

**ВИРТУАЛЬНЫЕ КАФЕДРЫ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ  
ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Одной из характерных черт зарождающегося *всемирного информационного общества* является формирование *новой парадигмы образования* как «инструмента социального благополучия». С одной стороны, быстрые и перманентные технологические изменения порождают массовые *потребности в непрерывном образовании* на протяжении всей жизни. С другой стороны, в контексте прав человека речь идет об обеспечении *права любого члена общества* независимо от его возраста, социального статуса и местонахождения на получение в любой период времени образовательных услуг в любой интересующей его области.

В передовых странах образование (в особенности, инженерное) все больше становится капиталом, инструментом борьбы за рынок, решения геополитических задач. Состояние образования определяет интеллектуальный потенциал общества и на данный момент, и на длительную перспективу, создает предпосылки устойчивого социально-экономического прогресса. Все это приводит к необходимости проведения передовыми странами новой образовательной политики, опирающейся на «инженерный подход» к разработке системы образования. При этом активно используются различные стратегии и средства моделирования, реструктуризации, усовершенствования, реинжиниринга организаций [1-5].

Главными современными тенденциями развития высшего образования, определяющими новые стратегии деятельности его учреждений, становятся *глобализация, клиентоцентризм, информатизация и интеллектуализация* [6-9]. Поэтому ранее неоспоримое достоинство процветающих институтов высшего образования – постоянная, устойчивая структура, мало зависящая от внешнего мира, – теперь часто оборачивается недостатком. Жесткая, детерминированная, инерционная организация не позволяет своевременно отслеживать конъюнктуру рынка и удовлетворять все возрастающие требования заказчиков образовательных услуг. Это происходит потому, что в больших, закрытых и сильно централизованных системах значительные средства затрачиваются на «внутренние нужды» (обработку информации для принятия решений) и мало ресурсов остается на развитие, совершенствование самих процессов и технологий, а также на связанную с этим поисковую и адаптационную деятельность.

В условиях рыночной экономики реинжиниринг высшего образования означает его перепроектирование как открытой, гибкой, неоднородной, децентрализованной, системы, способной успешно функционировать и эволюционировать в сложной и плохо определенной среде. В отличие от закрытых систем, мало взаимодействующих с внешней средой, открытые системы характеризуются периодическим и интенсивным обменом с внешней средой. Здесь границы между системой и средой становятся достаточно условными и нечеткими. У открытой системы имеются хорошие возможности и средства адаптации к изменениям среды, в том числе путем модификации своей структуры и параметров. Иными словами, она способна к развитию путем самообновления – ликвидации старых и создания новых структур внутри самой себя.

С одной стороны, на макроуровне открытость системы высшего образования означает усиление ее взаимосвязей с внешней социально-экономической и культурно-политической средой на региональном, государственном и международном уровнях. Развиваются общие тенденции регионализации и интернационализации современного образования [6,7]. *Регионализация* образования подразумевает рост активности локальных образовательных организаций, поскольку переход к рынку означает сдвиг от моноцентрических к полицентрическим структурам управления и развитие координационных связей. В то же время, *интернационализация* или глобализация образования, обусловленная в первую очередь развитием сети Интернет-образования [7], предполагает создание распределенных международных кафедр и университетов, «выращивание» синергетических *мультиверситетов* – сетевых сетей из открытых учебно-научно-производственных структур, расположенных в различных странах и даже на различных континентах земного шара.

С другой стороны, на микроуровне *открытость* образовательных систем означает свободу зачисления в число обучаемых и выбора учебных курсов, составление индивидуального учебного плана, а также свободу места, времени, форм и темпов обучения [8]. В целом, *открытое образование* должно строиться на основе симбиоза сетевых и интеллектуальных информационных технологий, позволяющих объединять образовательные ресурсы крупнейших технических и классических университетов, ведущих научных организаций и передовых промышленных предприятий с целью формирования гибких, легко переструктурируемых учебных модулей, которые обеспечат интенсификацию, индивидуализацию и непрерывность обучения.

Одной из наиболее перспективных стратегий широкого практического внедрения концепции открытого образования является создание виртуальных кафедр и университетов [7-12], т.е. гибких, открытых, распределенных образовательных структур с богатыми горизонтальными связями.

## **1. Виртуальная кафедра**

По нашему мнению, в основе реинжиниринга высшего образования должно лежать формирование гибких сетевых единиц – виртуальных кафедр. В условиях смешанного децентрализованно-централизованного управления университет (вуз) должен передавать часть своих прав и полномочий кафедрам [10]. Именно кафедра является той базовой университетской единицей, которая наиболее заинтересована в прямых связях с заказчиками и приспособлении к конъюнктуре рынка. Именно кафедра наиболее активна в плане получения и выполнения инновационных заказов как в сфере подготовки специалистов, так и области НИОКР. Именно кафедра может наиболее эффективно и целенаправленно изыскивать источники получения внебюджетных средств и обеспечить их рациональное расходование, учитывая как интересы сотрудников, так и потребности развития материальной базы и научно-педагогического потенциала. Поэтому создание достаточно автономных сетевых (или виртуальных) кафедр видится как важнейшее направление организационных инноваций в процессе интенсивной информатизации образования.

*Виртуальная кафедра* представляет собой сложное переплетение реальных и виртуальных структур, приводящее к резонансным, синергетическим эффектам в области обучения, воспитания и подготовки специалистов. С одной стороны, такая кафедра не существует в реальном физическом пространстве, а создается путем информационной интеграции требуемых педагогических, учебно-методических, программно-технических и других ресурсов, отбираемых с различных кафедр, факультетов и вузов. Электронным путем формируется искусственная организация, которая функционирует в виртуальном пространстве. С другой стороны, «полностью

виртуальная», т.е. не имеющая базовых структур в реальном пространстве кафедры, конечно, не может существовать. В этом плане, виртуальная кафедра может рассматриваться как своего рода *метакафедра*, объединяющая цели, традиции, ресурсы и опыт нескольких кафедр (и даже вузов) в интересах подготовки специалистов высокого уровня, а, в конечном счете, чтобы обеспечить выживание и конкурентоспособность партнеров на рынке образовательных услуг [9,10].

В частности, формирование виртуальной кафедры с использованием ресурсов кафедр разного масштаба и типа позволит скомпенсировать их недостатки и усилить достоинства. Например, можно объединить средства и возможности больших, давно образованных монодисциплинарных кафедр, имеющих богатые педагогические ресурсы и традиции, но обладающих сильной инерционностью и плохо приспособляющихся к требованиям рынка, и небольших новых кафедр, порой испытывающих недостаток в ресурсах, но способных быстро реагировать на изменения и оперативно получать заказы в сфере образовательных услуг. Следовательно, виртуальная кафедра – одна из перспективных клиентоцентрических стратегий в сфере инженерного образования, где моделирование взаимоотношений с партнерами играет главную роль, позволяя существенно улучшить организационную гибкость, адаптивность и реактивность.

В целом, понятие виртуальной кафедры можно охарактеризовать следующими признаками [9,10].

- Подбор кафедр (организаций), имеющих общие (совместимые) цели, потребность в опыте и ресурсах друг друга, что определяет необходимые условия формирования виртуальной кафедры и правила вхождения в нее;
- Электронная интеграция лучших педагогических, учебно-методических и организационно-технических ресурсов на основе новейших сетевых технологий;
- Реализация процессов кооперации и координации пространственно удаленных партнеров;
- Совместное производство и использование географически распределенных педагогического опыта (знаний) и образовательных технологий, а также их быстрое приумножение;
- Возможность быстрого формирования, развертывания, реструктурирования и расформирования в интересах оперативной адаптации к состоянию рынка образовательных услуг;
- Реализация междисциплинарной стратегии обучения;
- Формирование автономных виртуальных учебных групп с гибким распределением и перераспределением функций и ролей партнеров, взаимодействующих на расстоянии.

Основными этапами работы в процессе «виртуализации» кафедры являются [11]:

- пересмотр всех видов деятельности кафедры с их последующей реорганизацией (реинжинирингом);
- определение основных объектов реинжиниринга (инноваций) и выделение основных информационных потоков кафедры;
- выбор инструментальных средств для создания поддерживающей информационной системы;
- собственно реализация всех компонентов (интеллектуальной) информационной системы;
- внедрение и опытная эксплуатация;
- доработка и модификация системы.

В разработке информационно-технической инфраструктуры виртуальной кафедры первостепенную роль должны играть стандарты в области образовательных

технологий, сетевых коммуникаций, взаимодействия программных средств, управления знаниями, моделирования разрабатываемых объектов, и пр. Типичная инфраструктура виртуальной кафедры объединяет следующие технологии и средства:

1. Сетевые Интернет-технологии;
2. Интеллектуальные технологии, в том числе:
  - а) распределенные базы учебно-педагогических данных и знаний, включая базы мультимедиа-данных;
  - б) технологии управления знаниями [5,13] и, в частности, средства интеллектуализации информационного поиска в сети Интернет, средства интеллектуального имитационного моделирования и пр.;
  - в) интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные среды;
  - г) технологии интеллектуальных агентов и многоагентные системы.

Симбиоз этих технологий, позволяющих создавать эффективное *кафедральное информационное пространство*, дает возможность рассматривать кафедру как территориально распределенную организацию, деятельность которой направлена на подготовку специалистов по некоторой специальности. Принципиальным здесь является наличие у каждого студента и каждого преподавателя возможностей эффективного взаимодействия с кафедральной компьютерной системой. С позиции изменения компонентов процесса обучения можно дать следующее «рабочее» определение виртуальной кафедры: *Виртуальная кафедра = сетевая организация + множество интеллектуальных обучающих технологий + инфраструктура, обеспечивающая переход от обучения по отдельным дисциплинам к обучению по специальности.*

Ниже подробнее остановимся на интеллектуальных технологиях образовательного назначения [14-22], уделив особое внимание современному агентно-ориентированному подходу [12, 23-25].

Под агентом понимается открытая система, помещенная в некоторую среду, причем эта система обладает собственным поведением, удовлетворяющим некоторым экстремальным принципам. Метафора искусственного агента как *персонального помощника* пользователя отводит ему роль *интеллектуального посредника* между пользователем и средой, в которой тот работает. Тогда программные агенты понимаются как полуавтономные программные модули, способные сотрудничать с пользователем и приспосабливаться к нему, а главное действовать ради достижения целей, поставленных пользователем. Здесь полуавтономность означает наличие зависимости программного агента от пользователя, в частности, возможность пользователя изменять уровень автономности своего агента.

Настоящий бум в области программных агентов начался с развитием Интернета. Информационные агенты, такие как PointCast, доставляют пользователям новости и сообщают об изменениях на избранных сайтах. Агенты покупок (shopping agents), подобные Bargain Finder, сравнивают за них цены в электронных магазинах. Роботы-пауки бродят по ссылкам и индексируют информацию для поисковых серверов, и т. д.

Широкие перспективы дальнейших приложений персонифицированных агентов связаны с направленным поиском информации в сети Интернет с учетом ее семантических и прагматических характеристик, а также поддержкой принятия многокритериальных, трудноформализуемых решений. В информатике все большее распространение получает термин *agentware*, который характеризует новые архитектурные принципы организации обработки информации на основе агентов.

## **2. Интеллектуальные технологии в образовании**

Можно выделить два магистральных направления применения интеллектуальных технологий в сфере высшего образования, а именно, *интеллектуализация*

*преподавания и интеллектуализация учения.* Для пояснения рассмотрим граничные случаи базового взаимодействия «преподаватель – компьютерная система – студент». Проблематика *интеллектуальных обучающих систем (ИОС)* [14-19] ставит на первый план воздействие преподавателей, опосредованное компьютерной системой, на студентов. Здесь главное место занимают процессы коммуникации, передачи знаний преподавателей, представленных в компьютере, студентам. При этом взаимодействие «преподаватель–компьютерная система» связано с динамическим перераспределением обучающих функций между преподавателем и ЭВМ. Компьютерная программа принимает на себя часть функций преподавателя по предъявлению учебного материала, контролю его усвоения, обнаружению ошибок у студентов, и пр. В данном случае присутствуют как явно выраженная цель обучения, так и реализация некоторого метода обучения, ведущего к достижению требуемой цели и характеризующего стиль общения электронного преподавателя со студентом.

При использовании технологии обработки знаний в обучении необходимо обеспечить высокую эффективность переноса разнородных знаний, что предполагает представление в ЭВМ как предметных знаний преподавателя, так и методических правил, как педагогических суждений, так и способов управления знаниями. Компьютерные системы, работающие по принципу *инженерии предметных, педагогических и методических знаний преподавателей*, когда программно поддерживаются *содержание, стратегии и методики обучения*, называются *интеллектуальными обучающими системами*, в частности, *экспертно-обучающими системами (ЭОС)* [17].

Когда же рассматривается главным образом задача учения с применением интеллектуальных технологий на базе ЭВМ, главную роль играет взаимодействие «студент – компьютерная система», а соответствующие программные комплексы называются *интеллектуальными учебными средами (ИУС)* [20,21]. Интеллектуальные учебные среды могут быть построены с использованием средств гипермедиа и мультимедиа, а также на основе технологий создания виртуальной реальности. В данном случае цели обучаемого могут быть сформулированы довольно нечетко, а интеллектуальная среда обеспечивает наиболее благоприятные условия для достижения этих целей. Это происходит благодаря конструированию наглядных и конкретных представлений фрагментов рассматриваемой проблемной области – *микромиров* и *минимиров*. Естественным развитием такого подхода являются многомодальные компьютерно-ориентированные аналоги реальных ситуаций профессиональной деятельности – *виртуальные учебные среды*.

Характерными чертами учебных сред являются: а) обеспечение дружественного интерфейса с учащимися; б) предоставление студентам учебного материала и других ресурсов по их запросам; в) отсутствие контроля действий студентов со стороны компьютерной системы.

Системы гипермедиа также ориентированы на учение. При этом вся информация о предметной области представляется в виде сложной иерархической сети, отражающей структуру предмета. Узлы этой сети представляют различные элементы знаний – понятия, факты, особенности предмета, а дуги отражают взаимосвязи фрагментов знаний. В узлах могут находиться тексты, рисунки, графики и т.п.; вся эта информация может представляться в динамике с помощью звука, анимации или видеофрагментов. Свободно передвигаясь по сети, студент самостоятельно изучает предметную область, постепенно осваивая ее структуру. Частный случай гипермедиа – это гипертексты и гиперкниги. На наш взгляд, большие перспективы в разработке учебных средств типа гипермедиа сулит использование графодинамических методов, обеспечивающих параллельную обработку информации и ассоциативный доступ к структурам данных. Здесь может использоваться базовый графовый язык SC (Semantic Code) [26].

Концепция мультимедиа (мультимира, мультисреды) связана с эффективным одновременным использованием различных форм, моделей и средств представления информации (текстовых, компьютерной графики, видео, звуковых, тактильных и пр.) в обучении.

### 3. Интеллектуальные обучающие системы

Впервые общее представление об интеллектуальных обучающих системах было сформулировано еще в 1970 году Дж. Карбонеллом [14], но реальные исследовательские и коммерческие ИОС появились уже в 80-е годы XX-го века. Если в обычной автоматизированной обучающей системе программа просто указывает студенту, правилен или неправилен его ответ, то ИОС нацелена на диагностику, отладку и коррекцию поведения обучаемого. Такая система не только диагностирует и указывает студенту его ошибки, но и анализирует их причины, строит гипотезы, правила и планы исправления ошибок, дает советы, исходя из предварительно определенных стратегий обучения и имеющейся модели обучаемого.

На ранних стадиях развития ИОС подходы, разработанные в рамках ИИ, использовались лишь для представления знаний из предметной области. С середины 80-х годов в состав ИОС стала в явном виде включаться информация об обучаемом (в частности, модель идеального обучаемого) и стратегиях обучения. Наконец, в 90-е годы при построении ИОС начали применять агентно-ориентированную технологию.

Будем понимать под интеллектуальной обучающей системой комплекс программно-аппаратных средств инженерии знаний, в котором представленные в ЭВМ знания (которые могут иметь как символическую, так и образную природу), используются для направленного формирования функциональной структуры деятельности у студентов, построения системы индивидуального опыта, адекватной требованиям профессии. Специфическими компонентами ИОС, отображающими ситуацию обучения, выступают: а) *модель обучаемого* и б) *модель процесса обучения* (набор стратегий обучения). Кроме того, следует выделить в) *модельный интерфейс* между экспертной подсистемой и прочими блоками ИОС.

В блоке «модель обучаемого» должна иметься информация об индивидуальных особенностях студента, предпочитаемых им стратегиях обучения, типичных ошибках. В нем необходимо организовать представление текущего уровня обученности, диагностику текущих знаний студента. При этом следует указать информацию о том, чего он не понимает, а также сведения о предпочтительной стратегии обучения (обучение на примерах, обучение по аналогии и т.п.).

Блок «модель процесса обучения» обеспечивает формирование информационной модели, предъявление информации и оценку качества деятельности студента. Здесь присутствуют знания о планировании и организации процесса обучения, об общих и частных методиках обучения. Этот блок обеспечивает реализацию различных интерактивных режимов обучения: а) тренировка обучаемого, например, в процессе развивающей игры, когда за счет изменения условий игры у студента формируются требуемые навыки и умения; б) постановка тестовых задач, по результатам решения которых можно судить об уровне подготовки и ошибках обучаемого; в) вопросно-ответные процедуры, в ходе которых обучаемого побуждают к формированию цепочек рассуждений, причем могут использоваться такие модели, которые позволяют обучаемому самому открывать некоторые правила или оценивать факты.

В интересах построения интеллектуальных систем образовательного назначения по принципам ИОС можно выделить пять наиболее существенных типов знаний [16,17]:

- *предметные знания*, относящиеся к конкретному курсу (области обучения), например, проблемам искусственного интеллекта или информационному обеспечению предприятий
- *стратегические и методические знания*, относящиеся к организации, планированию и управлению процессом подготовки студентов, например, общие цели, стратегии и сценарии обучения, правила комбинирования различных дисциплин и форм занятий, способы составления учебных планов, и пр.
- *педагогические знания*, относящиеся к управлению деятельностью студентов, например, знания о студенческой группе и особенностях отдельных студентов, знания о способах профессионально-педагогических воздействий на студентов, знания о типичных ошибках обучаемых и гипотезы об их причинах, и т.п.
- *эргономические знания* об эффективной организации интерфейса преподавателей и студентов с компьютерными системами
- *метазнания* о способах компьютерной интеграции знаний

Приведем ряд общих принципов построения интеллектуальных средств обучения [22].

#### 1. Принцип прагматической диагностики.

Назначение диагностического компонента ИОС состоит в поддержке выполнения учебного плана. Иными словами, согласно этому принципу устанавливается иерархия подчиненности ЭС диагностики ошибок обучаемого по отношению к ЭС планирования и управления обучением.

#### 2. Принцип сопоставления текущей модели обучаемого с моделью идеального обучаемого

Задача диагностического компонента ИОС состоит в проверке, насколько задания, определяемые предварительным учебным планом (моделью идеального обучаемого) соответствуют текущей модели обучаемого.

#### 3. Принцип «порождающих интерфейсов» (индивидуальной оперативной адаптации формы предъявления учебного материала к отдельному студенту).

Согласно этому принципу, преподаватель должен быть в состоянии сформировать различные представления компонентов учебного материала в зависимости от текущего состояния знаний и потребностей студента в данный момент времени.

#### 4. Принцип неэквивинальности обучения

Конечный уровень подготовки (результатирующее состояние опыта) обучаемого никогда не соответствует точке в абстрактном пространстве состояний (т.е. всегда оказывается подмножеством некоторого множества целевых состояний). Соответствующие этому подмножеству состояний знания обучаемого могут быть представлены различными способами.

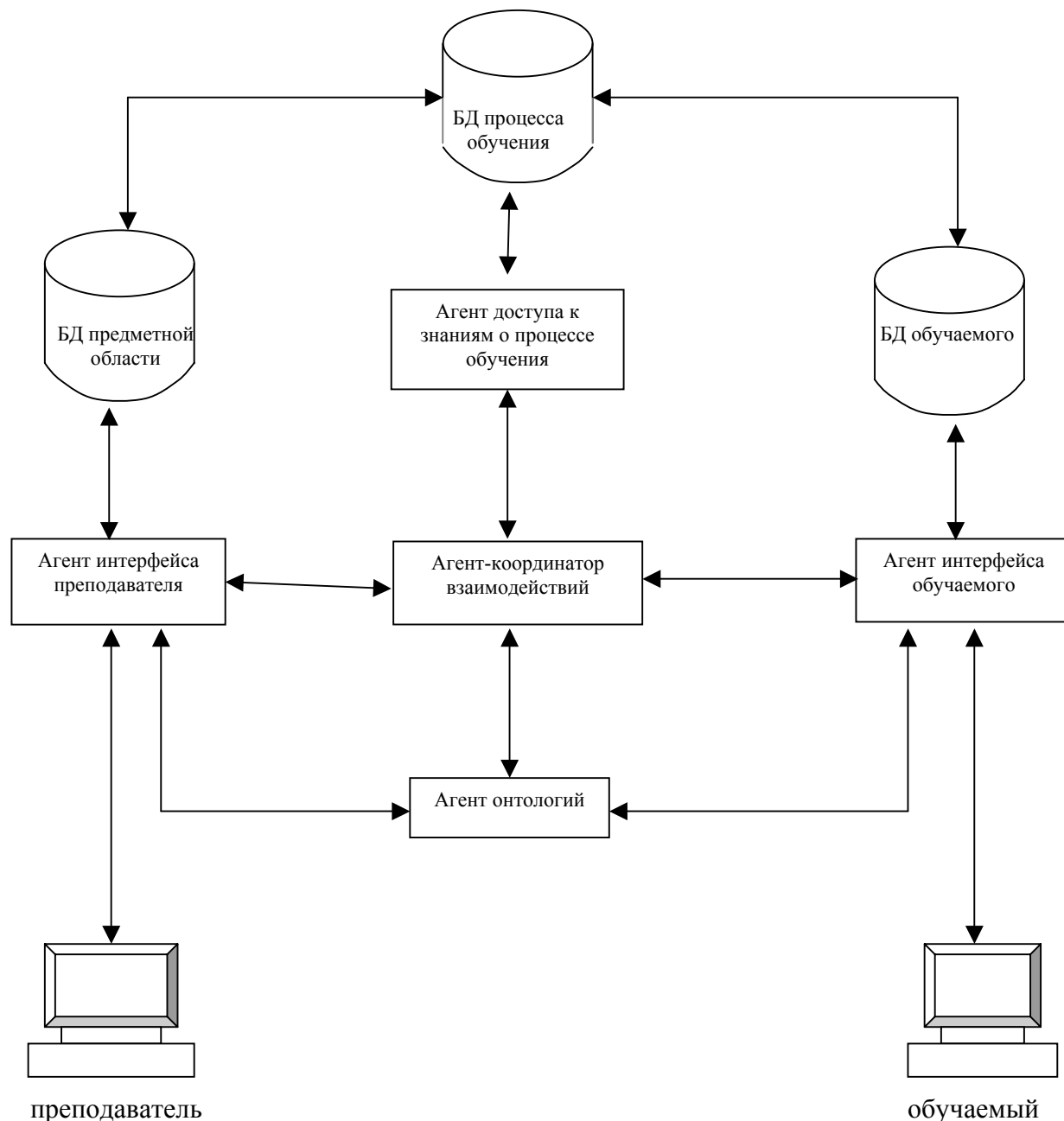
#### 5. Принцип необходимого разнообразия обучающих воздействий

Для обеспечения адаптивности обучения преподаватель должен уметь выбирать наиболее эффективные варианты воздействий из всего набора обучающих воздействий (например, сочетать *манипулятивные* и *развивающие стратегии* воздействия на студентов).

### 3. Многоагентные системы учебного назначения

Рассмотрим проблему построения ИОС нового поколения как одного из инструментальных средств реализации стратегии открытого образования в условиях виртуальных кафедр. Далее будем строить модели виртуальной кафедры и архитектуру ИОС на основе теории агентов и многоагентных систем (см., например, [12,27]). Так общая структура МАС учебного назначения (рис.1) включает следующих агентов: а) агент интерфейса преподавателя; б) агент интерфейса обучаемого; в) агент доступа к

знаниям о процессе обучения; г) агент онтологий; д) агент-координатор взаимодействий.



**Рис.1. Структура МАС учебного назначения.**

*Агент интерфейса преподавателя* осуществляет взаимодействие преподавателя с базой данных предметной области. С его помощью преподаватель оперативно пополняет базу данных, определяет различные уровни обученности, разрабатывает средства для проверки знаний обучающихся. *Агент интерфейса обучаемого* осуществляет взаимодействие с базой данных обучаемого, которая содержит сведения о каждом из студентов с указанием текущего уровня его подготовки, предпочтительной стратегии обучения, типичных ошибок. *Агент онтологий* (см. также [12, 13]) обеспечивает доступ к информации из базы данных предметной области, которая может извлекаться обучаемым и обновляться преподавателем, а также



осуществляет вывод на онтологии и предоставляет возможность корректировки весовых коэффициентов, характеризующих приоритетные маршруты в нечеткой сети. Таким образом, он играет роль интерфейса между базой данных и другими агентами и обеспечивает доступ к ресурсам онтологии. *Агент-координатор взаимодействий* выполняет роль посредника между агентами системы и может быть реализован в виде «доски объявлений».

Такая МАС обладает возможностью на основе модели обучаемого генерировать процесс обучения со всеми прилагаемыми и сопровождающими функциями, а также поддерживать активную обратную связь студентов с преподавателем.

## 5. Многоагентная система управления ресурсами виртуальной кафедры

Виртуальная кафедра (как и любая организация) на концептуальном уровне может быть представлена как набор некоторых *ресурсов*. Состав ресурсов различен для организаций разных видов и может меняться для одной и той же системы на различных этапах ее функционирования.

Все ресурсы виртуальной кафедры можно подразделить на следующие основные группы:

- человеческие (сотрудники кафедры, внешние лица и организации);
- образовательные (учебные дисциплины, учебные планы, учебные занятия, автоматизированные обучающие системы, электронные учебники, и пр.)
- научно-исследовательские (научно-исследовательские проекты, научно-технические отчеты, публикации, статьи, монографии, программные системы, и т.п.)
- материально-технические (оборудование и, в первую очередь, обеспечение компьютерами)

Одной из главных проблем функционирования виртуальных кафедр (как, впрочем, и других сетевых структур) является обмен ресурсами. Ресурсы виртуальной кафедры в общем случае имеют два основных параметра: *местонахождение* и *состояние*. Для получения или рассмотрения возможности получения ресурса надо точно знать значение этих параметров. Однако в условиях, когда данные параметры постоянно изменяются и множество ресурсов (даже идентичных) велико, становится практически невозможно накапливать такие подробные сведения о ресурсах, имеющихся в каждом узле, в режиме реального времени. В результате, возникает необходимость в создании специальных средств обмена и управления ресурсами.

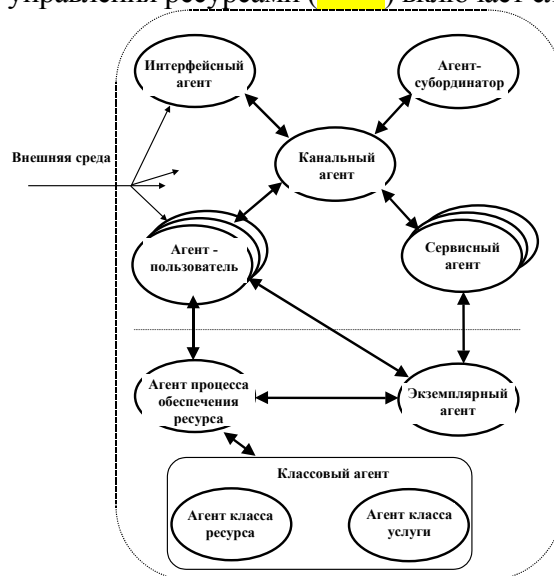
Общая модель управления ресурсами виртуальной кафедры состоит из семейства локальных систем управления (автономных агентов), объединенных в сеть [28]. Локальная система управления имеет полную информацию о своих ресурсах, но, как правило, вынуждена принимать решения в условиях недостатка информации о поведении всех компонентов виртуальной организации. Поэтому следует иметь механизм динамической корректировки параметров процесса ресурсообмена в период функционирования виртуальной организации.

Итак, интеллектуальная система управления виртуальной кафедрой интерпретируется как МАС. В ней интеллектуальные агенты имеют право принимать решения, используя для этого средства имитационного моделирования, доступную информацию и знания. Они также способны взаимодействовать друг с другом для достижения некоторых общих целей.

Важная идея подхода, описанного в работе [28], состоит в том, чтобы попытаться переложить знания о структуре и состоянии ресурсов с пользователя ресурсами на сами ресурсы (или места их возникновения). Далее, необходимо организовать взаимодействие ресурсов и, наконец, переложить заботу об обеспечении компонентов ресурса на него самого. Таким образом, ресурс превращается в агента. Иными словами, в описываемой

системе присутствует сам ресурс (информационный, материальный или ресурс-действие) и его виртуальный двойник, созданный в виде программного агента.

Базовая модель МАС управления ресурсами ( ) включает следующих агентов:



**Рис.2. Архитектура многоагентной системы управления ресурсами**

1) агент-пользователь; 2) каналный агент; 3) сервисный агент; 4) интерфейсный агент; 5) агент-супервизор. Здесь главную роль играет *агент-пользователь*, который соответствует отдельной локальной системе управления. Когда отсутствует внешний механизм инициализации его действий, он является *интенциональным агентом*. Иными словами, такой агент может генерировать цели, направляемые затем на утверждение (заявки). Выступая в качестве агента-заказчика, данный агент посылает заявки всем другим агентам-пользователям с требованием забрать у него или прислать ему ресурс некоторого вида. Любой другой агент-пользователь, получив и проанализировав заявку, может принять ее к исполнению (поставив в очередь своих основных действий, после чего в рассматриваемом взаимодействии он становится агентом-исполнителем) или отвергнуть. В результате такого обмена информацией устанавливается взаимодействие двух агентов – агента-заказчика и агента-исполнителя. Один и тот же агент-пользователь может быть одновременно и агентом-заказчиком, и агентом-исполнителем по отношению к другим агентам-пользователям.

*Канальный агент* служит для координации процесса передачи заявок и ответов. Он берет на себя функции маршрутизации различного рода пакетов (информационных, управляющих, координирующих). Используя свои знания, каналный агент может оптимизировать различного рода поисковые операции и процесс распределенной обработки информации в сети.

Для отправки, перемещения и хранения ресурсов в виртуальной организации должны существовать *сервисные агенты*, оказывающие услуги другим агентам (например, по хранению и доступу к учебной информации).

Взаимодействие агентов, входящих в МАС, с внешней средой обеспечивается *интерфейсным агентом*. Он является посредником между различными программными агентами и людьми на виртуальной кафедре. Наконец, функцию координации действий агентов, а также выявления и разрешения конфликтных ситуаций берет на себя *агент-субординатор (супервизор)*. В его задачи также входит коррекция системы при появлении новых агентов.

В МАС управления ресурсами устанавливаются связи трех типов: *координационные, управляющие и информирующие*. Между вышеупомянутыми агентами ведутся переговоры, формируются альянсы и ассоциации. В ряде случаев, процесс взаимодействия агентов можно рассматривать как взаимодействие особей некоторой популяции, развивающейся в направлении эффективного функционирования для достижения глобальной цели, за счет накопления лучших свойств особей из поколения в поколение.

Помимо перечисленных базовых агентов, при реализации МАС управления ресурсами вводится ряд *ресурсных агентов*. Это: а) агент процесса обеспечения ресурса; б) классовый агент; в) экземплярный агент. *Агент процесса обеспечения ресурса* инициирует и координирует процесс обеспечения ресурса. Он порождается агентом-пользователем, выступающим в роли заказчика образовательного ресурса.

*Классовый агент* содержит знания о компонентах и параметрах образовательного ресурса. В связи с тем, что в МАС присутствуют многокомпонентные ресурсы, причем может существовать несколько вариантов комбинации этих компонентов, речь идет именно о классе ресурса. В зависимости от выбранной комбинации, получатся различные *экземпляры* одного класса ресурса.

Выделяются два вида классовых агентов:

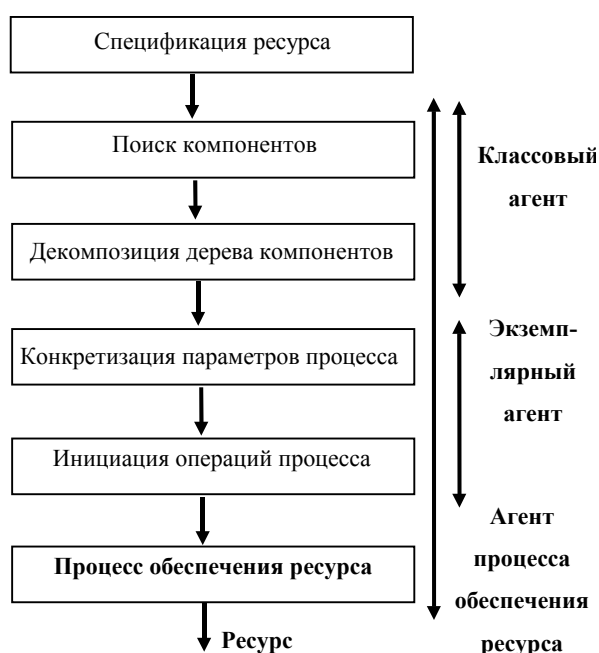
- *агенты класса ресурса*, которые содержат знания о текущем состоянии и технологической структуре образовательного ресурса, например, учебно-методической документации, модуля учебного курса, электронного учебника (они привязаны к агенту-пользователю, являющемуся производителем или хранителем данного ресурса);
- *агенты класса услуг*, содержащие знания о текущем состоянии и структуре услуги, например, учебного процесса, (они привязаны к сервисным агентам).

*Экземплярный агент* является экземпляром класса ресурса, получаемым в результате конкретизации параметров ресурса. Он непосредственно инициирует те или иные действия (операции) в системе, обращаясь с требованиями на проведение действия к агенту-пользователю или сервисному агенту, а также отслеживает все изменения параметров ресурса в процессе его воспроизведения. Действия должны быть выполнимыми к моменту обращения экземплярного агента к агенту-исполнителю, об этом заботятся классовые агенты во время предыдущей фазы процесса обеспечения ресурса.

Все классовые агенты имеют структуру «и/или»-графа, где вершины соответствуют состоянию процесса обеспечения ресурса или являются ссылками на другие классы ресурсов, а дуги соответствуют действиям (операциям) процесса и ссылаются на другие классы услуг.

Обеспечение любым образовательным ресурсом требует ряда действий (построение, приобретение перенос, контроль и т.д.), которые могут являться ссылками на сервисные классы и ряда компонентов, которые в свою очередь также могут быть ресурсами другого класса. Весь процесс обеспечения ресурса описывается представленным выше графом и содержится в модуле классового агента. Граф содержит ссылки на другие классы; таким образом обеспечивается взаимодействие классовых агентов (как ресурсных, так и сервисных). В результате этого взаимодействия каждый ресурс получает статус возможности или невозможности в плане процесса его обеспечения.

На рис.3 показан агентно-ориентированный процесс обеспечения ресурсами, в котором принимают участие описанные выше агент-пользователь и агенты процесса обеспечения ресурса. Процесс поиска и обеспечения ресурса проходит в несколько этапов, которые показаны на рисунке.



**Рис.3. Основные фазы агентно-ориентированного процесса обеспечения ресурсами**

## **6. Виртуальная выпускающая кафедра как сообщество разнородных агентов**

*Виртуальная кафедра* представляет собой коллектив неоднородных, свободно взаимодействующих агентов (людей и компьютерных агентов), находящихся в различных местах. В число людей (сотрудников кафедры) как единицы открытой образовательной системы включаются: преподаватели; студенты; сотрудники научно-исследовательских лабораторий кафедры; представители внешних организаций, заинтересованных в получении выпускников заданного профиля; учебно-вспомогательный персонал. Основными видами деятельности (процессами) виртуальной выпускающей кафедры являются: учебная; научно-исследовательская; учебно-методическая; хозяйственная; управленческая.

Теперь напомним основные (универсальные) функции, которые встречаются в повседневной деятельности любой выпускающей кафедры [11]. Это:

- Регистрация и передача адресату исходящих официальных документов (писем, служебных записок, отчетов, отзывов, актов, приказов и т.д.). Прием, регистрация и передача на исполнение входящих официальных документов (писем, приказов, распоряжений и т.д.)
- Подготовка и проведение учебных занятий
- Организация и проведение НИОКР
- Регистрация, анализ и распределение поступающих на кафедру финансовых ресурсов
- Материально-техническое обеспечение кафедры. Распределение материальных ресурсов, контроль их использования, ремонт и профилактика
- Реализация кадровой политики кафедры. Определение соотношения штатных и внештатных, постоянных и временных сотрудников. В контексте открытого образования студентов следует считать специальной категорией внештатных (временных) сотрудников кафедры

- Формирование иерархии целей, распределение целей по исполнителям и контроль исполнительской дисциплины на кафедре. Формирование стратегических и тактических планов организации. Распределение долгосрочных обязанностей. Выдача заданий. Утверждение заявок
- Информационное обеспечение внешних связей кафедры с организациями, подразделениями различных организаций, отдельными лицами
- Подготовка и проведение различных кафедральных и внешних мероприятий. Регистрация информации о важнейших событиях организации (встречах, сообщениях, семинарах, сдачах проектов и т.д.)
- Пополнение, систематизация и организация эффективного использования кафедральной библиотеки, где могут также иметься электронные варианты различных информационных материалов
- Формирование и постоянное уточнение глоссария, т.е. терминологического справочника для «внутреннего» использования. Такой глоссарий необходим для систематизации информационных материалов, используемых в деятельности организации и для обеспечения хорошего взаимопонимания между сотрудниками.

Кроме того, выявлено, что эффективность автоматизации деятельности кафедры определяется сочетанием:

- комплекса автоматизированных обучающих систем, поддерживающих самостоятельную деятельность студентов по изучению отдельных учебных дисциплин;
- комплекса средств, обеспечивающих общую координацию и управление учебной деятельностью кафедры.

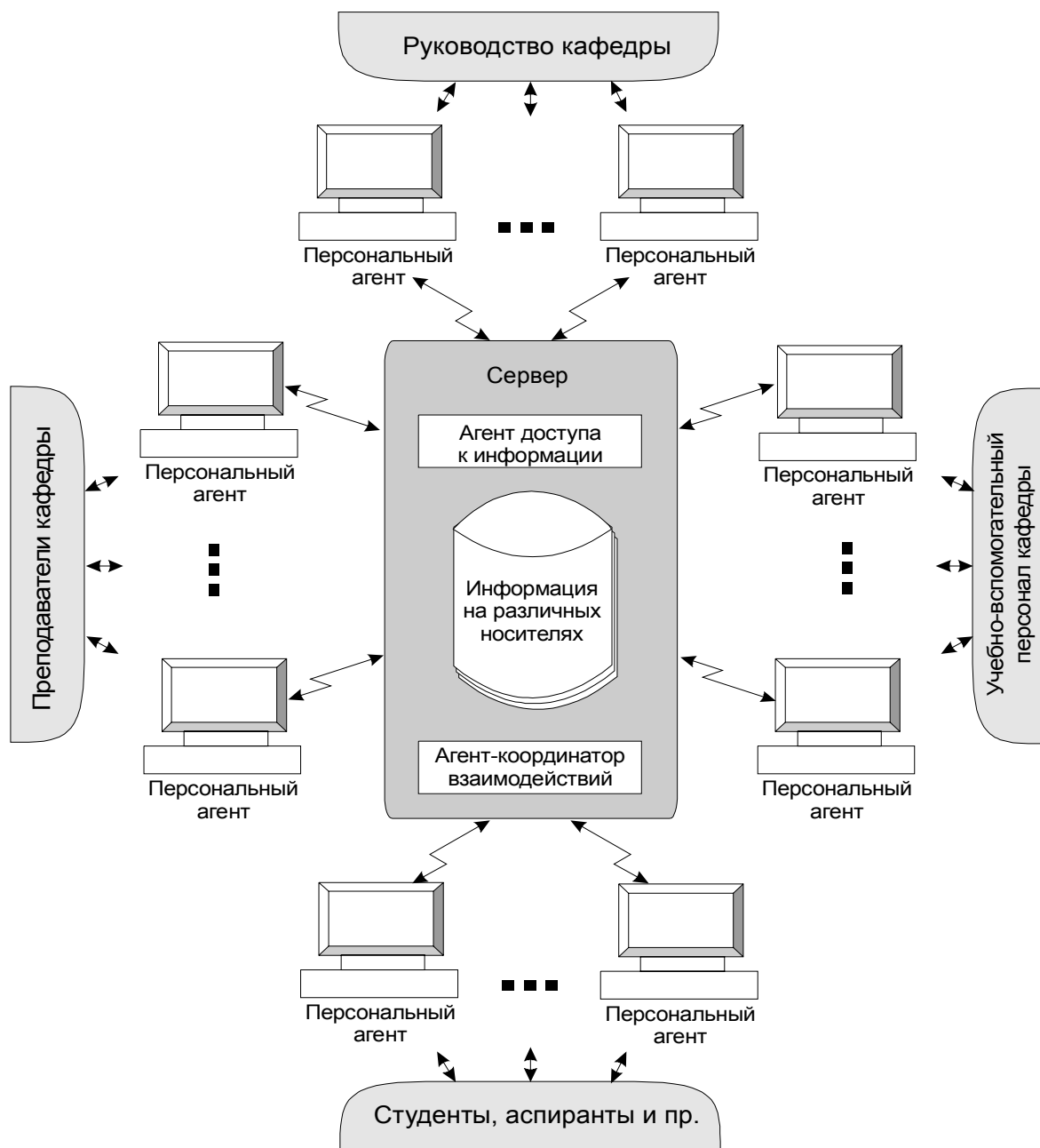
Вариант построения виртуальной кафедры с позиций объектно-ориентированного подхода предложен в [11] (рис.4). Под архитектурой виртуальной кафедры понимается условное разделение МАС на взаимодействующих интеллектуальных агентов, где каждый агент выполняет определенные функции, а база знаний виртуальной кафедры состоит из интегрированной базы знаний ее агентов. При проектировании виртуальной кафедры ее можно рассматривать как набор ролей агентов, находящихся между собой в определенном отношении, и взаимодействующих друг с другом. Исходя из этого, организационная модель виртуальной кафедры как МАС распадается на две части: *модель ролей* и *модель взаимодействий* (рис.5) [23].

Роль агента – это набор функций, которые выполняются сотрудником организации в определенный момент времени. В различные моменты времени данный сотрудник может выполнять различные роли. Например, сотрудник, занимающий должность доцента кафедры, характеризуется ролью *«преподавателя»*. Одновременно он выполняет роль *«руководителя курсового проекта»* и *«руководителя дипломного проекта»* для нескольких студентов. Он также может быть *«заместителем заведующего кафедрой по учебной работе»* и *«исполнителем научно-исследовательского проекта»*.

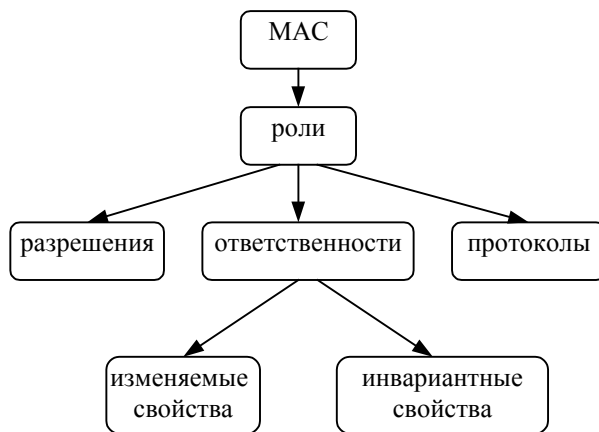
Понятие *роли* определяется с помощью трех атрибутов: *ответственности, разрешения и протоколов*. Здесь ключевым атрибутом является ответственность, которая тесно связана с функциональными характеристиками. Реализация ответственности неотделима от множества разрешений, которые определяют «права» агента, связанные с ролью, а, следовательно, и набор располагаемых ресурсов для реализации ответственности. Наконец, любая роль описывается с помощью набора протоколов, которые определяют способ ее взаимодействия с другими ролями в МАС.

На стадии анализа происходит предварительная идентификация ролей, затем определяются и документируются соответствующие протоколы и, наконец, строится окончательная модель ролей. На стадии проектирования создается модель агента, т.е. роли агрегируются в типы агентов, формируется иерархия типов и документируются

примеры каждого типа. Далее разрабатываются модель услуг и модель основных взаимодействий (контактов).



**Рис. 4.** Виртуальная кафедра как MAS



**Рис. 5.** Схема объектно-ориентированного анализа MAS

В состав виртуальной кафедры входят искусственные агенты следующих видов:

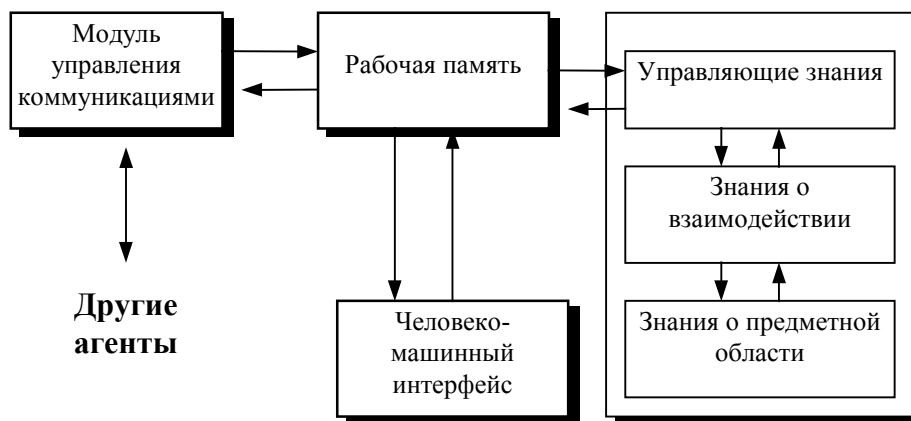
1. *Персональный агент*. Персональный агент генерируется при появлении нового сотрудника в организации. Соответственно количество таких агентов равно количеству сотрудников в организации. Здесь могут выделяться «персональные помощники» руководства кафедры, преподавателей, студентов, аспирантов, учебно-вспомогательного персонала.
2. Агент поддержки делопроизводства и документооборота кадров.
3. Агент автоматизации делопроизводства и документооборота учебного процесса
4. Агент обеспечения защиты и доступа к информации пользователей различных категорий
5. Агент, управляющий научно-исследовательскими проектами (Project Manager). Число агентов данного типа равно количеству научно-исследовательских проектов, т.к. управление проектами осуществляют различные люди, в каждом проекте есть своя тема и исполнители. Общую координацию всей деятельностью кафедры, в том числе и научно-исследовательской деятельностью, может осуществлять заведующий кафедрой. Тогда агенты различных научно-исследовательских проектов могут предоставлять некоторую обобщенную информацию агенту руководителя
6. Агент, управляющий курсовыми и дипломными проектами. Количество агентов данного типа равно количеству руководителей курсовыми и дипломными проектами, т.к. каждый такой руководитель обычно осуществляет руководство несколькими проектами
7. Агенты ИОС (см. раздел 4, рис.1)
8. Агент-библиотекарь
9. Агент, управляющий материальными ценностями.
10. Агент-организатор мероприятий. Агент данного типа осуществляет организацию и проведение одного мероприятия. В общем случае одновременно в виртуальной организации могут функционировать и взаимодействовать несколько агентов. Если мероприятие является периодическим, то активируется соответствующий агент.
11. Агент, отвечающий за взаимодействие с внешними организациями.
12. Агент-администратор виртуальной кафедры и компьютерной сети.

Интеллектуальный агент в зависимости от роли сотрудника кафедры автоматизирует соответствующие функции. Приобретение нужного набора функций происходит в результате кооперации соответствующих агентов. Вариант архитектуры интеллектуального агента преподавателя представлен на рис.5. Она включает в себя несколько уровней *представления знаний, рабочую память, модуль управления коммуникацией*, интерфейс с пользователем. Для успешного выполнения своих задач агент должен иметь возможность осуществлять как интеллектуальное поведение (выбор планов, декомпозиция проблемы и распределение задач) так и реактивное поведение (своевременная реакция на появление новой информации, изменения в существующих данных и т.д.). Здесь интеллектуальное поведение обеспечивается сочетанием правил принятия решения для выбора планов, осуществления декомпозиции и распределения задач с правилами кооперации для формулирования обязательств. Реактивное поведение обеспечивается уровнем контроля, который реагирует на различные изменения в рабочей памяти (такие как доставка результатов, появление новых целей или сообщений об изменениях в существующих данных, задачах и обязательствах).

Укажем три уровня знаний, играющих ключевую роль в архитектуре агента:

- *Знания о предметной области*, например, о читаемых преподавателем курсах





**Рис.5. Вариант архитектуры интеллектуального агента с иерархической базой знаний**

- *Знания о взаимодействиях (с пользователем и другими программными агентами)*, которые выступают в форме общих декларативных правил поведения, а также правил пополнения и модификации знаний предметной области. Правила взаимодействия представляют собой основу архитектуры агента и подразделяются на: а) правила принятия решения в условиях неопределенности; б) правила управления кооперацией агентов.
- *Управляющие знания*, применяющие знания о взаимодействиях к знаниям о предметной области для пополнения и изменения рабочей памяти.

*Рабочая память* предназначена для хранения временных данных, полученных от уровня управления, пользователя или модуля управления коммуникациями. Так, в рабочей памяти содержится информация о целях, информация о текущих задачах, информация о завершившихся задачах, входящие и исходящие сообщения и текущие обязательства. Рабочая память функционирует по принципу «доски объявлений».

*Модуль управления коммуникациями* осуществляет составление и отправку сообщений, посылаемых другим программным агентам. Сообщения составляются из коммуникационных примитивов, получаемых с помощью правил управления задачами и правил кооперации. Каждый примитив характеризуется своим типом и содержанием. Модуль управления коммуникациями также занимается получением подтверждений о доставленных сообщениях.

*Интерфейс с пользователем (преподавателем)* определяет способы взаимодействия между системой и пользователем. Здесь агент способен осуществлять различные функции (информационное обеспечение принятия решения, управление задачами, кооперация), но не является полностью автономным. В общем случае, он обязан сообщить пользователю результаты своей работы, и пользователь должен их одобрить, прежде чем они вступят в силу и будут переданы другим агентам.

## **Заключение**

Концепция построения виртуальных кафедр на основе агентно-ориентированных технологий, была сформирована в ходе осуществления ряда российских и белорусских проектов. В первую очередь, это проект «Развитие системы открытого образования на основе методологии реинжиниринга и моделей виртуальных кафедр», выполняемый в настоящее время в МГТУ им. Н.Э. Баумана по программе Минобразования России «Создание системы открытого образования», а также проект «Виртуальная кафедра»,

организованный в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники при поддержке компании International Business Alliance. В 2002-м году планируется начало совместного российско-белорусского проекта, направленного на решение фундаментальной проблемы ИИ – создания теории, методов и средств проектирования виртуальных организаций (на примере виртуальных кафедр). В рамках этого проекта будут разработаны инструментальные средства поддержки моделирования, проектирования и функционирования виртуальных кафедр. Основная идея исследования состоит в реализации единой платформы для проектирования сетевых структур виртуальной кафедры и осуществления виртуального взаимодействия участников учебно-педагогических процессов.

## Литература

1. Hammer M., Champy J. Re-Engineering the Corporation: a Manifesto for Business Revolution. – New York: Harper Collins, 1993
2. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. – М.: Финансы и статистика, 1997.
3. Попов Э.В. Реинжиниринг, усовершенствование и моделирование предприятий// Новости искусственного интеллекта. – 1998. – № 1. – С. 60-91.
4. Емельянов В.В., Попов Э.В. Интеллектуальное имитационное моделирование в реинжиниринге бизнес-процессов// Программные продукты и системы. – 1998. – №3. – С. 3-10.
5. Попов Э.В. Корпоративные системы управления знаниями// Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 1. – С. 14-25.
6. Образование и XXI-й век. Информационные и коммуникационные технологии. – М.: Наука, 1999.
7. Интернет-образование: не миф, а реальность XXI-го века/ Под общ. ред. В.П. Тихомирова. – М.: МЭСИ, 2000.
8. Открытое образование – стратегия XXI-го века для России/ Под общ. ред. В.М. Филиппова и В.П. Тихомирова. – М.: МЭСИ, 2000.
9. Емельянов В.В., Тарасов В.Б. Виртуальная кафедра в техническом университете// Дистанционное образование. – 2000. – №6. – С. 39-45.
10. Горнев В.Ф., Тарасов В.Б. Виртуальная кафедра – базовая единица вуза XXI-го века// Проблемы регионального управления, экономики, права и инновационных процессов в образовании. – Таганрог: ТИУЭ, 1999. – С.29-30.
11. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Елисеева О.Е., Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В., Сердюков Р.Е., Ивашенко В.П. Виртуальная кафедра// Труды Международного конгресса «Искусственный интеллект в XXI-м веке» (ICAI'2001, Дивноморск, Россия, 3-8 сентября 2001 г.). – М.: Наука. Физматлит, 2001. – С.559-570.
12. Луговская Е.А., Тарасов В.Б. Многоагентные системы поддержки открытого образования в техническом университете// Программные продукты и системы. – 2001. – №2. – С. 29-34.
13. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000.
14. Carbonell J.R. AI in CAI: an Artificial Intelligence Approach to Computer-Aided Instruction// IEEE Transactions on Man-Machine Systems. – 1970. – Vol. MMS-11. – №4.
15. Anderson J.R., Boyle C.F., Reiser B.J. Intelligent Tutoring Systems// Science.–1985.–Vol.228.–P.456-462.
16. Yazdani M. Intelligent Tutoring Systems: an Overview// Artificial Intelligence and Education. Vol.1. Learning Environments and Tutoring Systems/ Ed. by R.W. Lawler and M. Yazdani. – Norwood: Ablex Publ. Corp., 1987. – P. 183-201.
17. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. – Киев: Наукова думка, 1992.
18. Стефанюк В.Л. Теоретические аспекты разработки компьютерных систем обучения. – Саратов: СГУ, 1995.
19. Ларичев О.И. Проблемы компьютерного обучения экспертным знаниям// Труды УІ-й национальной конференции по искусственному интеллекту (КИИ'98, Пущино, октябрь 1998 г.). Т.1 – Пущино: РАИИ, 1998. – С.3-6.
20. Lawler R.W. Learning Environments: Now, Then and Somebody// Artificial Intelligence and Education. Vol.1. Learning Environments and Tutoring Systems / Ed. by R.W. Lawler and M. Yazdani. – Norwood: Ablex Publ. Corp., 1987. – P. 203-237.
21. Вишняков Ю.М., Родзин С.И. Проблемы интеграции интеллектуальных гипермедийных обучающих сред в виртуальные образовательные структуры// Новости искусственного интеллекта. – 2000. – №3. – С. 89-101.

22. Ohlson S. Some Principles of Intelligent Tutoring // Artificial Intelligence and Education. Vol.1. Learning Environments and Tutoring Systems/ Ed. by R.W. Lawler, M. Yazdani. – Norwood: Ablex Publ. Corp., 1987. – P. 203-237.
23. Wooldridge M., Jennings N. Agent Theories, Architectures and Languages: a Survey// Intelligent Agents: ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages (Amsterdam, The Netherlands, August 8-9, 1994)/ Ed. by M. Wooldridge, N. Jennings.– Berlin: Springer Verlag, 1995. – P.1-22.
24. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор)// Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С. 64-116.
25. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте// Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С. 5-63.
26. Голенков В.В. Графодинамические методы и средства параллельной асинхронной переработки информации в интеллектуальных системах. – Минск: БГУИР, 1996.
27. Курейчик В.М., Зинченко Л.А. Эволюционная адаптация интерактивных средств открытого образования// Открытое образование. – 2001. – №1. – С.43-50.
28. Емельянов В.В. Многоагентная модель децентрализованного управления потоком производственных ресурсов// Труды Международной конференции «Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления» (ICIT'99, Переславль-Залесский, 6-9 декабря, 1999). – М.: Наука. Физматлит, 1999. – С. 121-126.