных средств).

1.2. ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрим РСМ, ориентированную на поддержание специфического комплекса задач моделирования (М-комплекса).

М-комплекс представляет собой ветвящийся многоярусный процесс типа дерева, корнем которого является концептуальная модель. Ветвление этого комплекса обусловлено:

- разбиением исследуемого объекта на моделируемые элементы (подсистемы, модули и т. д.);
- сцеплением с каждым элементом комплекса моделей системного, логического, технического уровней исследования;
- сцеплением с каждой из этих моделей ветвящегося процесса идентификации.

Для сложных объектов М-комплекс распределяется по множеству человеко-машинных систем моделирования, образующих объектно-ориентированную исследовательскую среду. Одним из видов такой среды являются человеко-машинные системы моделирования, использующие вычислительные сети (РСМ).

Рассмотрим РСМ, ориентированные на исследование однородного класса объектов (в частности, семейства терминальных комплексов (ТК), создаваемых на базе микро-ЭВМ).

Макроструктура такой РСМ характеризуется совокупностью распределенных в вычислительной сети моделирующих М-ресурсов, обеспечивающих поддержание следующих комплексов параллельных процессов (рис. 1.2): КП_х — подготовки пользователями заданий на моделирование X_{μ} (на решение задач моделирования); КП_г — организации множества ВСМ для выполнения X_{μ} -заданий; КП_г — функционирования ВСМ и выполнения X_{μ} -заданий; КП_у —

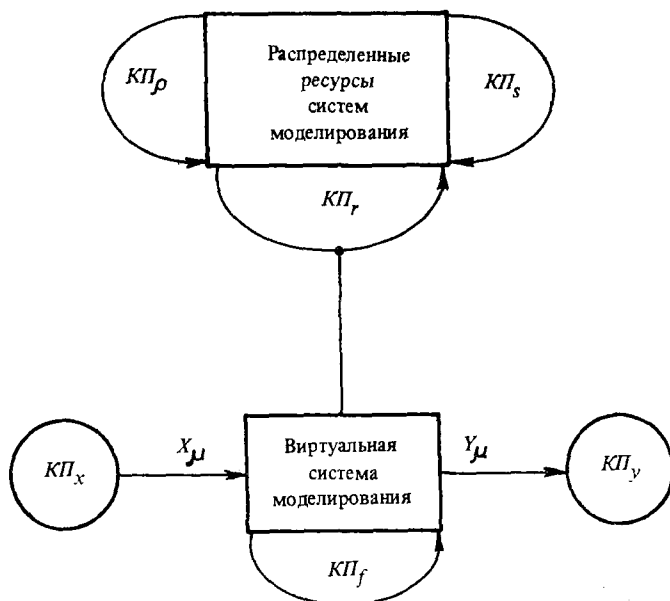


Рис. 1.2. Макроструктура комплексов процессов распределенной системы моделирования

принятия решений по результатам моделирования; $КР_с$ — стабилизации свойств ресурсов РСМ, подвергающихся возмущающим воздействиям внешней среды; $КР_р$ — развития свойств ресурсов РСМ.

В РСМ важнейшую роль играют процессы, реализуемые исследователями. В этой связи в ее среде существуют специфические ресурсы, обеспечивающие эффективный интерфейс между исследователями и машинно-ориентированными ресурсами РСМ.

Значительная часть интерфейсных ресурсов закладывается в специализированные подсистемы РСМ, именуемые далее автоматизированными рабочими местами исследователей (АРМ-И).

С учетом сказанного будем определять РСМ с помощью следующего абстрактного описания:

$$PCM = \langle (Z_\mu, КР_x, \Delta X_\mu), (X_\mu, КР_f, Y_\mu), (\Delta Y_\mu, КР_y, \xi_\mu), (r_\mu, D_\mu, ВСМ), (W_\mu, КР_{s\mu}, \delta D_\mu), (\rho_\mu, КР_{p\mu}, \Delta D_\mu), \Sigma_{k\mu} \rangle.$$

Входящие в это выражение тройки будем обозначать по имени среднего члена:

$$\langle \text{ТКП}_x, \text{ТКП}_f, \text{ТКП}_y, \text{ТД}_\mu, \text{ТКП}_{s\mu}, \text{ТКП}_{p\mu}, \Sigma_{k\mu} \rangle.$$

Соответственно

ТКП_x определяет входящие и выходящие потоки, а также их преобразования, связанные с подготовкой заданий на моделирование;

ТКП_f характеризует преобразования заданий на моделирование X_μ в результаты Y_μ , выполняемые процессами функционирования ВСМ;

ТКП_y характеризует процессы КП_y принятия решений над накопленными результатами моделирования ΔY_μ ;

ТД_μ характеризует управление пространством D_μ возможных ВСМ и получение определяемых этими управлениями конкретных ВСМ;

$\text{ТКП}_{s\mu}$ характеризует стабилизирующие преобразования (техническое обслуживание, защиту, восстановление), компенсирующие возмущающие W_μ -воздействия на ресурсы РСМ и обеспечивающие δD_μ -уровень флуктуаций D_μ -пространства;

$\text{ТКП}_{p\mu}$ характеризует ΔD_μ -реконфигурацию D_μ -пространства, обусловленную изменениями свойств ресурсов РСМ под влиянием развивающихся p -воздействий;

$\Sigma_{k\mu}$ характеризует процессы координации в РСМ, обеспечивающие синхронизацию указанных выше комплексов параллельных процессов.

Рассматриваемые в абстрактном описании ВСМ являются специализированными системами, их определение дается в предыдущем параграфе. Прикладные ресурсы РСМ используются в ВСМ совместно с общесетевыми ресурсами вычислительных сетей. Набор прикладных ресурсов РСМ определяется комплексом задач моделирования.

Рассмотрим подробнее структуру М-комплекса. Она представляется в виде ветвящегося многоярусного комплекса задач моделирования (типа дерева). Основными ярусами М-комплекса являются задачи исследования:

- методов, положенных в основу проектирования объекта (исследование концептуальных решений);
- комплексов алгоритмов, реализуемых объектом (исследование системных решений);
- логических схем алгоритмов (исследование логических решений);