

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЯДРО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ САПР КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

А.Г. Ришняк

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
e-mail: rishnyak@mail.ru

Предложена объектная технология распределенной интеллектуальной САПР как рабочей среды для коллективной разработки сложных технических систем. Показаны исполнительные возможности интеллектуальной среды, ослабляющие требования к умению пользователей выполнять простые профессиональные функции, но усиливающие влияние принимаемых решений на конечный результат, что выдвигает на первый план компетентность в своей предметной области и в смежных областях, способность оперировать новыми знаниями и согласовывать принимаемые ответственные решения с соисполнителями. Обсуждены перспективы внедрения в образовательные технологии учебного сервера на основе интеллектуального ядра САПР для реализации компетентностного подхода в инженерном образовании.

Ключевые слова: оптимальное проектирование, боевая эффективность, системный анализ, модели поражающего действия, объектно-ориентированные технологии, интеллектуальная САПР, сеть коллективного пользования, учебный сервер.

INTELLIGENT CORE OF DISTRIBUTED CAE AS THE BASIS FOR MODERN ENGINEERING EDUCATION TECHNOLOGY

A.G. Rishnyak

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
e-mail: rishnyak@mail.ru

The object technology of distributed intelligent CAE is offered as a workbench for collaborative development of complex technical systems. The execution capabilities of intelligent environment, reducing the requirements for the user ability to perform simple professional functions, but increasing the influence of decision-making on the final result, are shown, which highlights the user's competence in subject and subject-related domains, the user's ability to operate new knowledge and to coordinate the important decisions to be made with co-executors. The prospects of introducing the tutorial server based on the CAE intelligent core into the educational technologies to implement the competence approach to engineering education are discussed.

Keywords: optimal design, combat performance, system analysis, lethality models, object oriented technologies, intelligent CAE, multiuser network, tutorial server.

Проблему эффективной разработки сложных технических систем, таких как системы оружия, невозможно решить без глубокой компьютеризации всех этапов, в первую очередь, НИР и ОКР. Это все понимают, но ясного представления о парадигме инженерной работы при всесторонней компьютерной поддержке до сих пор нет, хотя нерешенные проблемы уже оборачиваются потерей конкурентоспособности в жизненно важной области техники. Возможно, что идея

автоматизации проектирования, понимаемая вначале как освобождение конструктора от рутинных проектных процедур для творческого поиска новых решений, эволюционировала бы в нужном направлении в рамках развития отраслевых САПР. Однако этого не произошло, так как с появлением доступных универсальных компьютерных программ для инженеров разработка отраслевых САПР была свернута. Это грубая ошибка, вследствие которой кажущийся прогресс в освоении компьютерных технологий на многие годы скрыл от должного внимания важнейшую специфику систем оружия как объекта разработки. Она заключается не во внешнем облике и энергонасыщенности элементов оружия и даже не в сложнейшей физике процессов на отдельных этапах функционирования. Специфика оружия заключается в его высочайшей системной сложности, без надлежащего учета которой реальная огневая мощь существующих образцов, по оценкам военных специалистов, может быть использована едва ли на одну треть.

Специфика системной сложности ведет к тому, что при разработке новых образцов анализ эффективности должен предшествовать выбору принципа действия, а затем сопровождать принятие решений на всех этапах оптимального проектирования подсистем и их взаимного согласования. Фундаментальное несоответствие этим задачам традиционных процедурных подходов к оценке эффективности вызвало настоящий методологический кризис: все исследовательские работы ведутся в целях повышения эффективности, но ведутся вслепую, так как чувствительные методики, необходимые для количественной оценки вклада в эффективность новых факторов, отсутствуют. Разработка таких методик на прежних принципах потеряла смысл, а для востребованных методов системного анализа боевой эффективности не созданы необходимые условия, что является прямым следствием бесцельной нецентрализованной компьютеризации. Разумная стратегия компьютеризации осуществлялась бы по другой траектории, не ведущей в тупик, если бы целью оставалась методология системного проектирования, заявленная в последних версиях САПР боеприпасов. Это подтверждается успешной разработкой приложений для анализа боевой эффективности [1], выполненных средствами учебно-исследовательской интеллектуальной САПР “Инженер М4”, развитие которой в разных версиях продолжалось с 1970-х гг., когда она служила прототипом для промышленных САПР [2].

Приложения на основе САПР отличаются от инженерных программ тем, что решают как прямые задачи, связанные с моделированием отдельных процессов, так и обратные, к которым относится оптимальное согласование параметров объекта проектирования по критерию эффективности. Согласования выполняются “встроенным”



Рис. 1. Структура объектов предметной области

программистом — агентом. Когда пользователь устанавливает нужные значения параметров модели, выводя ее тем самым из согласованного состояния, агент, стремясь снова согласовать параметры с учетом пожеланий пользователя, планирует вычисления средствами функциональной модели до получения искомого решения. Так работает интеллектуальный пакет прикладных программ в режиме оптимизации параметров выбранной конструктивной схемы. Структурный синтез (поиск перспективной конструктивной схемы) оперирует с объектами — моделями структурных элементов (деталей, узлов), целостность которых охраняют встроенные агенты. При этом агенты выполняют еще одну важную роль: они обмениваются сообщениями, объединяя управляемые ими объекты в систему. Этот уникальный способ синтеза модели системы без программирования связей — ключевой в технологии структурного синтеза конструктивных схем из объектов, представляющих варианты исполнения элементов конструкций данного класса. Системный анализ боевой эффективности также использует мультиагентный подход, но оперирует с объектами верхнего уровня: орудие, снаряд, цель, системы управления огнем, среда и т.д. Проблему неоднозначности объектов верхнего уровня решает свойственное объектно-ориентированной (ОО) технологии полиморфное исполнение, допускающее модификацию свойств объектов наследованием.

В интеллектуальной среде наследование и полиморфизм используются постановщиком задачи вне технологий программирования. Конкретизацию свойств рабочего объекта пользователь предоставляет в виде текстовых описаний, которые обрабатываются специализированными интерпретаторами и переводятся в структуру данных создаваемого рабочего объекта (рис. 1). Так, агрегатные модели целей любой сложности и любых типов (наземные, воздушные, подводные) описываются структурированными текстами, содержащими в разных секциях геометрические модели корпусов, экранов, уязвимых агрегатов, характеристики уязвимости геометрических элементов и критерии поражения, логические формулы поражения цели по каждому типу:

```
:Цель агрегатная танк Abrams
:броня Korpus
:точки
P1=[172,222,-40]
...
```

:грани

F118=(19,22,27,28) [360, 460]

...

:агрегаты внутренние (MC=100,MS=50)

1.5 [-177,90,-90](22,24,12) {h(60,30,60,30)} <0,0> 'Снаряды'

...

:ФСУ

B = 1.5 | 1.6 | 2.8 & 2.12 | ...

A = B | 1.3 | (3.5.1 |3.5.2) & (4.1.2 | 4.1.3) |...

Созданный рабочий объект **Цель** при взаимодействии с объектами класса **Снаряд** (или **Поле поражения**) сам определяет пересечения с траекторией снаряда (или с полем поражения) и предоставляет моделям поражения в этих объектах данные о своей уязвимости в реализовавшихся условиях встречи. Полиморфное поведение обеспечивает абстрактный объект **Цель**, так как в данном случае с построением проекций и пересечений вполне справляются универсальные методы математической библиотеки, доступные его агенту-хранителю.

Поведение объектов с более сложным функционированием можно описывать как интерпретируемыми математическими моделями (системы алгебраических, дифференциальных уравнений), так и компилируемыми моделями в виде динамически присоединяемых библиотек (DLL). Например, функцию расчета внешней баллистики снаряда (плоскую или пространственную модель движения) можно присоединить из подходящей DLL, указав ее имя в описании объекта. Интерпретируемую модель движения снаряда в атмосфере может составить пользователь в текстовом файле, записав систему уравнений, начальные условия, соотношения между переменными, шаг интегрирования, форматы выводимых графиков (рис. 2). Принадлежность этой функции классу **Снаряд** открывает ей доступ к параметрам рабочего объекта этого класса (калибр, масса, коэффициент формы). Параметры других объектов (орудие, ракетный двигатель) функция класса может получить через ссылки на эти объекты. От орудия функция получает начальную скорость и угол бросания, от ракетного двигателя может получить силу тяги в данный момент времени. Если снаряд имеет двигатель, соответствующий рабочий объект **RD** предоставляет текущее значение силы тяги (на пассивном участке — 0). Если двигатель отсутствует, абстрактный объект **RD** всегда возвращает 0.

Такой же интерпретируемый модуль можно сформировать для расчета внутренней баллистики, связав его с классом **Орудие** и снабдив ссылками на объекты **Снаряд**, **Боевой_заряд**, **Порох**. Ссылки позволяют функции автоматически учитывать изменения не только параметров заряжания, но и параметров снаряда, боевого заряда или

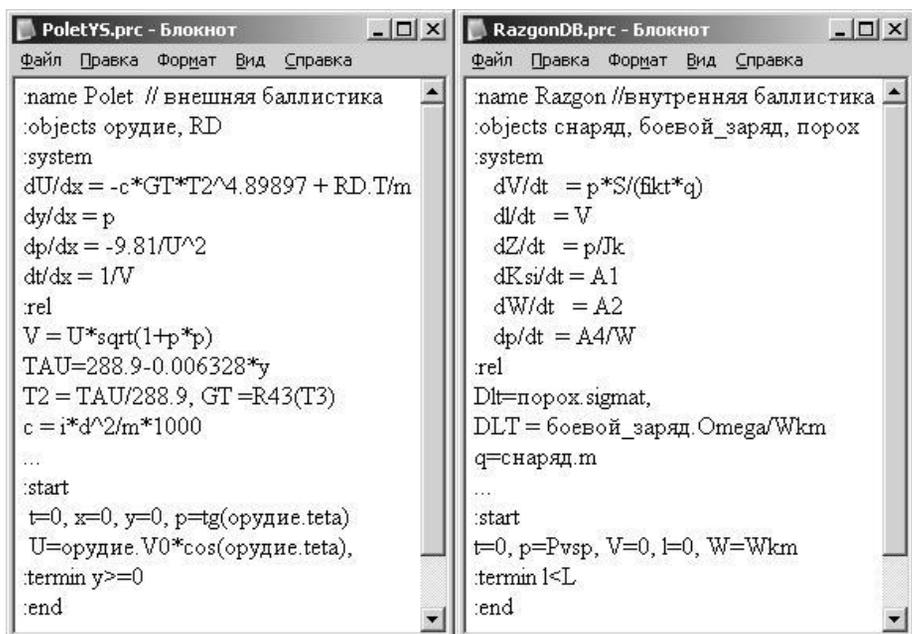


Рис. 2. Интерпретируемые модели внешней и внутренней баллистики

марки пороха. При любых изменениях параметров объектов специальный планировщик определяет последовательность, в которой объекты должны провести согласование своих параметров. Согласования внутри объекта выполняет его агент, определяя последовательность работы функций своего класса. Так же обслуживаются и компилируемые функции, присоединяемые к рабочим объектам из DLL. Обмен данными с такими функциями осуществляется обычным путем через формальные переменные, а логическая привязка переменных к параметрам объектов осуществляется посредством паспортов присоединяемых модулей. В паспорте описаны имена, размерности, допустимые границы изменения переменных. Вызывая функцию и обмениваясь данными с ней, объект обязательно учитывает паспортные характеристики.

Согласование параметров объектов — основной режим работы объектной среды при решении любых практических задач. Так, объекты **Орудие** и **Снаряд** должны управлять своими функциями внутренней и внешней баллистики, чтобы находить необходимые условия стрельбы для получения требуемой траектории, причем требования к траектории возникают в ходе согласований между объектами **Цель** и **Поле поражения** при выяснении оптимальных условий встречи. В число таких задач входят определение максимальной дальности стрельбы или скорости для получения заданной дальности, вычисление дальности прямого выстрела, определение условий одновременного попадания

в цель последовательных выстрелов (залп из одного орудия), определение угла возвышения для попадания в цель на заданной высоте с оптимальным углом встречи или в заданном временном интервале и т.д. Возникающие при этом обратные задачи агент решает оптимизационными методами: формирует соответствующую задачу оптимизации с учетом пожеланий пользователя и передает ее встроенному аппарату оптимизации. Агенты всех абстрактных объектов устроены одинаково, но каждый абстрактный объект может привнести некоторую специфику в действия своего агента, Для этого в абстрактные объекты включаются наборы эвристик. Так, вычислить начальные параметры стрельбы для получения требуемых терминальных условий можно не только оптимизацией (универсальный метод), но и однократным вычислением обращенной траектории. Эвристика простая: задать конечные параметры траектории, изменить знак коэффициента сопротивления на отрицательный и провести расчет траектории до выполнения признака исходной позиции (например, нулевой высоты), взяв другие параметры траектории в качестве условий стрельбы (например, угол падения). Пользователь может направлять согласование в нужном ему направлении заданием приоритетов между параметрами объектов, ограничениями, желательными направлениями изменения (max, min).

Непосредственно с анализом боевой эффективности связаны согласования между объектами, представляющими цель и средство поражения. Они, как правило, являются источниками всех остальных параметрических изменений в системе объектов (выбор параметров системы оружия по критерию эффективности). Фрагмент системы объектов, моделирующих средства поражения контактного типа показан на рис. 3. Для конкретизации объекта Кумулятивный узел необходимо предъявить текст параметризованной геометрической модели конструкции и модуль расчета параметров кумулятивной струи (DLL), согласованный с типом конструкции. Объект Преграда ввиду больших отличий в уязвимости частично конкретизирован производными компилируемыми классами, учитывающими специфику гомогенных, многослойных, комбинированных преград. Абстрактный объект Кумулятивная струя не требует конкретизации, он только получает параметры сформированной струи и содержит функцию Пробитие, которую использует для вычисления глубины каверны или параметров пробоины для моделей преград, не требующих специальных методов. Объектные модели сложных преград могут использовать собственные методы оценки стойкости к пробитию. Если расчет могут провести оба объекта (и средство поражения, и преграда), выбор осуществляется сначала по формальным признакам: из двух объектов предпочтение

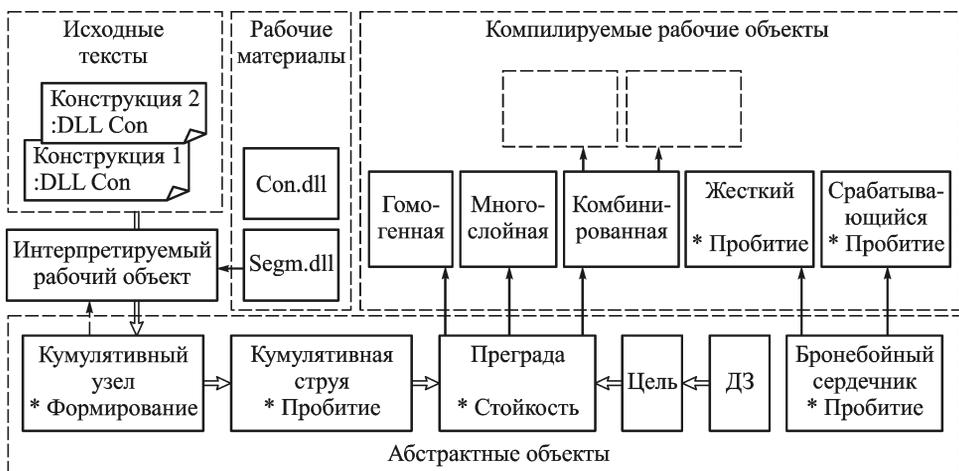


Рис. 3. Возможные иерархии объектов, определяющих поражающее действие

отдается тому, который имеет более высокую степень конкретизации. Затем выбранный объект оценивает применимость своей и конкурирующей функции по рекомендации эвристики для данной ситуации, выполняет расчет или делегирует его конкуренту.

Распределение модели поражения по иерархии объектов в соответствии с общим функционированием системы принципиально отличается от методики от алгоритмических подходов, фиксирующих некоторую расчетную модель. Соответственно, технология подготовки и использования объектной модели поражения отличается от обычной практики. Она составляется для целого спектра типовых целей, с учетом возможных условий встречи, наличия защиты, противодействия и т.д. Объектная среда предусматривает динамичное изменение конфигурации системы в пределах данного набора абстрактных объектов (оболочки). Так, абстрактный объект **ДЗ** (динамическая защита) никак себя не проявляет до тех пор, пока не будет предъявлена конкретизация динамической защиты — модель конструкции блоков **ДЗ** и размещение блоков на броне (в дополнение к агрегатной модели уязвимости). В конкретизированном состоянии объект **ДЗ** вступает в предусмотренные на абстрактном уровне ролевые отношения с другими объектами системы, предусматривающими, что объект **Цель** передает параметры и траекторию струи сначала объекту **ДЗ**, а потом — объекту **Преграда**. Если объект **ДЗ** определен и произошло попадание в блок, включается принадлежащий ему модуль расчета стойкости внешнего слоя брони с учетом влияния динамической защиты.

Системный анализ боевой эффективности сопряжен, как правило, с исследованием влияния новых принципов действия, не вполне изученных, но потенциально способных обеспечивать желаемый результат. В отличие от алгоритмических методик расчета показателей эффективности, построенных на стандартизованных моделях (прошедших

этапы межведомственных согласований), ОО методика готова принять от постановщиков задач актуальные поправки к существующим зависимостям. Это не означает, что выбор модели для прогнозирования достигаемых результатов может быть произвольным. Полиморфное исполнение объектов позволяет динамически выбирать наиболее подходящие расчетные процедуры. Постановщик задачи, если он включает в систему объект с новыми свойствами, должен позаботиться о том, чтобы инкапсулированные функции объекта адекватно отражали эти новые свойства. Например, модель действия готовых поражающих элементов (ГПЭ) с реагирующими материалами при определенных условиях должна оценивать поражающую способность с учетом реакций, а в условиях инертного поведения — по зависимостям, принятым для инертных ГПЭ. В ходе имитационного моделирования объект, представляющий ГПЭ, получает сведения об условиях соударения и сам выбирает, какие зависимости использовать в данной ситуации. Избирательное применение частных зависимостей в каждой расчетной ситуации избавляет от необходимости обобщения выявленных закономерностей в виде так называемых инженерных методик, что делает очевидным ответ на вопрос о возможном происхождении новых объектных моделей: они должны создаваться на завершающем этапе НИР как полноценный практически значимый результат.

Этот вывод не вписывается в существующую практику, но именно по этой причине существующая практика разработки оружия не вписывается в возросшие требования системного характера. Сами по себе инструменты системного проектирования проблему не решают. Мировой опыт показывает, что успешное использование интегрированной САПР начинается с консолидации этапов жизненного цикла проекта. В частности, применение в НИР инструментов формирования комплексных моделей, предоставляемых интеллектуальной САПР, позволяет вывести результаты локальных исследований на уровень практически значимых связей, чтобы учесть эти связи в моделях функционирования проектируемых систем. Восстановить такие модели по традиционно оформленным результатам исследований невозможно. Например, оценка новых взрывчатых составов частными показателями, такими как метательная способность, не содержит необходимых для анализа боевой эффективности данных об особенностях массовых спектров, морфологического состояния осколков, такая информация остается в рабочих материалах исследований. В САПР имеются разнообразные инструменты прямого восстановления моделей по экспериментальным данным (методы группового учета аргументов, генетические алгоритмы, нейронные сети). Методы извлечения

закономерностей из экспериментальных данных (Data mining) предполагают адекватные формы представления восстановленных зависимостей, более информативные, чем обычно используемые уравнения регрессии. В интеллектуальной ОО САПР можно подобрать структуры оптимальной сложности для таких моделей, инкапсулировать их в рабочие объекты, чтобы агенты могли использовать восстановленные модели наравне с алгоритмически заданными функциями.

Наиболее сложны для анализа эффективности осколочные поля по следующим трем причинам: высокая степень неопределенности естественного дробления и формирования полей, сложная динамика осколочного поля и покрытие цели, особенно быстролетящей, недостоверные критерии поражающей способности осколков по механическому, зажигательному и иницирующему действиям. Перечисленные трудности соответствуют трем последовательным стадиям существования поля. На первой стадии интеллектуальные средства могут помочь в идентификации осколочных спектров и пространственных распределений по экспериментальным данным. В исследованиях способов повышения эффективности большее значение имеет не стандартизация форматов данных, а информативность данных. Инструменты и структуры данных интеллектуального ядра способствуют построению оптимальной структуры поля с той степенью достоверности, какую имеют первичные материалы испытаний. На этапе действия по цели объектная модель осколочного поля предоставляет моделям действия полную информацию о попаданиях, вплоть до распределения углов подхода удлиненных осколков, что позволяет оценивать не поражающую способность отдельных осколков, а поражающее действие совокупных попаданий с учетом близости, синхронности попаданий и т.д. Существующие модели поражения слишком фрагментарны, чтобы с толком использовать эти данные. Скорее, характерные ситуации, выявляемые уточненными моделями накрытия целей в статистических испытаниях должны стать предметом дополнительных исследований.

Исчерпывающим образом объектная модель осколочного поля решает проблему пространственной динамики поля. В основе объектной иерархии лежит **Фрагмент** — обобщенная модель осколка, структура данных которой может быть конкретизирована свойствами ГПЭ или осколков естественного дробления. **Фракция** — производный класс от **Фрагмент** — представляет фракцию осколков данного типа: общее число, распределение по углам вылета, скорости вылета. Объект класса **Фракция** может быть конкретизирован как дискретное или как пуассоновое поле. В дискретном поле осколки индивидуализированы, т.е. в имитационной модели разыгрывается направление вылета каждого осколка в соответствии с угловым распределением. В пуассоновом

поле распределение относится к среднему числу осколков в зонах разлета. Абстрактный объект **Осколочное поле** имеет структуру данных для хранения массива объектов класса **Фракция** и интерпретаторы для обработки исходных текстов с описаниями осколочного поля. Создаваемый при этом рабочий объект представляет осколочное поле в статике. К наследуемым исходным данным о поле в нем добавляется суперобъект S — пространственная модель разлета в статике. В ней отражены все фракции, каждый осколок дискретной фракции со своими свойствами и каждый элементарный телесный угол фракций с пуассоновым распределением. Векторной операцией сложения с осевой скоростью снаряда (носителя) в момент подрыва объект **Осколочное поле** преобразует копию суперобъекта S в суперобъект D — пространственную модель разлета в динамике. Элементы суперобъекта D , кроме начальной скорости и направления вылета, резервируют место для координат точки попадания, конечной скорости и индекса элемента цели, в который попал соответствующий осколок.

В случае стрельбы по неподвижной или малоподвижной цели (со скоростью, существенно меньшей скорости фрагмента) для каждого фрагмента определяется конечная точка траектории — точка пересечения луча из центра взрыва в направлении движения фрагмента с одной из видимых граней цели или границей сцены, затем по экспоненте затухания скорости осколки (объекты класса **Фрагмент**) вычисляют свои конечные скорости. Задачи, связанные с пересечениями и другими отношениями между геометрическими объектами решаются методами геометрических классов. Заполненный суперобъект D используется процедурами анализа поражения цели.

При стрельбе по быстролетящим целям поток осколков нужно направить в точку упреждения, чтобы произошло накрытие цели. Эта задача усложняется из-за искривления траекторий фрагментов в относительном движении по мере снижения собственной скорости (рис. 4, а). В случае малых промахов или на большой высоте ($H > 5000$ м), когда затуханием скорости фрагментов на траектории подлета можно пренебречь, их траектории в относительном движении остаются почти прямолинейными, поэтому точки попадания находятся на лучах вдоль векторов относительной скорости (рис. 4, б). Это позволяет достаточно рационально организовать поиск точек попадания: пересчитать параметры динамической модели D в целевую систему координат, определить попадания как по неподвижной цели и вычислить расстояния, пройденные в неподвижной системе отсчета, чтобы уточнить конечные скорости:

$$t = \frac{R_{\text{отн}}}{v_{0ц}}, \quad R = v_{01}t, \quad v(R) = v_{01}e^{-c_H R}.$$

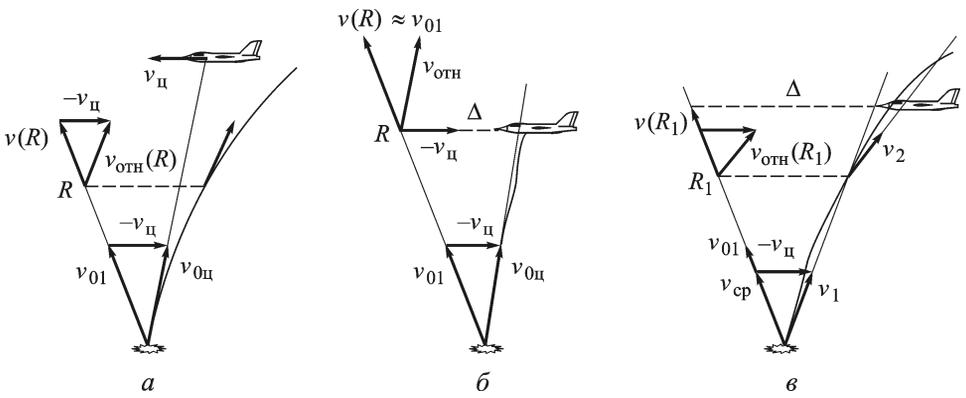


Рис. 4. Траектории ПЭ в абсолютном и относительном движениях

Эффективная организация прямых вычислений позволяет найти рациональное упреждение Δ с помощью процедуры оптимизации. Определение условий накрытия усложняется, если до встречи с быстро движущейся целью собственная скорость фрагментов существенно снижается. Искривление траекторий исключает возможность непосредственного вычисления точки попадания на луче вдоль вектора относительной скорости $v_{отц}$. Эта точка ищется итерациями на последовательных коротких участках траектории, в пределах которых скорость падает несущественно (рис. 4, в). Длина участков d определяется по условию $d = -\ln \varepsilon / c_H$, где ε — достаточно малая величина ($\varepsilon = 0,01$). Если луч в направлении относительной скорости на данном участке не пересекает цель или пересекает за пределами участка, осуществляется переход к следующему участку: определяется его длина и средняя скорость, цель перемещается пропорционально времени движения ПЭ на пройденном участке.

Интеллектуальная ОО среда создает условия для новой парадигмы инженерной работы, адекватной системному характеру современных задач. Практическая полезность новой парадигмы закономерно начинает проявляться только после того, как получает достаточно значимое распространение. Полезность интеллектуальной оболочки в исходном виде (без конкретизации абстрактных объектов) пока сводится к быстрой разработке специальных приложений. Наполнение оболочки рабочими материалами в более широких масштабах технически несложно, но обнаруживает, мягко говоря, невысокую способность существующих инженерных знаний к интеграции. Процесс формирования комплексных моделей, наведения информационного порядка в предметных областях должен начинаться с методологии получения новых знаний и их первичной обработки, сопровождаться накоплением комплексных моделей, баз данных и знаний. Практическая польза от упорядочения знаний может быть выражена в конкурентоспособ-

ных конечных продуктах, если разработчики умеют эффективно использовать инструменты системной методологии на всех уровнях от проектирования отдельных функциональных элементов до разработки эффективного оружия. Таким образом, компьютеризация инженерной деятельности на основе интеллектуальной ОО среды касается, во-первых, широкого круга специалистов, во-вторых, само понятие полезных умений и навыков диаметрально меняется: совокупность простых функций, составляющих квалификацию инженера, уступает место определяющим решениям (выбор принципа и модели действия, формулировка целей и ограничений). Ответственность принимаемых решений усугубляется тем, что интеллектуальная среда обязательно исполнит их в точном соответствии с постановкой задачи. Поэтому внедрение системной парадигмы нужно начинать с формирования знаний, умений и навыков будущих инженеров, т.е. с образовательного процесса в техническом вузе. Эта проблема в последнее время носит всеобщий характер, что вызвало интерес к компетентностному подходу в образовательных технологиях. Естественно, привлекаются компьютерные технологии, но в основном для интенсификации учебного процесса, без изменения сути: к прежним знаниям, умениям и навыкам добавляются некие компетенции. Интеллектуальная ОО среда выдвигает на первый план главные компетенции: принятие ответственных решений и умение согласовать частные цели с критериями надсистемы. Она же является единственной технологией, способной развивать эти компетенции.

Интеллектуальное ядро основано на знаниях, организованных по разделам примерно так же, как и базовая часть учебной программы. Оно состоит из связанных единым управлением компонентов, специализирующихся на решении основных типов проектных процедур:

- создание параметризованных геометрических моделей конструкций;
- формирование комплексной модели в виде интеллектуальных пакетов прикладных программ;
- решение задач в математической постановке;
- статистическая обработка табличных данных, извлечение закономерностей и восстановление математических моделей по экспериментальным данным;
- формирование вероятностных моделей и операции со случайными величинами и векторами;
- решение оптимизационных задач по формулировкам пользователя;
- доступ к ОО базам данных.



Рис. 5. Структура интеллектуального ядра САПР

Компоненты ядра поддерживают связь с внешними средствами своего профиля: CAD-системами, интегрированными вычислительными пакетами, библиотеками математических и оптимизационных методов, табличными процессорами, базами данных, сохраняя при этом информационную целостность данных (рис. 5). Подобно тому, как студент составляет целостную картину своих познаний из отдельных дисциплин, встроенный агент координирует информационные потоки, работу решателей, исходя из поставленной пользователем задачи. По сути, агент является идеальным “бакалавром”, он имеет необходимые универсальные навыки, открыт для пополнения знаний и ничего не забывает. Именно в этом качестве агент может стать полезным партнером студента в освоении базовых и специальных дисциплин. Если освоение отдельной дисциплины можно закреплять только решением примеров, то в составе ядра эти же средства участвуют в решении задач. При изучении специальных дисциплин умелое применение агентом уже подзабытых студентом навыков (решение систем уравнений, оптимизация) восстанавливает общую картину необходимых знаний. Кстати, в последнее время она сильно изменилась. Глубокое проникновение компьютерных технологий сместило приоритеты в науках, недавно еще казавшихся фундаментально незыблемыми. Так, современная постнеоклассическая математика четко разделяет математическую суть проблем и методы их решения. Имеются сертифицированные математические библиотеки с технологичными интерфейсами, идеально приспособленными для работы в интеллектуальной среде. Поэтому практическое освоение прикладной математики в интеллектуальной среде естественно, эффективно запоминаемо. Совершенно новое ка-

чество приобретают компьютеризованные спецглавы математики, такие как теория вероятностей. Разработанная в рамках курса “Боевая эффективность средств поражения и боеприпасов” библиотека электронных формул и классов придала классическим разделам теории вероятностей характер уникальной исполнительской среды, подняла статус учебных задач до уровня системного анализа боевой эффективности.

Организационные формы взаимодействия пользователя с интеллектуальным ядром отработаны в интеллектуальной САПР “Инженер М4”. Все связанные с интеллектуальным ядром решатели оформлены в виде сервера, он предоставляет только стандартные программные интерфейсы, предусматривающие обмен строками, массивами и другими универсальными структурами данных. Графический интерфейс пользователя реализован в клиентской программе, поддерживающей стандартные интерфейсы сервера. Клиент — дружественный пользователю посредник с сервером, он не принимает участия в обработке данных ни с одной стороны (прозрачен для пользователя и сервера). Поэтому интерфейс пользователя можно проектировать наиболее подходящим образом для каждой категории пользователей. Сервер может обслуживать несколько клиентов в локальной или корпоративной сети в режиме автономной (независимой) работы каждого пользователя.

Сеть коллективного пользования (СКП) предполагает возможность сотрудничества пользователей в рамках общего проекта. Она создается на базе объектно-ориентированной версии интеллектуальной САПР. Мультисерверная сеть на основе серверов, поддерживаемых абстрактными объектами орудий, снарядов, образует распределенную САПР. Узлы распределенной ОО САПР обслуживаются соответствующими коллективами разработчиков. Техническая реализация этого аванпроекта закончена, сервер пока применяется в учебных целях. К нему можно обратиться, имея на своем компьютере специальную клиентскую часть, организующую выход в Интернет и подключение к удаленному серверу (рис. 6). Новому пользователю сервер предоставляет оболочку — доступ к интеллектуальному ядру или системе абстрактных объектов. Часть ресурсов для наполнения оболочек находится на стороне сервера, остальные передаются от клиента. В мультисерверной реализации СКП возможен регламентируемый обмен рабочими материалами.

Практическое применение учебного сервера исторически сложилось в рамках лабораторного практикума по курсу “Основы автоматизированного проектирования боеприпасов” и практических занятий по программе дисциплины “Боевая эффективность средств поражения и



Рис. 6. Структура сети коллективного пользования с учебными серверами

боеприпасов”. Освоенные методы применяются при выполнении курсовых и дипломных проектов. При этом отрабатываются технологии учебного процесса в интеллектуальной компьютерной среде, но их эффективность сильно ограничена рамками всего лишь двух учебных программ. Позднее начало освоения системных средств для студентов старших курсов заведомо затруднено потерей преемственности с фундаментальными дисциплинами. Полноценное освоение инструментов оптимального проектирования, пакетов прикладных программ ограничено рамками предметной области (боеприпасов), выход на уровень системы оружия требует кооперации хотя бы в рамках факультета. Перспектива применения навыков работы в интеллектуальной среде для выпускников ограничена из-за отсутствия аналогичных средств на предприятиях отрасли. Все три проблемы можно решить широким внедрением СКП. Учебные серверы могут поддерживать освоение фундаментальных дисциплин, квалифицированное применение полученных знаний и закрепление приобретенных навыков в специальных дисциплинах, обеспечивать доступ к специальным ресурсам для смежных специальностей при выполнении курсовых и дипломных проектов. Предоставление доступа к учебному серверу выпускникам (вместе с дипломом) могло бы способствовать быстрому профессиональному росту молодых специалистов, что стало бы решающим фактором в продвижения корпоративных сетей на основе интеллектуальной ОО среды в практику работы предприятий отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ришняк А.Г.* Объектно-ориентированные методы системного анализа эффективности действия основных классов боеприпасов. // Сб. докл. VI Науч. конф. ВРЦ РАН “Современные методы проектирования и отработки РАВ”. Т. 1. Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2010.
2. *Ришняк А.Г., Скобелев М.С., Лапин Е.И.* Развитие алгоритмов автоматизированного проектирования и формы их использования в учебном процессе // Труды МВТУ. Вопросы физики взрыва и удара. № 358. 1981.

Статья поступила в редакцию 27.11.2012