

Министерство образования и науки Российской Федерации
—
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. Н. Козлов

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕОРИЯ ЗНАНИЙ**

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2012

Козлов В. Н. Интеллектуальные технологии и теория знаний. СПб.: Изд. Политехнического университета, 2012. 157 с.

Рассматриваются системные интеллектуальные технологии и теория знаний образования и науки, разработанные на основе иерархии фундаментов технологий для образовательных программ национального исследовательского университета – СПбГПУ. Излагаются принципы создания системно-интеллектуальной базы содержания высшего образования как основы интеллектуализации общества. Приводятся основные принципы и примеры применения интеллектуальных технологий для изучения федеральных дисциплин федеральных государственных образовательных стандартов по математике, физике, химии, инноватике и др. Рассмотрены элементы интеллектуальных технологий для дисциплин средней школы.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности «Системный анализ и управление» и изучающих федеральную дисциплину «Интеллектуальные технологии и представление знаний», а также для направлений и специальностей подготовки в области техники и технологии.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

Рецензенты: д. т. н., проф.

© В. Н. Козлов, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. Характеристика интеллектуальных технологий и теории знаний.....	4
1. Интеллектуальные технологии и теория знаний в высшем образовании России.....	28
1.1. Современный этап развития образования в России.....	28
1.2. Принципы системных интеллектуальных технологий и теории знаний.....	36
1.3. Системно-интеллектуальные технологии и содержание ВПО на базе ГОС-2000.....	50
1.4. Системно-интеллектуальные технологии и компетентностный ФГОС ВПО.....	60
2. Теория знаний и базисные компетентностные модели знаний, умений и навыков.....	70
2.1. Основные методы теории знаний.....	70
2.2. Базисный принцип в реализации компетентностного подхода.....	82
3. Интеллектуальные технологии математики.....	88
3.1. Математические понятия, операции и методы.....	88
3.2. Содержание разделов математики.....	92
3.3. Категориально-логическая программа по математике в области техники и технологии.....	100
3.4. Интеллектуальные технологии и знания, умения и навыки в математике.....	110
3.5. Математика и информационные технологии.....	129
Список литературы.....	140
Приложение. Примеры тестовых заданий по некоторым разделам дисциплины «Системный анализ, оптимизация и принятие решений».....	143

Введение. ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕОРИИ ЗНАНИЙ

Приведены исходные понятия интеллектуальных технологий и принципы их формирования. Определены различные типы фундаментов, на которых могут базироваться интеллектуальные технологии. Изложение конкретизировано на одном из категориальных подходов теории знаний для формирования интеллектуальных технологий математики, информатики и физики и др.

В. 1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Проблема разработки интеллектуальных технологий многогранна. Важную роль в решении этой проблемы играет ее философский аспект, ориентирующий разработчиков технологий на применение исторического опыта. Очевидно, что интеллектуальные технологии должны формировать интеллект личности. Под интеллектом личности будем понимать способность к мышлению, рациональному познанию, созданию научной продукции и другим видам интеллектуальной деятельности.

Естественное развитие указанной тематики должно базироваться на определении понятия «технология» в соединении с качественными интеллектуальными свойствами личности. Имеется достаточно много различных определений термина «технология». В инженерной среде наиболее распространено «технократическое» определение технологии как совокупности правил, приемов, методов, способов решения задачи или проблемы. Такой вариант определения носит технократический оттенок, однако порождает ряд вариантных определений интеллектуальных технологий на основе различных типов фундамента.

К настоящему времени имеется целый ряд альтернативных общих определений технологий, которые приводятся ниже. В философском аспекте под *технологией* понимается форма движения материи – прогрессирующей и управляемой человеком природно-социальной совокупности процессов целенаправленного изменения различных форм вещества, энергии, информации.

Как сформулировал американский экономист и публицист Д. Гелбрейт – *технология* – это систематизированное применение научного (организованного) знания для решения практических задач. Современные российские ученые дают разные определения технологии.

«*Технология по С.С. Гусеву*» – это некоторый способ человеческого отношения к окружающей действительности, порожденный практической ориентированностью познания.

«*Технология по В.П. Каширину*» определяется как прогрессирующая и управляемая человеком природно-социальная совокупность процессов целенаправленного изменения различных форм вещества, энергии и информации, протекающая в различных системах в соответствии с их специфическими законами строения и функционирования.

«*Технология по А.И. Ракитову*» охватывает:

- инструментальную систему;
- совокупность операционных процедур;
- систему деятельности, детерминированную инструментальной системой и влияющую на нее;
- систему управления соответствующей деятельностью;
- совокупность последствий (социальных и экономических);
- информационную среду, в которой эта деятельность осуществляется.

«*Технология* в рамках представлений современного

ученого» представляется как склонность и в уникальном событии искать повторяющиеся черты», а потому «стандарт технологии» становится сегодня фактором, порождающим новое знание. Важно отметить, что современная наука заинтересована в создании системы правил человеческой деятельности по производству таких результатов, которые сами по себе, в рамках действия стихийных природных процессов, появиться не могут. Из сказанного выше следует, что сферы действия категории «технология» весьма разнообразны. Это – наука, производство, социальная сфера, искусство и другие сфера человеческой деятельности.

Философское содержание понятия технология включает профессиональные и ситуационные технологии. Профессиональные технологии аналогичны биологическим организмам, когда имеется центральная нервная система. Во втором случае такой системы нет. В различных ситуациях человек использовал «мозаичную» технологию. Такие технологии называются ситуационными. Отсюда следует, что в первом случае можно говорить об устойчивых технологиях. Устойчивыми являются навыки (например, у египтян), где технологии оставались неизменными. Профессионализация и профессиональный навык обычно сопровождаются большими трудностями при переходе к универсализму, к научному способу жизни, по нормам которого сейчас живет треть населения Земли.

Важное значение в процессе создания технологий имеет *понятие идеи* – залога направленного формообразования (по М.К. Петрову). В ней изначально запрограммировано то, что появится как результат процесса трансформаций в конце. В процессе становления идеи выявится концепция развития – как преемственного самодвижения. Развитие связано со становлением ритуала, что ведет к самосознанию. На первых порах бытия человек

широко использовал ритуальные правила. Любой повтор формировал элементы навыка и сам навык уводит в область подсознательного. Становление самосознания – важная задача в развитии и научном качестве. В противном случае английский философ Б. Рассел так определяет ситуацию: «Наука и техника движутся сейчас вперед, словно танковая армада, потерявшая своих водителей, движутся слепо и безрассудно».

По ходу научно-технической революции все чаще возникает проблема выбора рационального в научном подходе. В процессе разработки проблем научного творчества и технологии важна рациональная схема рассуждений в форме «если – то». Имеет место кумуляция разномыслия (создание неповторимых результатов, образов), использующая также и преемственность. Важно создание технологий как организационных схем для бесконечного повторения близнецов – продуктов.

Важной функцией науки может видеться порождение возможных технологий. Все технологии – продукты науки. Для них характерна повторяемость результатов. Любой исследователь может повторить эксперимент и прийти к тем же (известным) результатам. Для себя наука видит в этом залог истинности научного знания.

Широко используется формирование образов в гуманитарных областях знаний. Рассмотрим элементы интеллектуальных технологий, которые построены на системно-аналитической концепции. Для этого обратимся к примерам из области «теории текстов». При этом под *теорией текстов* будем понимать совокупность категорий и методов формирования заданных текстов на основе комбинаторного рассмотрения исходных вариантов и правил отбора. Задачу будем рассматривать в следующей постановке.

Постановка задачи. Пусть задана некоторая тема. Требуется

построить вариантное описание (раскрытие) темы с помощью текста определенной структуры как совокупности абзацев, объединяемых на основе целеполагания.

При решении задачи будем исходить из того, что «текст» – это совокупность предложений, объединенных в абзацы, в силу этого выстраивается иерархия, иллюстрируемая на рис. В.1.

Иерархичная структура текста как совокупности абзацев может соответствовать схеме, приведенной на рис. В.1, иметь

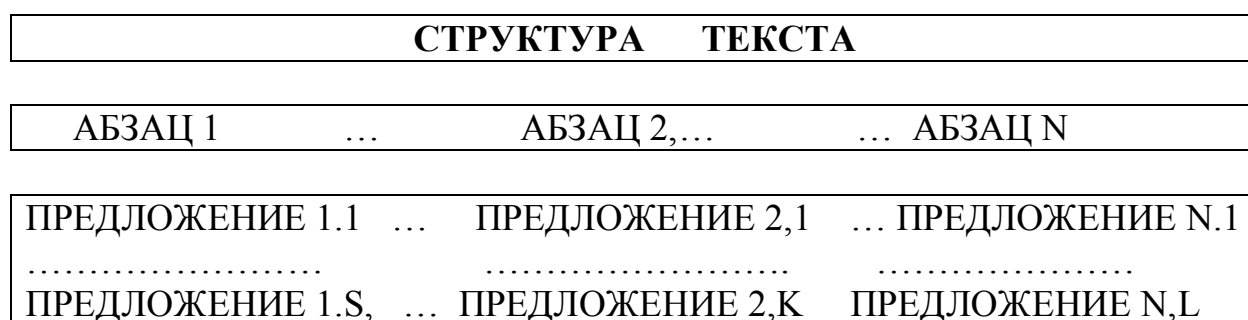


Рис. В.1. Типовые элементы в структурах текстов

направленные связи между отдельными предложениями, включающими элементы: подлежащие (как категориальные понятия), сказуемые (как операциональные категории), определения (качественные характеристики) и дополнения (определяет дополнительные свойства категорий). Выделенные в структуре предложений отдельные элементы иллюстрируются семействами наборов для каждого предложения:

«подлежащее» – «сказуемое» – «прилагательное» – «дополнение»

При создании управляемой структуры связей между членами предложений должна быть определена заданная целевая тема в выбранной автором направленности. Поскольку данная структура не является единственной, то возникает задача синтеза текста на основе *комбинаторного синтеза* текстов, который можно

выполнить на основе *комбинаторного анализа*. Возможно также формирования текста по «сетевой» структуре, когда каждый объект может быть связан с каждым, включая также организацию неполной сетевой структуры с учетом структуры отдельных предложений. Рассмотрим структуру текста на уровне предложений. В русском языке концепция «категории и действия» реализуется при рассмотрении подлежащего как категории, а сказуемого как действия. Перейдем к решению задачи, используя исходную структуру текста, представленную, схемой, приведенной на рис. В.2. Из исходной совокупности предложений формируется «текст» как система (целое, состоящее из частей), где частями

Предложение 1	Подлежащее	Сказуемое	Прилагательное
Предложение 2	Подлежащее	Сказуемое	Прилагательное
Предложение N	Подлежащее	Сказуемое	Прилагательное ...

Рис. В.2. Матрица для формирования вариантов текстов на основе сетевого, иерархического или других типов связывания

являются отдельные предложения. Задача синтеза текста состоит в формировании необходимых связей, которые на последней схеме можно показать стрелками, соединяющими элементы предложений в классе сетевой, иерархической или других типов структур связей между абзацами, предложениями и частями предложений.

Между отдельными частями предложений могут существовать связи, образующие «сетевую» структуру, иерархическую структуру и другие типы структур. Сетевая структура

формируется в зависимости от целей, что реализует каноническую модель синтеза текста по заданному критерию выбора. Решение задачи синтеза может включать отдельные элементы – «цель», «модель», «анализ», «синтез». Иерархические структуры организуются в соответствии с иерархией целей.

В общем случае структура текста и различные варианты связей между предложениями и их элементами определяют алгоритм построения текста как точного предписания (практически алгоритмического предписания), позволяющего преобразовать исходные категории в конечный результат. Данная процедура иллюстрируется схематически на рис. В.3. Отметим типовые свойства алгоритмов – определенность, однозначность, массовость и другие, которые характерны для интеллектуальных технологий. Указанная схема в ряде случаев может применяться в творческой деятельности. В частности, при формировании произведений в поэзии, которые «с определенной степенью приближения» можно рассматривать как рифмованные предложения, гармонично

ИСХОДНЫЕ ДААННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕКСТА	АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКСТА	РЕЗУЛЬТАТ – НОВЫЙ ТЕКСТ
---	---	------------------------------------

Рис. В.3. Общая схема формирования текстов

связанные по смыслу и реализующие заданную цель, эмоционально окрашивающую реальную ситуацию до уровня возвышенного восприятия ее индивидуумами.

В.2. ТЕОРИЯ ЗНАНИЙ И СОДЕРЖАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

К настоящему времени в России существует большое количество научных школ, обладающих устойчивыми образовательными и научными технологиями. Перспективное направление работ связано с интеллектуально-информационными технологиями, основой которых является аспект интеллектуализации деятельности (обучения и др.) и эффективные механизмы передачи технологий. Для качественного анализа соотношения между интеллектуализацией и информационным воздействием полезно рассмотреть определения.

Под интеллектом, как отмечалось, можно понимать способность к мышлению и рациональному познанию. Определим *интеллектуальный потенциал* личности как уровень его интеллекта. В процессе обучения на первых этапах в основном формируется *информационный потенциал* как набор сведений в рамках совокупности учебных дисциплин или информации. Очевидно, что эти два понятия связаны друг с другом, поскольку информационный потенциал естественным образом формирует интеллектуальный потенциал и наоборот. На этой основе можно констатировать в образовательной и научной сфере наличие *«интеллектуально-информационного дуализма»*.

По сути, существует эффект взаимовлияния этих двух важнейших составляющих, когда части целого – информационные и интеллектуальные потенциалы образования и науки – находятся во взаимодействии, иллюстрируемом на рис. В.4. Необходимо заметить, что две введенные составляющие находятся в постоянном взаимодействии и связанном саморазвитии. Для оценки взаимовлияния имеет смысл рассмотреть модель взаимовлияния, отражающую качественные и количественные характеристики процессов образования и научной деятельности в высшей школе.

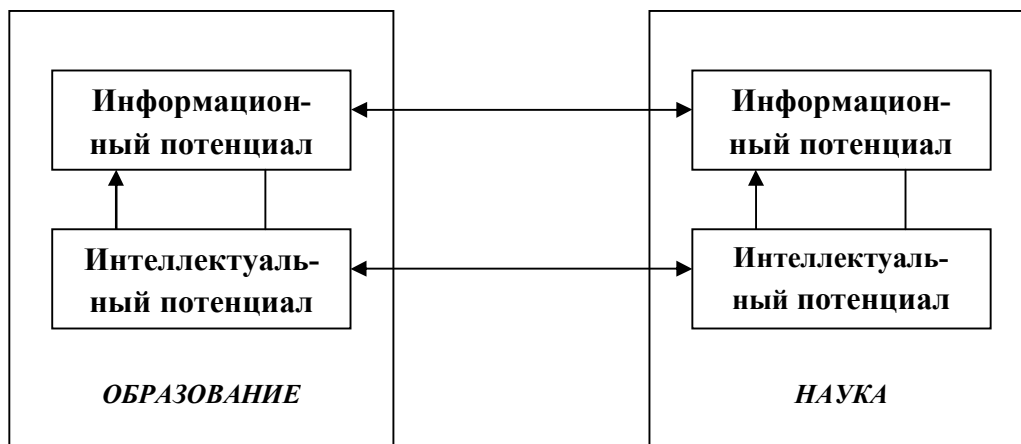


Рис. В.4. Структура интеллектуального и информационного потенциалов

Однако только констатация взаимовлияния не в полной мере способствует формированию эффективных интеллектуальных технологий обучения. При обучении рационально использовать ряд принципов, характерных для научной деятельности. Технология научной деятельности часто не в полной мере доведена до конструктивных методик. Последнее затрудняет четкое определение и идентификацию технологий научного созидания как основы для передачи технологий молодому поколению. Конструктивность методик особенно актуальна при создании эффективного обучения на основе технологий научной работы. При этом под эффективными методиками будем понимать такие, которые способствуют естественному или насильственному (внешнему или внутреннему) обучению личности на этапе образовательного процесса. В этом случае учащийся испытывает интеллектуальный комфорт в процессе получения знаний за счет уверенности в своих интеллектуальных способностях, в возможности вести самостоятельные исследования и в умении прогнозировать развитие научных теорий.

В основу создания высоких интеллектуальных технологий обучения могут быть положены технологии научной области знаний, соответствующей изучаемой дисциплине, поскольку технологии научной деятельности – это, в основном, технологии создания научного продукта. Один из возможных вариантов подхода к созданию высоких интеллектуальных технологий обучения состоит в выделении для каждой дисциплины трех основных составляющих:

- *моделей объектов* предметной области,
- *методов анализа* объектов,
- *методов синтеза* новых объектов, формируемых интеллектуальными технологиями (рис. В.5).



Рис. В.5. Триада «модели – анализ – синтез» как вариант концептуального формирования содержания дисциплин

В каждой из указанных на рис. В.5 составляющих научной области знаний и образовательной дисциплины необходимо выделить **основные категории**:

- базисные понятия или законы как минимальную систему образующих исходных понятий (базисные категории);
- базисные операции (действия) как минимальную систему необходимых действий над понятиями;

– базисные методы как направленную совокупность базисных операций (действий) над исходными и промежуточными математическими объектами (над базисными категориями).

Введенные базисные категории - базисные понятия, базисные действия и базисные методы соответствуют определению «номинаторов» и «операторов» по терминологии математика академика АН СССР С. Н. Бернштейна, работавшего в Ленинградском Политехническом институте.

Математика, физика и информатика являются фундаментом современного образования для широких сфер деятельности человека. Общеизвестны проблемы изучения этих дисциплин. Рассмотрим подход к интеллектуализации проблемы обучения на основе идей, изложенных выше. С этой целью, введем следующие *базисные категории*: базисные понятия, базисные операции (действия) и базисные методы.

Базисные понятия: числа и независимые числовые переменные; числовые функции (операторы, отображений), отображающие числовые множества друг на друга; уравнения, неравенства, включения, сравнения (синтетические конструкции), задающие отношения равенства, неравенства, «включенности», «сравнения» между числовыми переменными (среди которых могут быть неизвестные); абстрактные конструкции современной алгебры, функционального анализа, аксиоматические построения, где наиболее высока понятийная роль базисных категорий.

Базисные операции (действия): алгебраические операции над числами, функциями; функциональные преобразования; операции предельного перехода, которые являются основой для введения важных операций дифференцирования и интегрирования числовых функций; разложение функций по базисным элементам, т. е. в виде линейной комбинации базисных элементов.

Обратимся к примерам базисных операций, используя системное представление результатов, что поможет нам далее

установить структурные закономерности интеллектуализации.

Пример. Рассмотрим системное представление в виде таблицы результатов: $R = a * b$ алгебраических операций $*$ над натуральными числами a и b , где операция $*$ может быть сложением, вычитанием, умножением или делением (соответственно символы: $+$, $-$, \times , $/$). Каждая «большая» клетка таблицы делится на четыре части, содержащие результаты четырех операций над каждой парой чисел, приведенных по вертикали и горизонтали:

$a + b$	$a - b$
$a \times b$	a / b

В результате вместо привычной таблицы умножения можно получить результаты алгебраических операций над вещественными числами, представленные в табл. В.1 (другими словами – простейшую системную матрицу), иллюстрирующую результаты выполнения четырех алгебраических операций над парами чисел.

Таблица В.1

	b	0		1		2		\dots	
a	0	0	0	1	-1			\dots	
		0	∞	0	0				
	1								
	2								
	3					5	1		
						6	$3/2$		
	\dots							$a + b$	$a - b$
								$a \times b$	a / b

Заменив в матрице (табл. В.1) числа другими понятиями, можно получить дополнительные обобщения.

Пример системного представления результатов операций над более сложными математическими объектами. Будем использовать базисные операции (действия) и базисные модели, которые определены системной матрицей – табл. В.2.

Таблица В.2

	Базисная модель	Алгебраическое уравнение или система	Дифференциальное уравнение или система	Интегральное уравнение или система	
	1	2	3	4	5
1	Функциональное преобразование				...
2	Предельный переход				...
3	Дифференцирование				...
4	Интегрирование				...

Элементы таблицы R_{ij} , где i – номер строки, j – номер столбца, содержат результаты применения операции с номером i к модели с номером j . Другими словами, элементы таблицы содержат результаты действия базисных математических операции над базисными математическими моделями. Результаты R_{ij} – это некоторые утверждения, справедливость которых требуется доказать. Важно выявить общую структуру базы знаний, включающую минимальный набор моделей, операций над ними и результатов, которые являются базисными математическими моделями.

Базисные математические методы могут быть сформулированы на основе введенных базисных математических операций над объектами. В результате разработка математического метода может сводиться к выбору направленной последовательности операций, доставляющих определенный результат.

При иллюстрации математического метода как последовательности применения базисных действий к базисным моделям обратимся к данным табл. В.2. Тогда математический метод схематически может быть представлен последовательностью базисных действий. Как правило, отдельные действия определены

поставленной задачей. Например, решение дифференциального уравнения может строиться на основе:

– представления решения в виде ряда Тейлора как линейной комбинацией базисных полиномиальных функций;

- вычисления коэффициентов ряда Тейлора в силу решаемого дифференциального уравнения;

- «аппроксимации» объектов, определяющих основу современных методов решения.

Технология математического творчества требует надстройки над информационной базой знаний, представленной схемой «модели–анализ–синтез» (см. рис. В.5). Отметим такие важные характеристики творчества как статический и динамический «интеллектуальный» гомеостаз – понятия, отражающие два типа устойчивости в творческом развитии личности. Статический гомеостаз формируется, если человек в значительной степени действует по стереотипам. В этом состоянии он испытывает интеллектуальный комфорт, что ведет к «статическому равновесию». Интеллектуальный базис личности при этом не расширяется, однако человек, обладающий регулярными интеллектуальными технологиями, испытывает определенную гармонию. «Динамический гомеостаз» формируется при наличии у человека культуры *рефлексии*, т. е. культуры самопознания, самосовершенствования, самообучения, самокритичности. В этом состоянии человек постоянно совершенствуется и осуществляет ротацию деятельности.

В этой ситуации постоянно изменяется технология творчества личности. Не претендуя на полноту, можно указать некоторые элементы подхода к математическому творчеству, которые для большей строгости будем раскрывать в виде принципов на рис. В.6. Можно отметить, что в определенной степени эти принципы могут быть распространены на другие области научного знания и образовательной сферы с определенной степенью модификации.

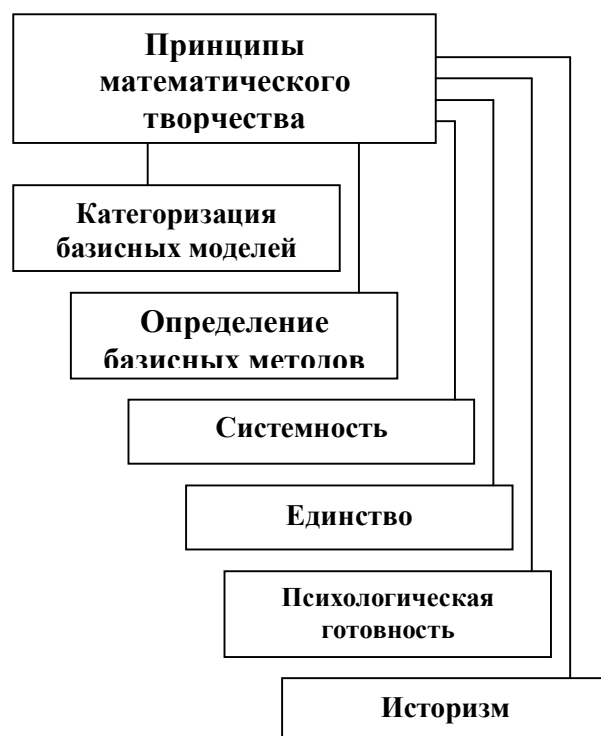


Рис. В.6. Иллюстрация принципов математического творчества

Принцип категоризации предполагает акцентированное выделение и постоянное утверждение в сознании исследователя основных понятий математики, выступающих в качестве моделей явлений, процессов окружающего мира или искусственно создаваемых систем – продуктов деятельности в гуманитарной, инженерной или другой области деятельности. Такими объектами математики и математических дисциплин являются числа, функции, линейные и нелинейные алгебраические уравнения, дифференциальные, разностные или интегральные уравнения и т. д. Постоянный акцент при изучении математики и информатики на класс моделей способствует подготовке исследователя к мысли о многообразных формах описания объектов реального мира, иллюстрирует мощь математического аппарата, его универсальность при качественном анализе процессов и явлений.

Принцип динамизма моделей, базисных действий и базисных методов отражает естественное многообразие развития

моделей, действий и методов. Ориентация исследователя на ограниченный набор действий с моделями не дает в необходимой мере использовать методы математики и информатики, в частности, для решения задач в гуманитарной сфере деятельности человека. Кроме того, отсутствует готовность воспринимать весь необходимый набор операций над моделями. Простейшей иллюстрацией динамичного восприятия моделей является обобщение скалярных

функций на векторный случай введением векторов как агрегатов, элементами которых являются скалярные функции. Агрегированность может пониматься в различных смыслах – агрегирование по размерности, «функциональная агрегированность», связанная с переходом понятий на разнородные объекты различных объектов математики как внешняя характеристика агрегирования, требующая введения новых категориальных системных представлений.

В общем случае решение задач математики выполняется с применением широкого класса операций над объектами. В этой ситуации весьма важна констатация «принципа динамизма», который открывает естественную потребность к выполнению операций над широкими классами математических объектов. Под этим будем понимать акцентированное обучение необходимости и готовности выполнения различных операций алгебры и анализа над математическими объектами (дифференцирование, интегрирование, разложение в ряды и по базисным элементам и др.). При этом характер и последовательность операций над объектами определяются методами решения той или иной задачи на основе расширения классов самих операций. Последнее часто определяет направленность применения операций.

Принцип системной структуризации предполагает введение основных объектов математики и операций, что приводит к целесообразности структуризации знаний об изучаемых

объектах. Структуризация предполагает, например, формирование таблиц объектов, основных операций над ними (дифференцирования, интегрирования, разложения по базисным системам) и определение результатов этих операций в необходимом многообразии. Используя принцип системной структуризации совместно с принципом дуализма, можно получить системное представление в виде матрицы «объекты – действия – результат (образ)». После определения данной системы можно сформулировать методы решения задач математики (например, доказательства теорем) в виде последовательности операций. Такая алгоритмическая процедура исследования и обучения (когда постулируются основные объекты и операции над ними) может быть выражена в виде схем, позволяющих синтезировать некоторые таблицы, представленные в рассмотренных ранее примерах.

Принцип единства позволяет выделить общие закономерности в определении понятий, действий и результатов. По мере накопления знаний, многообразия приемов, методов, теорий расширяют представления исследователя и рождают желание выявить закономерности, общие для различных методов.

Направленная реализация такого желания естественно приводит к выделению некоторой общности (единства) в изучаемых методах и теориях. Выявление единых подходов позволяет использовать способность личности к восприятию материала на основе выработанной *психологической готовности*. Для такой ситуации целесообразно выделение единых элементов и подходов. Примером целесообразности выделения единых подходов может служить структурированное изложение исчисления конечных и разделенных разностей в вычислительной математике на основе методологического единства (обычно не отмечаемого) этого исчисления с дифференциальным исчислением. Кроме того, при сравнении способов задания функции (на дискретных множествах и вещественной прямой) становится понятной важность

ограничительных утверждений теорем. Структура классического дифференциального исчисления определяет направленность разработки и изучения исчисления функции, заданных на дискретных множествах, а установление связей делает наглядным и естественным все многообразие теорем, возможность «дистраивания» теорий при решении прикладных задач, а также направленность поиска разработанных теорий для применения в приложениях.

Применим принципы единства и системности в элементарной математике, рассмотрев пример единообразного введения тригонометрических функций как функций кривых второго порядка. С этой целью целесообразно ввести синус как отношение координаты на плоскости, принадлежащей соответствующей кривой второго порядка (окружности, эллипсу, гиперболу), и длины соответствующего вектора. Тогда единым способом, т. е. системно вводятся три определения: классического (кругового) синуса, гиперболического и эллиптического синусов.

Перечисленные принципы не являются исчерпывающими. Однако, если при их пользовании, появляется возможность реализовать известное высказывание Ж. Д. Даламбера о том, что *«каждое открытие прекрасно само по себе, но еще более прекрасен метод, которым оно получено»*. Предлагаемые подходы могут позволить отойти от внешне гладкой схемы обучения, когда в процессе изложения материала рисуется «красивая экстремаль знания», и трудно очертить стороны сложного и противоречивого процесса получения нового результата.

В заключение отметим, что математика и информатика связаны с другими науками – физикой, химией и др. Современная физика характеризует общую картину мира на уровне схемы «явления (процессы) – модели». Модели чаще всего являются математическими или информационными. В это время в технике физические явления используются как средства преобразования предметов окружающего мира, причем преобразование является

направленным и определяет технологию. Явления и процессы, сопровождающие эти преобразования, воспроизводятся искусственно. В это время в физике в основном изучаются явления и процессы, развивающиеся в природе естественно.

Таким образом, создание и развитие новых образцов техники и технологии, направленных на искусственное воспроизведение процессов, которые изучаются в физике, химии и других науках. В этих условиях актуальна разработка *естественных интеллектуальных технологий*, обеспечивающих образование и научные исследования по созданию методов математики, информатики и естественных наук, играющих важную роль на этапе разработки новых технологий в целом.

В.3. ПРИНЦИПЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕОРИИ ЗНАНИЙ

Как было отмечено выше, интеллектуальные технологии используются как технологии создания новых объектов научного знания в различных областях, в частности, объектов инженерного труда. При этом интеллектуальные технологии, как правило, представляют собой продукты деятельности естественного интеллекта человека.

1. Принципы интеллектуальных технологий. Искусственно создаваемые интеллектуальные технологии являются результатом деятельности человека, сформированы на основе специальных подходов и по иерархии структурируются в концепции, методы, алгоритмы. В последние годы наряду с регулярными исследованиями в области естественного интеллекта развивается новое направление исследований – искусственный интеллект. Это направление включает классические направления, включающие модели, операционную систему и методы анализа и синтеза.

Как отмечено ранее, технология (в широком смысле связан с машиностроением) – способ преобразования исходного продукта

в конечный результат, в котором, как правило, выделены основные этапы преобразования (операции). Существующие научные школы философского уровня, изучающие проблему создания интеллектуальных технологий (Д. Гелбрейт, К. Н. Петров и др.), позволяют сформировать соответствующие технологии на базе философского фундамента как наиболее общей основы решения этой проблемы.

При формировании естественного интеллекта личности на базе системных подходов можно исходить из ряда следующих принципов:

– «п р и н ц и п ц е л о с т н о с т и », который предполагает рассмотрение проблемы в совокупности, представленной в определенном смысле полным набором интеллектуализующих компонент, иллюстрируемых на рис. В.7;

– «п р и н ц и п и д е н т и ф и ц и р у е м о с т и » интеллектуальных технологий, которые были использованы при создании существующих теорий научного знания;

– «п р и н ц и п а л г о р и т м и ч н о с т и », в соответствии с которым технология представляется в виде совокупности операций (этапов или шагов), удовлетворяющих классическим

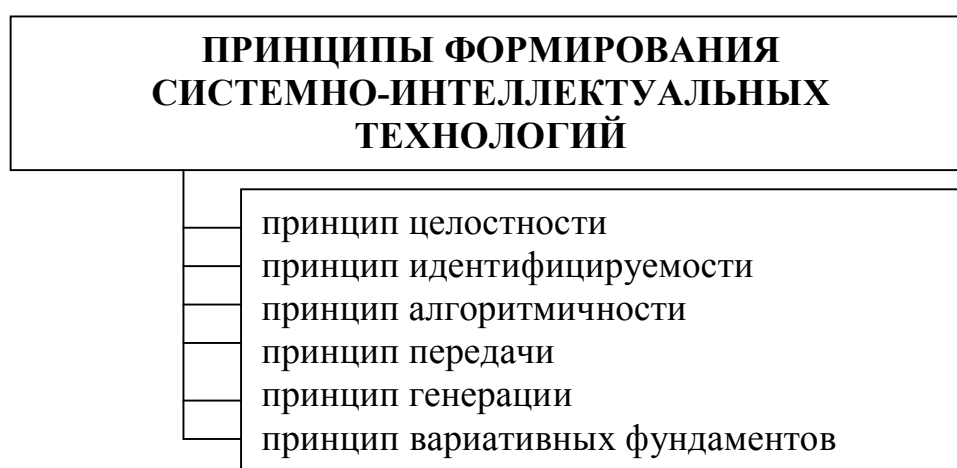


Рис. В.7. К формированию системно-интеллектуальных технологий требованиям к алгоритмам общего типа;

– «п р и н ц и п п е р е д а ч и» идентифицированных интеллектуальных технологий обучающимся, что собственно и является наиболее эффективным процессом обучения.

– «п р и н ц и п г е н е р а ц и и» новых интеллектуальных технологий для создания новых предметов научного труда. По сути, речь может идти о передаче идентифицированного базиса технологий, который может быть положен в основу создания новых технологий путем необходимого расширения базиса.

– «п р и н ц и п в а р и а т и в н ы х ф у н д а м е н т о в», который обеспечивает многоплановую реализацию интеллектуальных технологий, что позволяет сформировать на базе различных типов фундамента и осветить проблемы идентификации технологий с различных позиций науки.

2. Принципы теории знаний для создания содержания образования и интеллектуальных технологий. Анализ работ в области интеллектуальных технологий приводит к выводу о создании технологий на различных фундаментах, определенных в теории знаний. В теории знаний можно выделить иерархию следующих фундаментах интеллектуальных технологий:

– *гуманитарный фундамент* как общий тип фундамента;
– *фундаменты областей научных знаний* – математический, естественнонаучный (физический, химический, биологический и др.), а также связанные с ними фундаменты образовательных областей. Необходимо учесть, что *фактологический фундамент* используется как вариант описательной системы представления знаний, что важно при изучении проблемы.

Иерархия фундаментах технологий создает полноту рассмотрения проблем создания интеллектуальных технологий. Анализ знаний в области техники и технологии показывает, что при рассмотрении проблемы целесообразно выделить уровневые составляющие иерархического фундамента:

– *гуманитарный и социально-экономический фундаменты*

(категории, законы и т. д.), изучающие общие закономерности в различных сферах деятельности, как фундамент верхнего уровня;

– *математический и естественнонаучный фундаменты;*

– *фундамент общих профессиональных областей знаний и соответствующих дисциплин;*

– *специальные типы фундаментов.*

Под *иерархическим фундаментом* понимается определенный тип структуры и связей между отдельными типами фундамента, где определены все уровни взаимодействия фундаментов различного уровня. Системная характеристика типов фундаментов может определять неожиданные возможности реализации в области теории научных знаний и учебных дисциплин.

Учебная дисциплина – это «*п р о е к ц и я*» научной области знания на учебную дисциплину соответствующего профиля. Системные характеристики вариантов учебных дисциплин на основе теории научных знаний дается системной матрицей в табл. В.3.

Таблица В.3

Характеристики вариантов интегрированных фундаментов дисциплин

Области знаний Типы фундаментов	<i>Математика</i>	<i>Гуманитарные науки</i>	<i>Физика</i>
<i>Математический фундамент</i>	Классическая математика	Математические гуманитарные науки	Математическая физика
<i>Гуманитарный фундамент</i>	Гуманитарно-математические науки	Классические гуманитарные науки	Гуманитарно-физические науки
<i>Фактологический фундамент</i>	Фактологическая математика	Фактологические гуманитарные науки	Фактологическая физика
...
<i>Физический фундамент</i>	Физическая математика		Классическая Физика

Системный подход позволяет определить все поле вариантов построения учебной дисциплины и соответствующей научной области знания. Многообразие технологий интеллектуального труда ставят задачу о формировании личностных технологий учащегося, преподавателя, исследователя.

Весьма значимы *методы идентификации* технологий интеллектуального труда. Ниже будут рассматриваться методы идентификации технологий изучения нескольких дисциплин. К ним относятся – математика, информатика, теория управления и другие. При этом необходимо определить концептуальные принципы, конкретизирующие категории, в классе которых будут идентифицированы технологии.

Основным принципом формирования моделей знаний в теории знаний является формирование *трех категорий* научных областей знаний и учебных дисциплин:

– «б а з и с н ы е п о н я т и я», к числу которых относятся базисные понятия, базисные определения, базисные явления и другие базисные составляющие;

– «б а з и с н ы е о п е р а ц и и (д е й с т в и я)» областей знания и дисциплин, представляющие элементарные (первичные) действия над категориями, задающие новые математические конструкции;

– «б а з и с н ы е м е т о д ы», формируемые на основе целевого применения базисных категорий и базисных методов.

Поскольку интеллектуальные технологии были определены выше как совокупности операций, то возникает проблема идентификации технологий как набора операций. В основу идентификации будут положены категории и действия, к которым также можно применять определенные действия. Для этого необходима

системная характеристика категорий и действий. Например, в высшей математике категориями являются основные понятия, а операциями – дифференцирование, интегрирование и т. д.

Важным концептуальным моментом в формировании интеллектуальных технологий является создание систематики над фактами. Первые системные обобщения в области научного знания принадлежат великому русскому химику Д. И. Менделееву, которому удалось создать «синтезирующую систему знаний» систематику, реализованную в структуре «периодической системы Д. И. Менделеева». При создании интеллектуальных технологий весьма важно выделение, категорий, операций и результатов в их целесообразной совокупности.

Приведенные общие положения будут конкретизированы при рассмотрении интеллектуальных технологий для математики, информатики и общих профессиональных дисциплин для образовательной области – техники и технологии.

1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕОРИЯ ЗНАНИЙ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ РОССИИ

1.1. СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

С 2000 года в системе высшего профессионального образования (ВПО) Российской Федерации реализуется второе поколение ГОС ВПО, а с 2010 г. началось внедрение федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), которые определили *компетентностную основу* формирования кадров нового поколения.

В 2007 г. были приняты Федеральные законы «Об уровневой системе» и «Федеральном государственном стандарте образования». Эти Федеральные законы определили подход к формированию важных технологических элементов синтеза объектов на основе теории знаний и требований к содержанию и результатам деятельности специалистов.

На основе принципов целевого задания, математического и естественнонаучного моделирования сформулирован комплекс математических, физических, химических, экологических и других задач, иллюстрирующих сущность компетентностного подхода для создания интеллектуального потенциала кадров с высшим профессиональным образованием.

Гармоничность фундаментализации и профессиональной ориентации содержания образования должна обеспечивать способность выпускников в области *синтез новых объектов для теоретических и прикладных областей знаний* в профильных областях, а также успешность деятельности кадров с ВПО в новых социально-экономических условиях. Это потребовало разработки компетентностных подходов к содержанию образования для

формирования общей компетентности на основе совокупности компетенций.

Таким образом, *компетентность* – интегральная совокупность компетенций, а *компетенции* – это знания, умения, навыки в определенной профессиональной области и социально-личностные качества, обеспечивающие успешность деятельности выпускников в новых социальных условиях, иллюстрируемые на рис. 1.1.

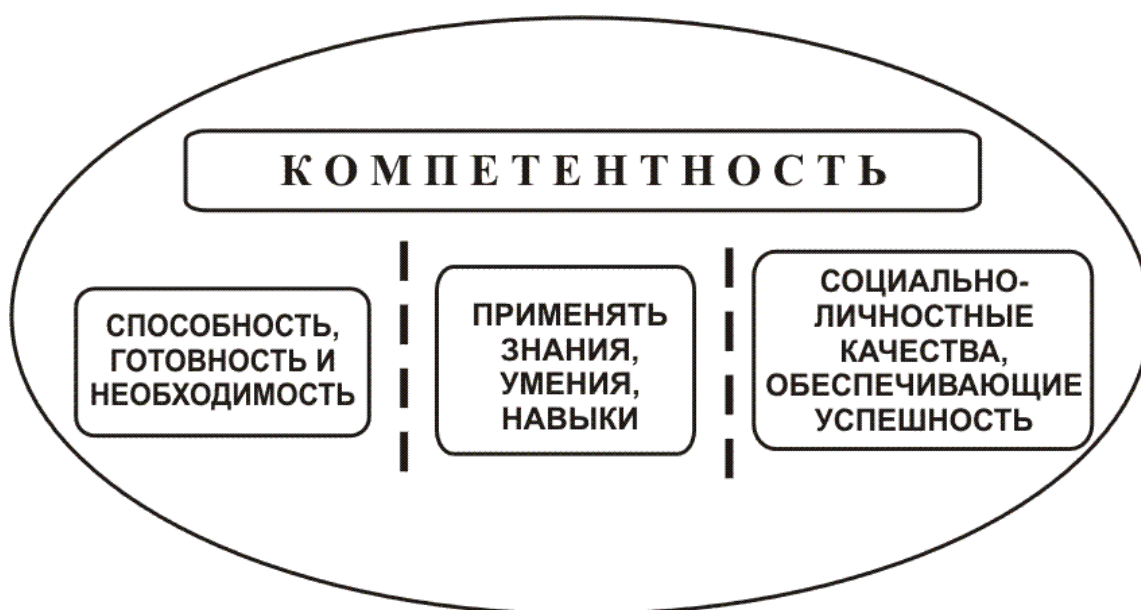


Рис. 1.1. К определению компетентности

Перечисленные принципы составляют основу подготовки инженерных и научных кадров, которая может трансформироваться с учетом направлений подготовки бакалавров и магистров и специалистов.

Ряд определений *компетенций* как дифференциальных характеристик и *компетентностей* как интегральных свойств приведен в табл. 1.1. При этом учтен опыт формирования содержания в ведущих европейских государствах, США, Канады, реализующих англо-саксонскую компетентностную модель высшего профессионального образования.

Таблица 1.1

**Определение компетенций и компетентностей
на основе зарубежных и отечественных исследований**

Определения компетенций и компетентностей	Авторы, источник
<p>Понятие «<i>компетенция</i> (competence)» необходимо для объяснения парадоксальной, весьма распространенной ситуации, в которой высокие оценки по изученным учебным дисциплинам не прогнозировали ни успех выпускников учебных заведений в жизни, ни эффективное выполнение ими профессиональной деятельности.</p>	Дэвид К. Макклелланд
<p>Компетенция – мотивированная способность к выполнению какой-то работы на приемлемом уровне.</p>	J. Raven
<p>Четыре способа определения компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> – компетенции, основанные на параметрах личности; – компетенции, основанные на выполнении задач и деятельности; – компетенции, основанные на выполнении производственной деятельности; – компетенции, основанные на управлении результатами деятельности. 	«Глоссарий терминов рынка труда, разработки образовательных программ и учебных планов» европейского фонда образования
<p>Определение пяти ключевых компетенций, которыми должны обладать молодые европейцы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – политические и социальные компетенции для развития демократических институтов; – компетенции для жизни в поликультурной среде; – мастерство устной и письменной коммуникации; – компетенции доступа к информации; – способность учиться на протяжении всей жизни. 	Совет Европы
<p>Компетенция – понятие, охватывающее способности, готовности, знание, поведение, необходимые для определенной деятельности (профессиональные, методические и социальные компетенции).</p>	С. Адам, Г. Влуменштейн и др.
<p>Компетенция интерпретируется как потенциал ситуативно-адекватной возможности деятельности в весьма широко рассматриваемых полях. Компетенция – это образовательный успех относительно конкретного обучающегося, его способностей и пригодностей к собственно ответственному действию в широком контексте профессиональных, культурных, экономических и социальных отношений.</p>	Стандарты в европейском профессиональном образовании: характеристики компетентностного подхода

Определения компетенций и компетентностей	Авторы, источник
<p>Определяется три типа компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> – профессиональные, – личностные (персональные), – социальные. <p>Профессиональные компетенции означают готовность и способность выпускников на основе знаний и умений целесообразно (в соответствии с требованиями «дела»), методически организовано и самостоятельно решать соответствующие проблемы и задачи, а также оценивать результаты своей деятельности.</p> <p>Личностные (персональные) компетенции представляют собой готовность и способность индивидуума осмысливать, самооценивать и презентировать шансы своего развития, принимая во внимание требования и ограничения со стороны семьи, профессии и общественной жизни; кроме того, эти компетенции включают в себя способность проявлять свои дарования, осмысливать и развивать свои жизненные планы и амбиции. Личностные (персональные) компетенции охватывают такие личностные качества, как самостоятельность, критическое конструктивное мышление, надежность, самоуважение, осознание ответственности и долга. К их числу также принадлежат развитые осознанные ценностные представления и саморефлектирующая ориентация на ценности.</p> <p>Социальные компетенции означают готовность и способность формироваться и жить в социальном взаимодействии, учитывать изменения и потребности в самоадаптации, понимать и соблюдать правила и принципы рациональной дискуссии, ведущей к достижению согласия с другими.</p>	<p>Учебный план (стандарт), принятый в Германии 1 декабря 2000 года</p>
<p>В рамках проекта была предпринята попытка определить набор компетенций общих для всех степеней. Первоначально был составлен список 85 умений и компетенций, выделенных как значимые институтами высшего образования и компаниями.</p> <p>По рабочей классификации были выделены три категории компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> – инструментальные, – межличностные, – системные. <p>Инструментальные компетенции – когнитивные способности, способность понимать и</p>	<p>Проект «настройка образовательных структур» (европейская комиссия, европейская ассоциация университетов, в проекте приняли участие университеты из всех стран-участниц Болонского процесса)</p>

Определения компетенций и компетентностей	Авторы, источник
<p>использовать идеи и соображения; методологические способности, способность понимать и управлять окружающей средой, организовывать время, выстраивать стратегии обучения, принятия решений и разрешения проблем; технологические умения, умения, связанные с использованием техники, компьютерные навыки и способности информационного управления; лингвистические умения, коммуникативные компетенции.</p> <p>Конкретизированный набор компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> – способности к анализу и синтезу; – способность к организации и планированию; – базовые общие знания; – базовые знания по профессии; – коммуникативные навыки в родном языке; – элементарные компьютерные навыки; – навыки управления информацией (способность извлекать и анализировать информацию из различных источников); – способность решать проблемы; – способность принимать решения. 	
<p>Компетенции:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>инструментальные компетенции</i>, включающие когнитивные, методологические способности, технологические и лингвистические умения, связанные со способностью выражать чувства, способностью к критике и самокритике, а также с социальными умениями, такими как умение работать в команде и т. д.; – <i>системные компетенции</i> как умения и способности, касающиеся целых систем. 	Tuning project
<p>Виды компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ключевые (key skills), – активные (core skills), – базовые (base skills). 	Компетентностная модель в образовании Великобритании
<p>Компоненты компетентности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – компетенции, которые выполняет з н а н и е по отношению к человеческой деятельности: <ul style="list-style-type: none"> - <i>знание-описание</i> (описание окружающего мира и внутреннего состояния человека); – <i>знание-объяснение</i> (выход на теоретический уровень); – <i>синтезированное (или системное) знание</i> (синтез знаний, чтобы они стали единым целым); – <i>знание-предсказание</i> (прогноз); 	Компетентностная модель в образовании США, профессор Дж. Стретч

Определения компетенций и компетентностей	Авторы, источник
<ul style="list-style-type: none"> – <i>знание-intervention</i> (активное вмешательство в процесс); – <i>контролирующее знание</i> (управление процессом познания); – у м е н и я: – <i>умения мыслить критически</i>, – <i>кооперативные умения</i>, то есть умения существовать в коллективе и работать в команде, – <i>умения делать</i> осознанный и правильный выбор... 	
<p>Компетенции – это личностные качества, необходимые для выполнения определенных функций, решения определенных задач именно в данной организации.</p>	М. Мелия, генеральный директор компании «ММ-КЛАСС»
<p>Деятельностные (профессиональные) компетенции – это готовность и способность целесообразно действовать в соответствии с требованиями дела; методически организовано и самостоятельно решать задачи и проблемы, а также самооценивать результаты своей деятельности.</p>	В. И. Байденко
<p>Три основные группы компетентностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> – общие, – профессиональные, – академические. 	В. И. Байденко
<p>Трудовая компетенция означает успешность решения набора сходных задач профессиональной деятельности на основе имеющихся знаний, умений, навыков необходимых черт личности.</p> <p>Классификация компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ключевые, независимые от области профессиональной деятельности и присущих, в идеале, всем членам общества; – профессиональные, обеспечивающие основу для выбранной области деятельности; – трудовые, связанные с выполнением работы на конкретном рабочем месте. <p>Для формирования компетенций каждого следующего уровня используются компетенции верхнего уровня. Технологическая компетенция – это владение знаниями, навыками и способностями для решения набора сходных профессиональных задач с использованием конкретной технологии.</p>	С. А. Маруев

Определения компетенций и компетентностей	Авторы, источник
<p>Обобщенная статическая модель компетентности специалиста (актуализация компетенций) представляет собой матрицу, каждой ячейке которой соответствует множество имеющихся компетенций определенного класса. Классы компетенций (строки матрицы): ключевые, профессиональные, трудовые. Классы компетенций (столбцы матрицы): социальные, персональные, технологические. Последнее описание можно рассматривать как системную характеристику компетенций (прим. авторов).</p>	
<p>Компетентность – актуальное, формируемое личностное качество, основывающаяся на знаниях, интеллектуально- и личностно-обусловленная социально-профессиональная характеристика человека.</p>	Н. Хомский, И. А. Зимняя
<p>Компетенция – предметная область, в которой индивид хорошо осведомлен и в которой он проявляет готовность к выполнению деятельности.</p> <p>Компетентность – <i>интегрированная характеристика</i> качеств личности, результат подготовки выпускника вуза для выполнения деятельности в определенных областях (компетенциях).</p> <p>Виды компетенций применительно к педагогической профессии:</p> <ul style="list-style-type: none"> – общекультурные, – методологические, – предметно-ориентированные. 	Ю. В. Фролов, Д. А. Махотин
<p>Компетентность – <i>это интегральное свойство</i> личности, характеризующее его стремление и способность (готовность) реализовать свой потенциал (знания, умения, опыт, личностные качества и др.) для успешной деятельности в определенной области.</p> <p>Три основные группы компетентностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> – компетентность в общенаучной сфере, являющаяся базой соответствующей профессии, – компетентность в широкой (инвариантной к различным специальностям) области профессиональной деятельности; – компетентность в узкой (специальной) области профессиональной деятельности. 	Ю. Г. Татур

Определения компетенций и компетентностей	Авторы, источник
<p>Профессионально – педагогическая компетентность реализуется через пять элементов или видов компетентностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальная и профессиональная компетентность в области преподаваемой дисциплины; – методическая компетентность в области способов формирования знаний, умений у учащихся; – социально-педагогическая компетентность в области процессов общения; – дифференциально-психологическая компетентность в области мотивов, способностей, направлений учащихся; – аутопсихологическая компетентность в области достоинств и недостатков собственной деятельности и личности. 	Н. В. Кузьмина
<p>Элементы структуры профессиональной компетентности учителя:</p> <ul style="list-style-type: none"> – профессиональные психологические и педагогические знания; – профессиональные педагогические умения; – профессиональные психологические позиции, установки учителя, требуемые от него профессией; личностные особенности, обеспечивающие овладение учителем профессиональными знаниями и умениями. 	А. К. Маркова
<p>Три основные группы компетентностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> – социально-личностные; – общепрофессиональные; – специальные. 	В. Д. Шадриков
<p>Компетентность – это знания в действии</p>	А. Г. Асмолов
<p>Компетентность – способность, готовность и необходимость применять знания, умения и навыки для создания новых объектов и технологий в определенной области деятельности</p>	В. Н. Козлов

Таким образом, **компетентность** – комплексная характеристика способности, готовности и необходимости бакалавра, магистра, специалиста применять знания, умения и навыки для создания

новых объектов научной деятельности и технологий в различных областях науки, техники и отраслях национального хозяйства.

Способность определяет потенциальные качества личности к освоению основных, дополнительных образовательных программ или программ послевузовского образования, включая программы послевузовского образования – обучения аспирантов, повышения квалификации и переподготовки.

Готовность личности соответствует владению знаниями, умениями и навыками, сформулированными в процессе обучения в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами. Другими словами, готовность – это реализованная способность личности в освоении знаний, умений, навыков.

Необходимость определяет мотивационные потребности личности в применении знаний, умений и навыков в создании новых объектов и технологий науки и техники.

Таким образом, использование в определении компетентности введенных выше трех составляющих позволило в обобщающей схеме сформулировать требования к компетентностным моделям, использованным в образовательных программах национального исследовательского университета – СПбГУ при разработке инновационных образовательных программ, а также определить подходы к формулировке **критериев инновационности**.

1.2. ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕОРИИ ЗНАНИЙ

Основной тенденцией развития профессионального образования после присоединения России к Болонской декларации с 2003 г. следует назвать переход от концепции, ориентированной на фундаментальные знания, умения и навыки, к компетентностной модели образования, сочетающей достоинства

существовавшей системы и социальную адаптацию личности в современном обществе. Переход от *немецкой системы*, существовавшей в России, СССР и Российской Федерации до 2000 г., к *англосаксонской модели* связан с принятым направлением конструктивного применения знаний, умений и навыков на основе реального применения знаний, умений и навыков практической деятельности.

Практическая деятельность должна обеспечить *успешность деятельности* в современном обществе. Взаимосвязи *областей деятельности и областей знаний* будут иллюстрированы далее. При этом обеспечение *эффективности деятельности в целом и личной успешности* специалистов требует развития новых технологий, которые являются инновационными по сущности и исследовательскими по содержанию.

1. Принципы системных интеллектуальных технологий в национальных исследовательских университетах. Технологии образования и научных исследований для кадрового потенциала России, предлагаемые в данной книге, синтезированы на основе опыта реализации ГОС ВПО второго поколения. Основу технологий составляют их *инновационная и исследовательская направленность*.

Инновационный и исследовательский фундамент технологий состоит в системно-интеллектуальной основе формировании кадрового потенциала ЭКР, обеспечивающего инновационность на всех стадиях создания технологий для энергетического комплекса России на базе научных разработок, проектов, конструкций, внедрения, эксплуатации и реновации. При этом эти технологии формируются на основе технологий создания научного продукта на основе концепций соответствующего технологического уклада. При этом необходимо учитывать приоритетные направления развития науки и техники, утвержденные Президентом Российской Федерации.

Структура технологий определяется системными принципами подготовки кадров, которые формулируются следующим образом. *Общие системные принципы* разработки основных образовательных программ на базе ГОС ВПО и подготовки кадров с ВПО в рамках ГОС ВПО первого и второго поколений имеют следующий вид:

– *принцип целеполагания и ограничений* для синтеза объектов в России, задающий цели образования балансовыми или интервальными экономико-математическими, математическими, физическими, химическими и другими типами моделей;

– *принцип математического, физического, химического и других видов моделирования, анализа и синтеза объектов*, обеспечивающий фундаментальность образования на основе комплекса моделей управления и оптимизации объектов;

– *принцип интеллектуализации кадров*, доведенный до уровня самостоятельной интеллектуализации деятельности кадров в решении новых задач, определенных развитием науки, техники и технологий.

Реализация общих принципов в образовательных программах исследовательских университетов позволили сформировать содержание, которое создать базу для формирования интеллектуального и информационного потенциалов кадров, сущность которого определяется следующим образом.

Интеллектуальный потенциал – это способность кадров к творчеству, т. е. созданию новых продуктов научной деятельности, принципиально новых продуктов труда, технологий производства, принципов проектирования и конструирования, достижений гуманитарной культуры, которые понимаются как продукты интеллектуальной деятельности. Вместе с этим – это не только способность адекватно воспринимать, осознавать, усваивать наилучшие достижения творческой деятельности других людей. С созданием и существованием интеллектуального

потенциала неразрывно связан и информационный потенциал человека.

Информационный потенциал – это совокупность первичных или обобщенных данных личности, сформированных в изучаемой области знаний и в целом в обществе, науке, позволяющий владеть и оперировать исходными категориями науки, необходимыми для формирования интеллектуального потенциала.

В этом смысле два понятия находятся в соотношении дуализма – двойственности как выделение двух сторон интеллектуализации: образования и научной деятельности, которые создают связанный комплекс в форме интеллектуально-информационного потенциала.

Интеллектуально-информационный потенциал – это взаимодействующее сочетание интеллектуального и информационного компонентов, способных к взаимному обогащению и непрерывно обобщаемому движению (рис. 1.2).

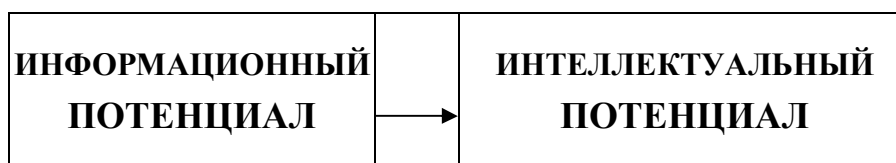


Рис. 1.2. К понятию интеллектуального и информационного потенциалов кадров

Интеллектуально-информационный дуализм образования и науки порождает необходимость «технологизации» творчества, основанного на некотором эффективном базисе знаний, умений, навыков, которые в случае нестандартных задач могут и должны быть расширены до уровня, необходимого для получения новых результатов в области науки или инженерной деятельности. Интеллектуальные технологии как технологии творчества должны ориентироваться на адекватную человеческой личности форму

создания образовательного потенциала человека. Это позволяет естественным образом воспринимать знания, использовать их при создании объектов предметной области специалиста.

Под *высокими интеллектуальными технологиями* (ВИТ) будем понимать совокупность организационных мероприятий, методов, системных средств, технологических установок, направленных на формирование новых знаний (за рамками известных технологий, когда уже имеется системная ориентация личности в рамках известных технологий). ВИТ предназначены для естественного формирования основных методов научной деятельности с целью получения нового интеллектуального продукта.

Весьма значимыми для интеграции образования и науки являются соответствующие эталоны и стандарты естественнонаучных и технических областей знания. В первом случае стандарты и эталоны знаний создаются преимущественно в классических университетах, а во втором – в технических университетах, соединяющих идею классического университетского образования с техникой.

При управлении инновационной деятельностью необходимо определить «*критерии инновационности*», которые должны быть определены с целью задания отличий инновационной деятельности от классической исследовательской деятельности. Инновационную деятельность можно определять как деятельность, позволяющую создать *объекты инноваций* в сферах науки, техники или технологий, которые отличаются *инновационными качествами* от известных объектов по законам, явлениям, принципам или методам функционирования, позволяющим формировать объекты с принципиально новыми или существенно лучшими качественными свойствами. Таким образом, к «*критериям инновационности*» можно отнести совокупность новых законов, явлений, принципов или методов, использованных для создания новых объектов с качественно или количественно новыми свойствами.

К объектам инновационной деятельности можно отнести исследования в области наноматериалов и нанотехнологий, когда очевидными являются новые физические уровни рассмотрения явлений и свойств материалов в различных областях техники и технологии. К этому классу относятся исследования по созданию квантовых вычислителей.

Отдельные компоненты системы управления взаимодействуют между собой и участвуют в том или ином виде в процессе взаимодействия на объекты управления (управляемые подсистемы) для достижения главной, основных и других целей системы. Как следует из этого определения, целесообразно вводить различные типы структур инновационной деятельности – иерархические, матричные (сетевые) и другие типы.

При управлении инновационной деятельностью можно использовать распространенное понятие *«дерева целей»*, которое представляет собой структурированную и построенную по иерархическому принципу (ранжирование по уровням) совокупность целей системы, программы, плана, в которых выделены: главная цель (*«вершина дерева»*), подчиненные ей подцели первого, второго и других уровней (*«ветви дерева»*). Нетрудно видеть, что данное определение включает наряду с целями и средства их достижения.

Целесообразно иметь в виду, что в ряде случаев анализа и исследования систем управления инновационной деятельностью возможно использование обобщенного понятия *«дерева целей и средств»*, когда на каждом иерархическом или сетевом уровнях выделены уровневые цели и уровневые средства. Это позволяет рассматривать характеристики систем в рамках некоторых *«парных характеристик»*, *«триадных характеристик»*, а также в виде *«n-арных характеристик»*.

В исчерпывающей совокупности эти элементы можно представить в виде *«триадной»* характеристики – *«дерева целей,*

дерева средств и дерева результатов», которые в исчерпывающей совокупности описывают ситуации при анализе и исследовании инновационных систем. Далее эти качественные характеристики будут иллюстрированы конкретными примерами.

2. Определения и методология исследования систем управления инновационной деятельностью. Для анализа систем управления инновационной деятельностью весьма важно иметь общие определения и выделить этапы стратегического управления инновационной деятельностью – определение миссии как заявления о предназначении, цели, анализ, выбор стратегии и тактики управления, реализация стратегии и тактики управления, корректировка стратегии и тактики управления. Необходимо определить структуры управления инновационной деятельностью: функционально-иерархического, линейно-иерархического, сетевого, матричного и других типов.

Решение задач анализа и исследования систем управления инновационной деятельностью требует введения целого ряда определений, которые с учетом их общности позволят сформулировать общие методы анализа независимо от содержательных назначений инновационных процессов. При этом будут использованы абстрактные модели, аксиоматические предположения, которые требуются для построения моделей при сохранении математической, физической и других аналогий. Необходимо также ввести основные понятия, которые используются далее при изучении методов системного анализа и синтеза инновационных процессов.

Идеализация – мысленный процесс создания идеальных объектов посредством изменения свойств реальных предметов.

Индукция (от лат. *inductio* – побуждение, наведение) – умозаключение, основанное на логическом рассуждении и здравом смысле от единичных, частных положений, явлений и фактов к общим выводам и обобщениям.

Интуиция (от лат. *intuitio* – пристальное всматривание, созерцание) – способность непосредственного постижения истины без логического обоснования и доказательства.

Исследование – научный труд, вид научной деятельности; научное изучение и процесс познания; процесс изучения какого-либо объекта и получения на этой основе новых знаний о нем.

3. Системный анализ и синтез как основа инновационных исследовательских технологий. Основой методов анализа и исследования систем управления является *принцип идеализации* как мыслительный процесс создания идеальных объектов посредством изменения свойств реальных предметов. Идеализированные свойства систем управления формализуются в виде комплекса *системно-аналитических технологий*, включающих философские, математические, физические, химические и другие технологии, адекватные модели и методы системного анализа и принятия решений.

Важными элементами исследования являются подходы, основанные на декомпозиции и агрегировании. *Декомпозиция* – аналитический или численный метод исследования на основе разделения сложного целого (систем, подсистем и т. п.) на более простые составные части, используя для этого определенные критерии.

В системном анализе широко используется «*триадные модели*» (триады), включающие задание целей, средств и результатов. «*Дерево целей*» – структурированная и построенная по иерархическому принципу ранжированная по уровням совокупность целей системы, программы, плана, в которой выделены: главная цель («вершина дерева»), подчиненные ей подцели первого, второго и т. д. уровней («ветви дерева»). Аналогично можно ввести обобщенные понятия средств достижения целей. Тогда «*дерево средств*» можно определить как иерархическую совокупность средств, согласованно распределенных по уровням

иерархической или другой структуры системы управления инновационной деятельностью. При этом можно задать оператор или совокупность операторов, позволяющих обеспечить достижение необходимых целей. В итоге можно сформулировать «*дерево результатов*».

Системно-аналитические технологии можно сформулировать как основные методологические приемы, которые целесообразно использовать при решении задач системного анализа. Применение методов системного анализа при принятии решений в условиях неопределенности требует разработки методов и формулировки алгоритмов (схем) обработки вариантных экспертных оценок в соответствии с различными критериями.

«*Системный анализ*» предполагает разделение проблемы на подпроблемы с последующим анализом и синтезом решений. Общая характеристика принципов системного анализа дается в виде схемы. Рассмотрим основные качественные характеристики принципов.

1). «Структурный принцип». Данный принцип предусматривает рассмотренные задачи с позиций полного сохранения качественных характеристик всей системы в целом. При этом необходимо обеспечивать полноту анализа проблемы, чтобы не потерять качественные или количественные свойства при разделении или объединении частей целого.

Декомпозиция проблемы и агрегирование подпроблем является одним из важнейших принципов:

- *декомпозиция* предполагает анализ и получение оценки проблемы на основе изучения свойств ее частей;
- *агрегирование* – метод исследования на основе объединения подзадач в единую задачу.

Примером декомпозиции может служить разделение сложной динамической системы на подсистемы и анализ ее по частям. Пример агрегирования – объединение совокупности координат в

агрегаты (сборки) координат, что позволяет упростить анализ. Пример агрегирования в динамических системах – квадратичные функции Ляпунова, линейные формы и другие типы агрегатов. Каждый подход порождает эффективные процедуры анализа, а применительно к динамическим системам обуславливает создание метода векторных функций Ляпунова.

2). «Взаимосвязанность и согласованность подпроблем» необходима для учета всех свойств целого, разделенного на части. Обычно свойства частей определяются соответствующими характеристиками или параметрами, свойства связей определяют условия для достижения целей или выполнения ограничений. Взаимные связи могут породить соответствующие принципы учета при управлении:

- *принцип согласования взаимодействий;*
- *принцип развязывания взаимодействий;*
- *принцип прогнозирования взаимодействий.*

3). «Принцип целеполаганий и ограничений». *Целеполагание* относительно проблемы и подпроблем является важным принципом, обуславливающим необходимость задания цели при выполнении системного анализа проблемы. Заданные цели, а также множества целей в случае рассмотрения подпроблем позволяют осознать существование решения проблем, *ограничения* и направленность в принятии решения. Методика формулировки целей неразрывно связана с заданием ограничений. *Цели и ограничения* – главные категории *принципа целеполагания*, используемые для формулировки задач.

Разрешимость проблемы и подпроблем – важный принцип системного анализа, который предполагает необходимость рассмотрению вопроса о существовании решения до начала решения проблемы. Весьма важно решить проблему *существования решения* в случае использования принципов и методов системного анализа. Естественно, что в случае декомпозиции и

агрегирования проблема анализа разрешимости принимает специфические формы, для которых должны использоваться соответствующие методы. В качестве примера можно указать метод декомпозиции Данцига-Вульфа, а также многие другие варианты методов декомпозиции.

4). «Принцип допустимости, рациональности и оптимальности». Этот принцип позволяет анализировать проблемы, исходя из достижения все более сложных целей и задач. Однако при этом на первом этапе важно сформулировать условия допустимости для того или иного разделения проблемы на подпроблемы.

Достижение оптимальности не всегда является возможным на практике, и в такой ситуации следует иметь в виду, что конструктивным часто бывает обеспечение рациональности, или, другими словами, приемлемости решений. *Рациональное (приемлемое) решение*, обладающее свойствами грубости (сохранения свойств при изменении условий), бывает предпочтительное оптимальному решению, которое может не являться грубым.

5). «Принцип ориентации на качественный результат». Этот принцип позволяет определить качественные свойства проблемы или подпроблемы и направить процессы анализа или синтеза в требуемое направление. Характерно, что понимание *значимости качественного результата* на практике встречается не всегда. Это связано с высокими требованиями к специалистам, которые могут получить качественные результаты, позволяющие сделать надежные выводы без многочисленных экспериментов. Вместе с тем получение качественных результатов невозможно без использования соответствующих методов. Важное место здесь занимает ассоциирование формальных методов содержательных задач.

6). «Интегрированный триадный принцип – «целеполагание–средство–результат». Данный принцип требует

рассмотрения проблемы в обобщенном варианте, когда анализируется соответствия между главными составляющими схемами принятия решений. Характерно, что в эффективном варианте имеет место согласование целей, средств и результата. В противном случае могут иметь место следующие ситуации:

- соответствие целей и средств достижения целей;
- несоответствие целей и средств достижения целей;
- соответствие целей и результатов;
- несоответствие целей и результатов;
- соответствие средств и результатов;
- несоответствие средств и результатов.

Рассмотренная группа ситуаций является относительно полной в выбранной *«триадной конструкции»* – *«цели – средства – результаты»*. В *«n-арной конструкции»* принятия решений совокупность ситуаций существенно возрастает, что приводит к усложнению процесса принятия решений. В этом случае, как и в *«триадной»* схеме, возможно применение матричных характеристик схемы принятия решений. Анализ согласованности между отдельными элементами схемы принятия решений является основным инструментом корректности процедуры принятия решений в целом. В этой связи необходимо дополнить следующим принципом.

7). «Принцип идентификация согласованности «целей – средств – результатов». Идентификация необходима для обеспечения корректности схемы принятия решений. В противном случае могут рассматриваться несогласованные элементы, когда цели не соответствуют средствам, либо средства не согласованы с целями. В ряде случаев возможны следующие ситуации:

- *соответствие целей средствам*, которые требуется идентифицировать;

– *соответствие средств необъявленным целям*, которые необходимо идентифицировать для обеспечения корректности схемы принятия решений с учетом идентифицированных целей;

– *ситуации несогласованности*, которые поддаются идентификации или формированию вариантов целей и средств.

Последние рассуждения поясняют смысл предлагаемого принципа идентификации, применение которого позволяет раскрыть необъявленные, но реальные цели, средства, предлагаемые при принятии решений.

Рассмотренные принципы будут использованы при изложении методов системного анализа, причем последние будут играть двойную роль:

– с одной стороны, они могут выступать как методы непосредственного анализа;

– с другой стороны, служить инструментом при получении исходных системных оценок для различных вариантов решений.

Однако общая процедура обработки оценок может основываться на изложенные принципы, составляющие определенную «философию» процедур принятия решений.

Инновационный анализ организационных структур является важной составляющей современного исследования. В настоящее время наука рассматривает развивающиеся системы, все процессы в которой взаимосвязаны. Этому представлению соответствует новая тенденция в процессе познания – целостное, или системное, мышление, которая развивается, в частности и в менеджменте, в виде концепции системного управления. Проблемы управления в настоящее время нельзя решить на основе жестких дисциплинарных подходов, так как они носят системный характер и требуют применения адекватной парадигмы.

Суть системного подхода для анализа и исследования систем управления инновационной деятельностью состоит в последовательном учете того, что активные системы –

интегрированные целостности, свойства которых не идентичны свойствам составляющих систем. Более того, системные свойства разрушаются, если система разделяется на составляющие элементы. Отдельные составляющие активных систем взаимозависимы и взаимодействуют между собой. В результате этого взаимодействия и взаимозависимости частей формируют специфику целостности системы. Следовательно, современный системный подход требует познания отдельных элементов на основе анализа динамики системы в целом. Фокус изучения переносится с элементарных блоков на фундаментальные принципы организации, иными словами, происходит смещение интереса к изучению целого, но при сохранении интереса к изучению частей. Современная концепция системного управления предполагает использования ряд положений, базирующихся на общих свойствах активных систем:

8). «Принцип стабильности и изменчивости». Свойство активных систем – высокая стабильность, которая достигается не жесткими, а гибкими нелинейными обратными связями. В социальных системах вариативность (как способность к изменениям) – основополагающие свойства, которые, согласно принципу социального дарвинизма, обеспечивают гибкость и адаптивность, необходимые для приспособляемости к условиям внешней среды.

Способы взаимодействия, методы работы и установившиеся связи формирует уникальный стиль организации, ее индивидуальность. Стремление поддерживать устойчивые взаимоотношения с постоянно меняющейся внешней средой невозможно без адекватных изменений во внутренней структуре организации. Из этого рассуждения следует: чтобы сохранить свою индивидуальность, необходимо адаптироваться в соответствии с целями личности.

Таким образом, можно сказать, что активные системы обретают стабильность в процессе постоянных изменений, поскольку

сохраняют себя как целое путем адаптации к окружающей среде через изменение составляющих элементов и взаимодействий.

9). «Стратегический принцип разрешения конфликтов». Социальным системам и организациям присущи принципиально не разрешимые в пользу одной из сторон конфликты, например:

- *«стабильность – перемены»*,
- *«свобода – порядок»*,
- *«традиции – инновации»*,
- *«планирование – невмешательство»*.

Концепция системного управления подразумевает решение этих конфликтов не жесткими мерами, а путем установления динамического баланса между конфликтующими частями системы. При возникновении конфликта системный подход требует от специалиста изучения позиций сторон и поиска решений, обеспечивающих баланс интересов. К оценке и выбору решений следует привлекать группы экспертов, имеющих различные точки зрения.

Таким образом, методы системного управления проявляются в изменении базовых установок и мировоззрения системного специалиста. Специалист нового типа вносит вклад в долгосрочное процветание организации, используя различные факторы, включая интуицию, использование потенциала сотрудников, расширение их способностей и самообучения, гибкость организации для достижения целей.

1.3. СИСТЕМНО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СОДЕРЖАНИЕ ВПО НА БАЗЕ ГОС-2000

Важнейшим инструментом в работе современного специалиста является методология системного анализа, без которого немислимы значимые, современные решения проблем развития и выживания организации. Можно выделить три основных момента применения методов системного анализа:

– постановка задач и полные или частичные математические формулировки;

– неполная формализация требует систематического применения неформальных знаний и методов;

– «системный анализ – это прикладная диалектика», позволяющая в определенной мере учесть динамику проблемы.

Каждая организация, рассматриваемая как открытая система, характеризуется набором переменных, разделяемых на внутренние и внешние. На системной модели организации видно, что внутренними переменными являются цели, задачи, структура, люди и технологии. Все переменные взаимосвязаны. Внешние переменные подразделяются на прямые и косвенные, образуя внешние среды воздействия.

1. Принципы системно-интеллектуальных инновационных технологий подготовки кадров. Подготовка кадров для России возможна на основе освоения совокупности научных областей знаний и соответствующих дисциплин, являющихся частями теории знаний на основе системного анализа и синтеза, теории и практики управления. К ним относятся:

- детерминированный математический анализ и синтез;
- вероятностно-статистический анализ и синтез;
- численный анализ и синтез и синтез;
- физический анализ и синтез;
- химический и нанохимический анализ и синтез;
- экологический анализ и синтез;
- теоретико-механический анализ и синтез;
- электротехнический анализ и синтез;
- энергетический анализ и синтез;
- теоретико-управленческий анализ и синтез;
- вычислительно-аппаратный анализ и синтез;
- функционально-аналитический анализ и синтез;
- теория и программно-технологический анализ и синтез;

– теория, анализ и синтез информационных процессов и систем;

– системно-отраслевой анализ и синтез, обеспечивающий применение системных знаний, умений и навыков в сфере приложений, что предполагает компетентностная концепция создания федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования.

Перечисленные компоненты содержания образования в области системного анализа и управления определяют их адаптационные возможности. Компонентом адаптационных возможностей организации является эффективность инновационной деятельности, т. е. инновационный потенциал менеджмента. К университету как научному и образовательно-методическому центру подготовки кадров предъявляются повышенные требования.

Области профессиональной деятельности подвержены процессам диффузии, что приводит к необходимости расширения числа областей научных знаний, которые должны осваивать учащиеся. Учет региональных особенностей и условий организации учебного процесса привел к отказу от жесткого закрепления содержания образования, характерного для ГОС-1994 и ГОС-2000. Изменяются назначение и роль образовательных стандартов. ФГОС ВПО фиксирует федеральные требования к содержанию образования выпускников вузов. Содержание формируется на основе областей профессиональных знаний и видов профессиональной деятельности, заданных системной матрицей – табл. 1.2.

При этом вузы должны обеспечивать реализацию требований ФГОС ВПО, включающие кадровые, материальные и информационные ресурсы образовательных учреждений для учебной и воспитательной деятельности.

Таблица 1.2

Области деятельности и области знаний выпускников с ВПО

ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ	ОБЛАСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ							
	Энергетика	Электротехника	Электроника	Теплотехника	Машиностроение	Металлургия	Строительство	Управление
Научно-исследовательская	/							
Опытно-конструкторская		/						
Проектно-конструкторская			/					
Технологическая				/				
Производственная					/			
Эксплуатационная						/		
Экспериментальная							/	
Другие виды деятельности								/

Структура содержания ряда дисциплин ВПО дана в табл. 1.3. В этой таблице использованы определения приведенных выше компетенций и моделей теории знаний при формировании содержания. При этом использованы структуры, основанные на знаниях, умениях и навыках. Формирование знаний как составляющих компетенций выполняется на основе теории знаний. Умения и навыки могут формироваться на основе контроля сформированности операционных возможностей обучающихся. Контроль сформированности умений и навыков выполняется классическими средствами, например, с помощью специальных заданий дифференцированного или интегрированного типов, содержание которых определяется необходимостью оценивания сформированности составляющих компетенций, иллюстрируемых в табл. 1.2.

Таблица 1.3

**СОДЕРЖАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И
ИННОВАЦИОННЫХ ДИСЦИПЛИН
БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ (на базе опыта реализации ГОС ВПО 2000 г.)**

Результаты и структура деятельности кадров	Г С Э Д	СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) БАКАЛАВРОВ				СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) МАГИСТРОВ			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
<p>БАЗОВЫЕ ЗНАНИЯ:</p> <p>1.1. Знания, умения и навыки (ЗУН) в области теории знаний:</p> <ul style="list-style-type: none"> - понятия, - операции, - методы 		<p>Б.1.1.1.1: ЗУН на базе историко-логических моделей математики</p>	<p>Б.1.1.2.1: ЗУН на базе историко-логических моделей физики</p>	<p>Б.1.1.1.3: ЗУН на базе историко-логических моделей химии</p>	<p>Б.1.1.1.4: ЗУН на базе в области технологических укладов и нововведений</p>	<p>М.1.1.1.1: ЗУН на базе категориально-логических моделей математики</p>	<p>М.1.1.1.2: ЗУН на базе категориально-логических моделей физики</p>	<p>М.1.1.1.3: ЗУН на базе категориально-логических моделей химии</p>	<p>М.1.1.1.4: ЗУН в области технологии формирования менеджмента</p>

Результаты и структура деятельности кадров	Г С Э Д	СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) БАКАЛАВРОВ				СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) МАГИСТРОВ			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
1.2. Готовность применять знания, умения и навыки (ГПЗУН)		Б.1.1.2.1: ГПЗУН в сфере решения учебных задач математики	Б.1.1.2.2: ГПЗУН в сфере решения учебных задач физики	Б.1.1.3.2: ГПЗУН в сфере решения учебных задач химии	Б.1.1.2.4: ГПЗУН для анализа поколений техники и технологии	М.1.1.2.1: ГПЗУН в сфере решения новых задач математики	М.1.1.2.2: ГПЗУН в сфере решения новых задач физики	М.1.1.2.3: ГПЗУН в сфере решения новых задач химии	М.1.1.2.4: ГПЗУН в постановке и решении задач нововведений
АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЙ: 2.1. Профессиональные базовые технологии (ПБТ)		Б.2.2.1.1: ПБТ анализа и синтеза учебных	Б.2.2.1.2: ПБТ анализа и синтеза учебных	Б.2.2.1.3: ПБТ анализа и синтеза учебных	Б.2.2.1.4: ПБТ анализа и синтеза учебных	М.2.2.1.1: ПБТ анализа межотрас-	М.2.2.1.2: ПБТ анализа межотраслевых	М.2.2.1.3: ПБТ анализа межотрас-	М.2.2.1.4: ПБТ анализа инновационных

Результаты и структура деятельности кадров	Г С Э Д	СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) БАКАЛАВРОВ				СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) МАГИСТРОВ			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
2.2. Межотраслевые технологии (МОТ)		моделей отрасли Б.2.2.2.1: МОТ для понимания основ межотраслевых учебных моделей математики	моделей отрасли Б.2.2.2.2: МОТ для понимания основ межотраслевых учебных моделей физики	моделей отрасли Б.2.2.2.3: МОТ для понимания основ межотраслевых учебных моделей химии	моделей отрасли Б.2.2.2.4: МОТ для анализа учебных критических технологий отраслей	левых моделей М.2.1.1.2: МОТ для анализа реальных межотраслевых моделей математики	моделей физики М.2.1.2.2: МОТ для анализа реальных межотраслевых моделей физики	левых моделей химии М.2.1.3.2: МОТ для анализа реальных межотраслевых моделей химии для ЭКР	моделей М.2.2.2.4: МОТ для анализа реальных критических технологий отраслей ЭКР

Результаты и структура деятельности кадров	Г С Э Д	СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) БАКАЛАВРОВ				СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) МАГИСТРОВ			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
ПРИМЕНЕНИЕ НАУЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: 3.1. Интегрированные технологии (ИТ) 3.2. Технологии по оценке качества моделей (ТОКМ)		Б.3.3.1.1: ИТ по синтезу учебных моделей математики	Б.3.3.1.2: ИТ по синтезу учебных моделей физики	Б.3.3.1.3: ИТ по синтезу учебных моделей химии	Б.3.3.1.4: ИТ по синтезу учебных моделей инноватики	М.3.3.1.1: ИТ по синтезу интегрированных моделей математики	М.3.3.1.2: ИТ по синтезу интегрированных моделей физики	М.3.3.1.3: ИТ по синтезу интегрированных моделей химии	М.3.3.1.4: ИТ по творческим решениям инновационных задач
		Б.3.3.2.1: ТОКМ моделей математики и технологий	Б.3.3.2.2: ТОКМ моделей физики и технологий	Б.3.3.2.1: ТОКМ моделей химии и технологий	Б.3.3.2.4: ТОКМ менеджмента и оценки моделей	М.3.3.2.1: ТОКМ анализа оценок математики и	М.3.3.2.2: ТОКМ анализа оценок физики и критерии-	М.3.3.2.3: ТОКМ анализа оценок химии и оценок и	М.3.3.2.4: ТОКМ критериям инновационности

Результаты и структура деятельности кадров	Г С Э Д	СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) БАКАЛАВРОВ				СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) МАГИСТРОВ			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
					и технологий	критериев инновационности	ев инновационности	критериев инновационности	учебных проектов
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: 4.1. Технологии по управлению проектами и менеджменту инноваций (ТУПМ)		Б.4.4.1.1: ТУПМ анализа моделей и методов математики	Б.4.4.1.2: ТУПМ анализа моделей и методов физики	Б.4.4.1.3: ТУПМ анализа моделей и методов химии	Б.4.4.1.4: ТУПМ разработки новинок и управлению	М.4.4.1.1: ТУПМ синтеза технологий моделей математики	М.4.4.1.2: ТУПМ синтеза технологий моделей физики	М.4.4.1.3: ТУПМ синтезу технологий химических моделей	М.4.4.1.4: ТУПМ инновационного проектирования

Результаты и структура деятельности кадров	Г С Э Д	СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) БАКАЛАВРОВ				СОДЕРЖАНИЕ И УРОВНИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ (ЗУН) МАГИСТРОВ			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
4.2. Методы генерации знаний и технологий (МГЗТ)		Б.4.4.2.1: МГЗТ адаптации и разработки учебных моделей математики	Б.4.4.2.2: МГЗТ адаптации и разработки учебных моделей физики	Б.4.4.2.3: МГЗТ адаптации и разработки учебных моделей химии	Б.4.4.2.3: МГЗТ генерации знаний и технологий творчества	М.4.4.2.1: МГЗТ разработки реальных моделей математики	М.4.4.2.2: МГЗТ разработки реальных моделей физики	М.4.4.2.3: МГЗТ разработки моделей химии	М.4.4.2.4: МГЗТ генерации знаний, технологий и технического творчества

1.4. СИСТЕМНО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ФГОС ВПО

Как отмечено выше, в 2007-2009 годах приняты федеральные законы об уровневой системе ВПО и ФГОС ВПО, которые реализуются на основе компетентностных моделей. Компетентностные модели для ФГОС ВПО являются обобщениями классических знаний, умений, навыков, владений с новым компонентом – социально-личностными качествами. При формировании компетенций можно использовать опыт реализации ГОС-2000 для обеспечения успешности деятельности выпускников при создании новых научных знаний, новой техники и технологий.

Определение компетентностной концепции уровневой системы ВПО – «знания, умения, навыки и социально-личностные качества – в действии» реализовано в основных образовательных профессиональных программах бакалавров и магистров.

1. Структура компетенций ФГОС ВПО и их взаимосвязь ГОС второго поколения. Преемственность знаний, умений и навыков в ГОС-2000 и компетенций ФГОС уровневой системы как «знаний, умений, навыков и социально-личностных качеств – в действии», иллюстрируется на рис. 1.4, где приведен пример реализации компетенций для бакалавров и магистров на примере ряда фундаментальных дисциплин.

Информация по развитию образовательных программ в системе: «компетенции – дисциплины» (табл. 1.4) позволяет определить иерархическое построение общенаучных компетенций как составляющих компетентности кадров с ВПО.

Таблица 1.4

**ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ,
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И ИННОВАЦИОННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ
БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ (НА БАЗЕ ОПЫТА ГОС ВПО 2007 г.)**

Результаты деятельности и структура компетенций	Г С Э Д	КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ БАКАЛАВРА				КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ МАГИСТРА			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
<p>БАЗОВЫЕ ЗНАНИЯ:</p> <p>1.1. Компетенции в области теории знаний, (умений и навыков):</p> <p>- понятия и модели,</p>		<p>Б.1.1.1.1: КТЗ на базе историко-логических моделей</p>	<p>Б.1.1.2.1: КТЗ на базе историко-логических моделей</p>	<p>Б.1.1.1.3: КТЗ на базе историко-логических моделей</p>	<p>Б.1.1.1.4: КТЗ на базе в области технологических укладов и</p>	<p>М.1.1.1.1: КТЗ на базе категориально-логических</p>	<p>М.1.1.1.2: КТЗ на базе категориально-логических</p>	<p>М.1.1.1.3: КТЗ на базе категориально-логических</p>	<p>М.1.1.1.4: КТЗ в области технологи формирования</p>

Результаты деятельности и структура компетенций	Г С Э Д	КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ БАКАЛАВРА				КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ МАГИСТРА			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
- операции и методы (КТЗ)		знаний математики	физики	химии	нововведений	моделей математики	моделей физики	моделей химии	технологий
1.2. Компетентность как готовность и необходимость применять знания, умения и навыки (КПЗУН)		Б.1.1.2.1: КПТЗ в сфере решения учебных задач математики	Б.1.1.2.2: КПТЗ в сфере решения учебных задач физики	Б.1.1.3.2: КПТЗ в сфере решения учебных задач химии	Б.1.1.2.4: КПТЗ для анализа поколений техники	М.1.1.2.1: КПТЗ в сфере решения новых задач математики	М.1.1.2.2: КПТЗ в сфере решения новых задач физики	М.1.1.2.3: КПТЗ в сфере решения новых задач химии	М.1.1.2.4: КПТЗ в постановке и решении задач нововведений

Результаты деятельности и структура компетенций	Г С Э Д	КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ БАКАЛАВРА				КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ МАГИСТРА			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЙ: 2.1. Профессиональные базовые компетенции (ПБК)		Б.2.2.1.1: ПБК по анализу и синтезу учебных математических отраслевых задач	Б.2.2.1.2: ПБК по анализу и синтезу учебных физических отраслевых задач	Б.2.2.1.3: ПБК по анализу и синтезу учебных химических отраслевых задач	Б.2.2.1.4: ПБК по анализу и синтезу учебных инновационных отраслевых задач	М.2.2.1.1: ПБК для анализа межотраслевых тематических задач	М.2.2.1.2: ПБК для анализа межотраслевых физических задач	М.2.2.1.3: ПБК для анализа межотраслевых химических задач	М.2.2.1.4: ПБК для анализа инновационных межотраслевых задач
		Б.2.2.2.1: МК для понимания основ межотра-	Б.2.2.2.2: МК для понимания основ межотра-	Б.2.2.2.3: МК для понимания основ межотра-	Б.2.2.2.4: МК для анализа учебных критичес-	М.2.1.1.2: МК для анализа реальных межотра-	М.2.1.2.2: МК для анализа реальных межотра-	М.2.1.3.2: МК для анализа реальных межотра-	М.2.2.2.4: МК для анализа реальных критичес-

Результаты деятельности и структура компетенций	Г С Э Д	КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ БАКАЛАВРА				КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ МАГИСТРА			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
		слева учебных моделей математики	слева учебных моделей физики	слева учебных моделей химии	ких технологий отраслей	слева моделей математики	слева моделей физики	слева моделей химии	ких технологий отраслей
ПРИМЕНЕНИЕ НАУЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: 3.1. Интегрированные компетенции и технологии (ИКТ)		Б.3.3.1.1: ИКТ по синтезу учебных моделей математики	Б.3.3.1.2: ИКТ по синтезу учебных моделей физики	Б.3.3.1.3: ИКТ по синтезу учебных моделей химии	Б.3.3.1.4: ИКТ по синтезу учебных моделей инноватики	М.3.3.1.1: ИКТ по синтезу интегрированных моделей математики	М.3.3.1.2: ИКТ по синтезу интегрированных моделей физики	М.3.3.1.3: ИКТ по синтезу интегрированных моделей химии	М.3.3.1.4: ИКТ по творческим решениям инновационных задач

Результаты деятельности и структура компетенций	Г С Э Д	КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ БАКАЛАВРА				КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ МАГИСТРА			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
3.2. Компетенции по оценке качества технологий (КОТ)		Б.3.3.2.1: КОТ моделей математики и технологий	Б.3.3.2.2: КОТ моделей физики и технологий	Б.3.3.2.1: КОТ моделей химии и технологий	Б.3.3.2.4: КОТ по междисциплинарной оценке моделей и технологий	М.3.3.2.1: КОТ по анализу оценок математики и критериев инновативности	М.3.3.2.2: КОТ по анализу оценок физики и критериев инновационности	М.3.3.2.3: КОТ по анализу оценок химии и критериев инновационности	М.3.3.2.4: КОТ по критериям инновационности учебных проектов
4. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: 4.1. Компе-		Б.4.4.1.1: КУПМ по анализу техно-	Б.4.4.1.2: КУПМ по анализу техно-	Б.4.4.1.3: КУПМ по анализу техно-	Б.4.4.1.4: КУПМ по разработке и	М.4.4.1.1: КУПМ по синтезу техно-	М.4.4.1.2: КУПМ по синтезу техно-	М.4.4.1.3: КУПМ по синтезу техно-	М.4.4.1.4: КУПМ по инновацион-

Результаты деятельности и структура компетенций	Г С Э Д	КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ БАКАЛАВРА				КОМПЕТЕНЦИИ И ФУНДАМЕНТЫ ЗНАНИЙ МАГИСТРА			
		Математика	Физика	Химия	Инноватика	Математика	Физика	Химия	Инноватика
<p>тенции по управлению проектами и менеджменту (КУПМ)</p> <p>4.2. Компетенции по генерации знаний и технологий (КГЗТ)</p>		<p>логий математики</p> <p>Б.4.4.2.1: КГЗТ по адаптации и разработке учебных моделей математики</p>	<p>логий физики</p> <p>Б.4.4.2.2: КГЗТ по адаптации и разработке учебных моделей физики</p>	<p>логий химии</p> <p>Б.4.4.2.3: КГЗТ по адаптации и разработке учебных моделей химии</p>	<p>управлению инновациями</p> <p>Б.4.4.2.3: КГЗТ по генерации знаний и технологий творчества</p>	<p>логий математических моделей</p> <p>М.4.4.2.1: КГЗТ по разработке реальных моделей математики</p>	<p>логий физических моделей</p> <p>М.4.4.2.2: КГЗТ по разработке реальных моделей физики</p>	<p>логий химических моделей</p> <p>М.4.4.2.3: КГЗТ по разработке реальных моделей химии</p>	<p>ному проектированию</p> <p>М.4.4.2.4: КГЗТ по генерации знаний, технологий творчества</p>

Использование данных последней таблицы позволяет обобщенно сформировать общенаучные компетенции на основе преимущественности с классической моделью «знания – умения – навыки», которая предшествовала компетентностной модели. Однако многие элементы компетентностной модели использовались в *квалификационных характеристиках*, разработанных в 1988 г.

Приведенные системные матрицы компетенций позволяют сформулировать необходимую совокупность компетенций, представленных в виде их пересечения по категориям, определенным в вертикальной части таблиц, с компетенциями, формируемыми соответствующими дисциплинами общенаучного (фундаментального) цикла ФГОС. Такой подход позволяет обеспечить системное формирование компетенций.

2. Иерархия компетенций. Рассмотренные компетентностные модели подготовки для бакалавров, магистров и специалистов можно классифицировать в виде *иерархической структуры*. Определение иерархии компетентностной образовательной системы может быть дано на основе структуры федерального ГОС (ФГОС), представленной на рис. 1.3.

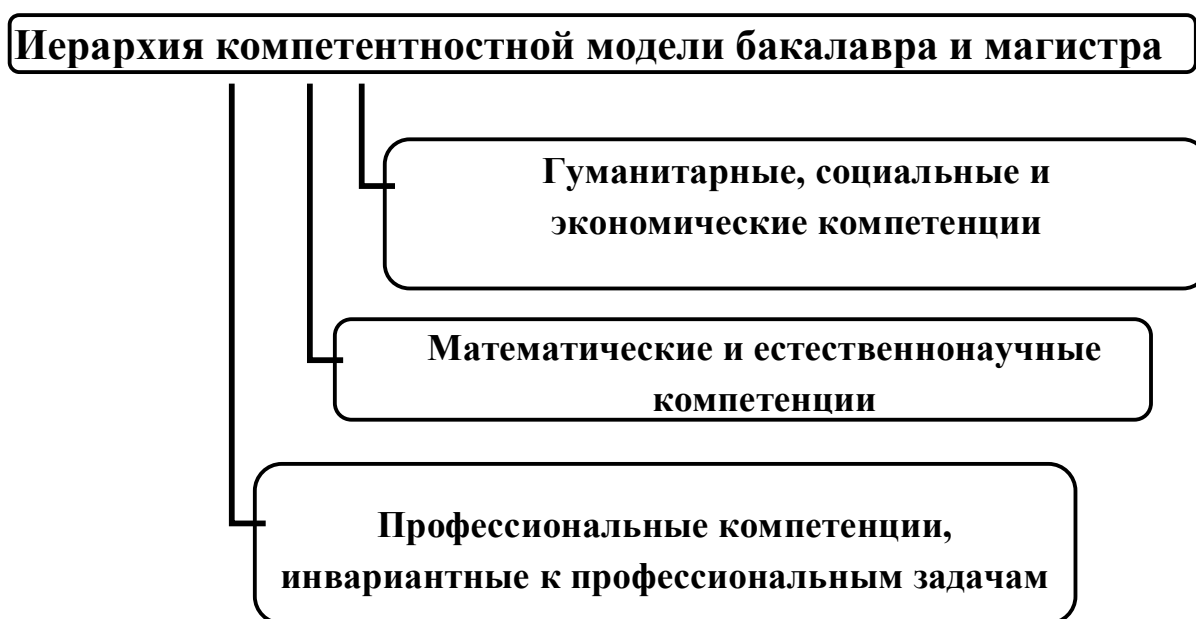


Рис. 1.3. К иерархии компетенций

Необходимо добавить к сказанному выше, что анализ содержания квалификационных характеристик специалистов, разработанных в 1988 году, позволяет сделать вывод о том, что компетентностные требования в соответствующей редакции были сформулированы в указанном документе, предшествующем созданию первого поколения ГОС ВПО (1991–1993 гг.) [4].

3. Дифференциальные и иерархические компетенции и компетентности. Подготовка бакалавра и магистра должна отличаться глубиной освоения материала, связанного с перечисленными компетенциями. Для количественного описания необходимо использовать *«дифференциальные, интегральные и иерархически упорядоченные характеристики компетентностей»*. Эти характеристики неоднозначны, однако могут быть основаны на применении [1, 2]:

– компетентностей в части *базисных категорий* дисциплин ФГОС;

– компетентностей в части *базисных действий* дисциплин ФГОС;

– компетентностей в части *базисных методов* как направленной совокупности базисных действий в дисциплинах ФГОС.

Компетентностные базисные категории бакалавров и магистров могут быть основой формирования количественной характеристики компетентности.

Исходные данные для реализации ФГОС ВПО (табл. 1.4):

– *совокупность компетенций бакалавра, магистра, специалиста;*

– *определение обобщенных видов деятельности;*

– *перечень обобщенных задач, образующих в комплексе «знаниевый» потенциал бакалавров и магистров для выполнения заданных видов деятельности;*

– *содержание образования.*

Компетентностная модель выпускника для сферы техники и технологии включает в себя следующие группы компетенций:

- гуманитарные, экономические и социальные компетенции;
- математические и естественнонаучные компетенции;
- профессиональные компетенции, которые являются инвариантными к профессиональной специализации.

Для бакалавра характерны следующие ***обобщенные виды деятельности***: производственно-технологическая, организационно-управленческая, сервисно-эксплуатационная, монтажно-наладочная, расчетно-проектная, экспериментально-исследовательская, практическая, инновационная.

Магистр обладает компетенциями и подготовлен ко всем видам и решению обобщенных задач профессиональной деятельности, к которым готов бакалавр. Освоение образовательных программ магистерской подготовки.

2. ТЕОРИЯ ЗНАНИЙ И БАЗИСНЫЕ КОМПЕТЕНТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ

2.1. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ ЗНАНИЙ

Общая структура методов теории знаний была определена выше. Принципы теории знаний основаны на дифференциации образовательных программ и содержания дисциплин (модулей) на основе понятий:

- «*исторической логики (ИЛ)*»;
- «*категориальной логики (КтЛ)*»;
- «*системной логики*» (СЛ);
- «*концептуальной логики (КнЛ)*»

и других логик. Эти методы как направленные совокупности операций, определяют соответствующие методы теории знаний (умений, навыков), иллюстрируемые на рис. 2.1.

Рассматривая основные методы теории знаний, необходимо определить системные варианты применения методов для формирования вариантов содержания образования, соответствующие различным образовательным системам. Варианты содержания даны системной

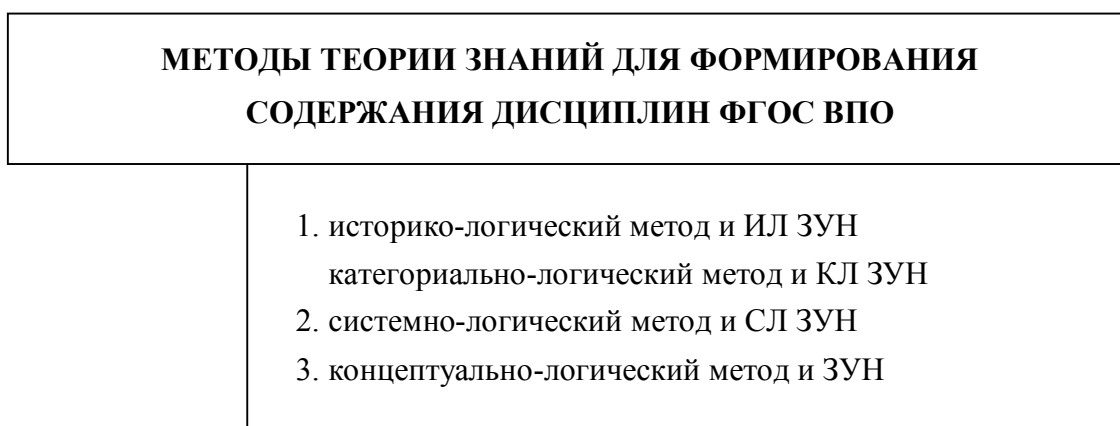


Рис. 2.1. Основные методы теории знаний для формирования содержания образования

матрицей табл. – табл. 2.1. В результате эта матрица определяет совокупность вариантов представления знаний в методах теории знаний.

Таблица 2.1

Формы представления знаний методами теории знаний

Формы представления	Фактологическая форма (ФФ) представления содержания	Классическая форма (КФ) представления содержания	Базисная Форма (БФ) представления содержания
Методы			
Историко-логический метод (ИЛМ)	ФФ ИЛМ	КФ ИЛМ	БФ ИЛМ
Категориально-логический метод (КтЛМ)	ФФ КтЛМ	КФ КтЛМ	БФ КтЛМ
Системно-логический метод (СЛМ)	ФФ СЛМ	КФ СЛМ	БФ СЛМ
Концептуально-логический метод (КнЛМ)	ФФ КнЛМ	КФ КнЛМ	БФ КнЛМ

Начальные сведения по основным методам теории знаний были представлены выше. На данном этапе необходимо сформулировать более точные определения методов. При этом необходимо отметить, что формы представления содержания, соответствующие фактологическому и классическому вариантам, достаточно широко использованы в современной учебной и научной литературе. Поэтому целесообразно рассмотреть базисный принцип в объединении с компетентностным подходом.

2. Модели теории знаний, умений и навыков для оценки компетенций образовательных и квалификационных групп. Базисный принцип позволяет формировать КЗУН и содержание на основе классов моделей дисциплин, данных на рис. 2.1, для которых исходными являются комплексы моделей *теории знаний* для федеральных и других дисциплин.

Историко-логические модели знаний включают дидактические единицы классических программ, строятся на основе экспертных оценок и отражают содержание дисциплин в исторической последовательности создания научных областей знаний (НОЗ). Проекция НОЗ на образовательные дисциплины формируется на основе экспертных оценок разработчиков. Классические модели содержания и знаний используются на первых этапах обучения бакалавров и специалистов, являются исходными для разработки базисных КЗУН. Этот класс программ является наиболее распространенным в российской высшей школе, который реализует естественную модель формирования и передачи знаний. Развитие моделей знаний приводит к следующему классу *моделей теории знаний*.

Базисные категориально-логические КЗУН определяют содержание образования на основе трех основных триад:

- *базисные категории* включают основные определения, модели, процессы, явления и другие элементы, формирующие содержание на основе минимального семейства элементов, образующих знания;

- *базисные операции (действия) над базисными категориями и их результаты*, определяющие возможность формирования «операционного разнообразия» дисциплин на основе данных элементов содержания, которые могут быть избыточными, однако создающими базис операций над категориями, способствующими эффективному усвоению дисциплин с ориентацией на изучение методов;

- *базисные методы*, которые могут рассматриваться как минимальные совокупности направленных операций над базисными категориями и базисными операциями, а совокупность базисных методов можно рассматривать как минимальное семейство методов, образующих научную теорию, положенную в основу формирования содержания учебной дисциплины. Эти модели определяют и структурируют содержание дисциплин и могут использоваться на этапе обучения в магистратуре. Как следует из определения, эти модели формируют знания на основе дифференциального подхода, создающего обобщенный потенциал личности обучающегося.

Базисные системно-логические КЗУН теории знаний включают системно-обобщенные категориальные компоненты, общие для различных дисциплин или модулей, а содержание дисциплин определяют системные базисные компоненты:

- *базисные системные категории*, к числу которых относятся идентифицированные категории, характеризующие общность базисных понятий, принципов, явлений и других элементов, которые обеспечивают дисциплину необходимыми категориями, например, базисными системами элементов в математике и другими элементами в физике, химии и других науках;

- *базисные системные операции (действия) над категориями и их результаты*, включая, исходные объекты и результаты, что создает определенный системный операционный базис в рамках заданного фундамента;

- *базисные системные методы, направленные на достижение целей совокупности системных категорий и системных операций*, выделяют общие подходы и методы для различных областей научных знаний, обеспечивающих эффективную «диффузию» новых методов научных знаний в содержание дисциплин. Примерами таких операций являются операции свертки как обобщающие операции для решения линейных алгебраических,

линейных дифференциальных уравнений в обыкновенных и частных производных;

Базисные системно-логические КЗУН определяют системные модели научных областей знаний, выделяют системные принципы формирования модели научных областей знаний. Появляется возможность «продолжения» («передачи») категорий для формирования новых теоретических и прикладных элементов дисциплин. Содержание дисциплин строится на основе базисных системных категорий, которые «проецируются» из научных областей знаний на дисциплины с учетом научной общности. Однако данный класс моделей знаний не является исчерпывающим, поскольку не в полной мере отражает концептуальные аспекты содержания федеральных дисциплин.

Базисные концептуально-логические КЗУН теории знаний включают следующие группы категорий:

– *базисные концептуально-обобщенные понятия*, определяющие концептуальные основы, формулировка которых для многих областей знаний требует исходной формулировки на основе многовариантного множества «фактологических моделей» научной области знаний как исходной базы для формирования концептуально-логического содержания учебной дисциплины;

– *базисные концептуально-обобщенные операции и их результаты*, которые формируются на основе конкретных областей научных знаний и основаны на принципе «категории-операции»;

– *базисные концептуально-обобщенные методы*, включающие направленные совокупности идентифицированных базисных компетентностных операций для формирования содержания учебных дисциплин на основе транслирования концепций научных областей знаний в учебные дисциплины.

Модели знаний, умений и навыков компетентностного типа формируется на основе структуры научных знаний, а содержание дисциплин формируется как «проекции» концептуальных идей

(концепций) из областей научного знания в содержание дисциплин. Эти программы дисциплин формируют знания наиболее общего методологического характера и могут использоваться при обучении в аспирантуре.

Программы и содержание дисциплин, формируемые на основе базисных КЗУН, структурируют знания как компоненты компетенций. Это позволяет совершенствовать методы контроля качества, в частности, при централизованном тестировании, поскольку создают условия однозначного восприятия *моделей знаний, умений и навыков как моделей содержания* на этапах обучения и контроля качества обучения на основе остаточных знаний обучающихся.

Таким образом, предлагаемые классы моделей знаний содержат перечни элементов знаний. Эти перечни для каждого раздела программы при полной реализации определяет ***три списка***: список базисных категорий, список базисных операций и результатов, список базисных методов, которые могут быть дополнены примерами приложений и педагогическими измерительными материалами. Содержание на основе базисных КЗУН целесообразно дополнить вариантами приложений или технологий.

Содержание основных образовательных программ (ООП) дисциплин формируется на основе базисного принципа создания компетентностных знаний, умений и навыков (КЗУН) и социально-личностных качеств. Этот принцип использует *минимальные семейства образующих элементов* – базисные понятия, базисные операции и базисные методы, составляющие научную основу области знаний и дисциплин.

3. Теория знаний в разработке квалиметрии и АПИМ для оценки уровня сформированности компетенций. Необходимо в процессе профессионального роста учесть, что истина познаваема, однако процесс познания – бесконечен (философия). Поэтому часто процесс познания не совпадает с длительностью

жизни человека. Для оценки степени владения компетенциями или квалификационными качествами необходимо рассмотреть вопросы оценивания компетенций и уровней квалификации кадров. При этом необходимо выполнить анализ сложившейся ситуации.

Базисный принцип формирования компетентностного содержания федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) позволит создать новое поколение содержания ВПО для реализации ФГОС ВПО. Предлагаемый подход позволит создать адекватные академические педагогические измерительные материалы, включающие тесты для контроля знаний, умений и навыков, контрольные задания, и другие материалы.

Приведенные результаты можно использовать для создания второго поколения *систем централизованного тестирования* как адекватного современного инструмента оценки качества подготовки специалистов ВПО и кадров высшей квалификации.

При использовании теории знаний, включающей модели знаний, умений и навыков появляется возможность контролировать уровень знаний, умений и навыков, соответствующих содержанию, которое предложено для изучения в процессе обучения. Несоответствие содержания при обучении и на этапе контроля остаточных знаний, умений и навыков. При этом возникает неоднозначность понимания содержания преподавателями и обучающимися, т. е. возникает *«понятийный дуализм»*, который может иметь многочисленные формы.

Сущность «понятийного дуализма» состоит в том, что *«модель содержания дисциплины для преподавателей»* и *«модель содержания дисциплины для обучающихся»* часто не совпадают. При этом конструкция «модели» и сама «модель» – это понятия, которые не являются осознаваемыми обучающимися, а в ряде случаев и обучающими. «Неоднозначность моделей» или «неопределенность моделей» содержания дисциплин приводит к тому,

что часто трудно ответить на вопрос о том «*чему мы учим*» – для преподавателей и на вопрос «*чему мы учимся*» (или «*чему нас учат*») для студентов.

С формальной стороны всегда готов ответ о том, что обучение проводится по утвержденным программам дисциплин. Этому трудно возразить, однако при этом обучающиеся оказываются в ситуации «проклятия информационного многообразия», которое является трудным препятствием на пути к осознанным и усвоенным знаниям по дисциплине. Представляется, что для преодоления трудностей обучения можно использовать конструктивные модели знаний, умений и навыков, примеры которых были приведены выше.

Пример. Имеет смысл привести пример идентификации содержания наиболее распространенных измерительных материалов по математике, которые представляют собой совокупность генерируемых разнообразных задач по математике. Попытка оценить с помощью таких «задачных тестов» знания, умения и навыки по математике не является успешной, поскольку эти задачи контролируют «*умения решать учебные задачи по математике*». Из названия и содержания таких АПИМ следует адекватный ответ, которых не требует идентификации и анализа, поскольку контролируемая составляющая математики содержится в точном названии таких измерительных материалов.

Существует ряд примеров тестов по математике, которые контролируют умения решать учебные задачи, для которых не идентифицирована (не определена) технология, а приведены нерегулярные неполные совокупности способов (приемов) решения задач. При этом обучающиеся должны:

- определить сущность – как основу технологий;
- применить технологию решения к другим задачам, для которых эта технология «не подходит»,
- разработать новую технологию для нового класса задач.

Кроме этого, необходимо учесть, что сказанные выше относятся к классу учебных задач, а на практике требуется решать отраслевые задачи. При этом возникающие проблемы создания адекватных АПИМ необходимо решать соответствующими методами.

Необходимо отметить, что в соответствии с данными табл. 1.3, выпускники должны уметь решать не только учебные задачи по математике, а также отраслевые задачи по математике. Последние задачи необходимы в каждой отрасли, поскольку их решение обеспечивает успех применения математических методов. Это и является одним из важных составляющей компетенций, отмеченной в табл. 1.3, применительно не только к математике, а также к физике, химии и другим наукам и дисциплинам. Это соответствует формированию интегрированных компетенций, потребность в которых иллюстрируется примером.

Пример. В течение ряда лет фирма Microsoft проводила конкурс среди студентов вузов по программированию, в котором побеждали студенты технических вузов. Однако в один из последних годов задания на олимпиаде были существенно изменены. Эти задания формулировались примерно следующим образом: разработать программное обеспечение для безопасного управления полетами самолетов гражданской авиации в аэропортах Европы.

В этом конкурсе победили студенты классических университетов. Причина этого состоит в том, для решения сформулированной задачи возможно применение осознанных интеллектуальных технологий и моделей знаний, позволяющих:

- сформулировать содержательную постановку проблемы, включающие цели, средства и результаты;
- декомпозировать ее на математическом, физическом или концептуальном уровнях с учетом исторического развития логики решения аналогичных задач;

- определить математические постановки задачи и подзадач;
- реализовать предложенные решения в виде программного продукта.

В случае отсутствия некоторых этапов возникают вопросы о реализуемости целей разработки. В общем случае для решения подобных задач или «макрозадач» необходимо формировать определенный спектр конкретных компетенций, формирующий профессиональную способность к решению таких задач. Для этого можно использовать совокупность ЗУН, указанных в табл. 1.2 или компетенций, перечисленных в табл. 1.3. Целесообразность формирования интегрированных компетенций иллюстрируется предыдущим примером, который подтверждается дополнительным примером, иллюстрирующим взаимосвязь уровня профессиональной подготовки и кадровой политики ряда зарубежных ведущих фирм.

Пример. Фирма Samsung отдает предпочтение математикам для работы программистами, поскольку опыт показывает, что в течение одного-трех месяцев работы математики становятся высококвалифицированными программистами.

Модели ЗУН для студентов и модели ЗУН для кандидатов и докторов наук могут отражать динамика роста интеллектуального потенциала в соответствии со шкалой, иллюстрируемой в табл. 2.2, содержащей приближенные *интервальные оценки* степени владения различными логиками и компетенциями.

При этом имеется в виду уровни сформированности перечисленных логик и компетенций при условии осознанного усвоения содержания образовательных программ (выпускников школ, бакалавров, магистров, специалистов, аспирантов) или адекватного достижения соответствующих квалификационных уровней (кандидаты и доктора наук).

Таблица 2.2

Интервальные оценки уровней владения логиками мышления и компетенциями для различных образовательных и квалификационных групп

Уровни образования квалификации	Выпускники средних школ	Бакалавры	Магистры, специалисты	Кандидаты наук	Доктора наук
Фактологические логики и компетенции (ФЛК)	*	*	*	*	*
ИЛ КЗУН	*	*	*	*	*
КТЛ КЗУН	-	-	*	*	*
СЛ КЗУН	-	-	-	*	*
КНЛ КЗУН	-	-	-	-	*

Как следует из данных последней таблицы, *выпускники средних школ* и *бакалавры* могут в различной степени владеть фактологическими и историко-логическими логиками и компетенциями, принадлежащими интервалу (ФЛК, ИЛК). *Магистры и специалисты* могут владеть фактологическими, историко-логическими и в определенной степени категориально-логическими логиками и компетенциями, принадлежащими интервалу (ФЛК, КТЛК). Кадры высшей квалификации – *кандидаты наук* могут владеть логиками и компетенциями, принадлежащими интервалу (ФЛК, СЛК), а доктора наук – логиками и компетенциями, принадлежащими интервалу (ФЛК, КНЛК).

4. Основы формирования моделей знаний, умений и навыков. Компетенции как основа создания моделей содержания в виде *знаний, умений и навыков в действии* [1] определяют направления конструктивной реализации содержания ФГОС ВПО.

Это предполагает создание компетентностей специалистов на основе интеграции компетенций федеральных дисциплин. Формирование компетенций возможно в рамках адекватных *моделей знаний, умений и навыков* (ЗУН) как основы базовых и вариативных федеральных дисциплин различных циклов ФГОС.

Модели знаний для создания содержания ФГОС ВПО третьего поколения могут формироваться в рамках иерархии: «ФГОС – примерные основная или дополнительная образовательная программы по направлению (специальности) (учебные планы, учебные программы дисциплин, педагогические измерительные материалы и другие элементы) на основе компетентностных знаний, умений и навыков (КЗУН)». Согласованная иерархия содержания обеспечивается координацией КЗУН как основы содержания различных типов программ федеральных дисциплин.

Определенная свобода и неоднозначность формирования основных образовательных программ (ООП) приводит к неоднозначности содержания. При этом, разнообразие содержания основных образовательных программ в дальнейшем будет вступать во все большее противоречие с целями, поставленными перед образовательными стандартами по той лишь причине, что скорость обновления технологий в реальной деятельности человека приблизительно равна скорости формирования и утверждения новых образовательных стандартов. Данная проблема решается в государствах мирового сообщества различным образом. Однако, несомненно, главное направление деятельности будет состоять в создании единой «номенклатуры» категорий, дающих наиболее полное представление о дисциплине. Формирование компетентностного подхода – актуальная задача ВПО.

Формирование содержания ООП дисциплин на основе *базисного принципа* создания КЗУН использует *минимальные семейства образующих элементов – базисных категорий: базисных понятия, базисных операций и базисных методов как научной*

основы области знаний и дисциплин. Представляется, что реализация базисного принципа для формирования компетенций на основе содержания ФГОС позволит создать новое поколение содержания. Это позволяет также создать адекватные академические педагогические измерительные материалы (АПИМ) для разрабатываемого второго поколения систем аккредитационного тестирования как современного инструмента оценки качества подготовки специалистов с ВПО и кадров высшей квалификации (кандидатов наук).

2.2. БАЗИСНЫЙ ПРИНЦИП В РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Конструктивная реализация базисного компетентностного подхода имеет основания для разработки содержания на основе минимального семейства категорий содержания образования по элементам иерархии: «учебный план – учебные программы дисциплин». Кроме этого, принцип основан на дифференциации программ и содержания дисциплин (модулей) с помощью базисных понятий «исторической логики», «категориальной логики», «системной логики», «концептуальной логики» и других логик, определяющих методы теории знаний (умений, навыков), иллюстрируемых на рис. 2.2.

Базисная категориальная логика предполагает формирование содержания на основе базисных элементов, к числу которых можно отнести ***базисные понятия, явления и другие важные составляющие***. К ним можно отнести ***первичную операционную часть*** как совокупность первичных операций (или действий) над базисными категориями, а также базисные методы.

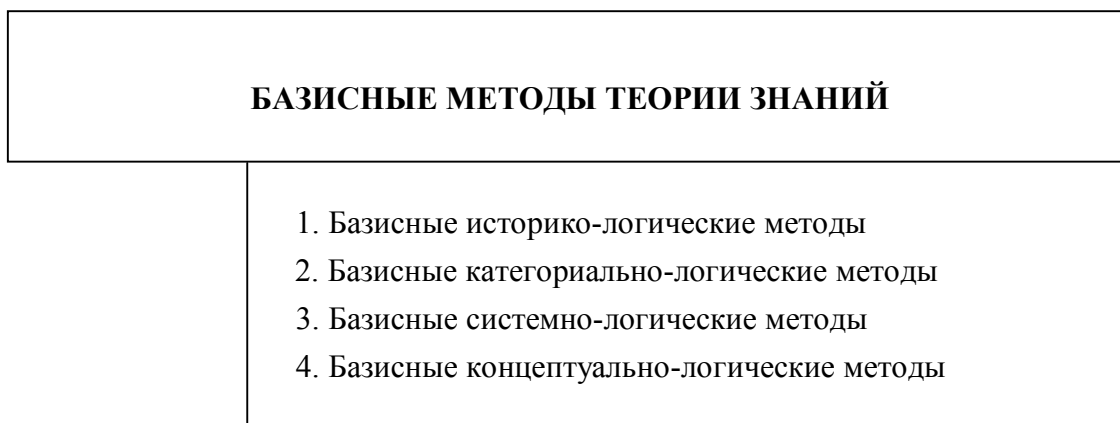


Рис. 2.2. Базисные методы теории знаний для формирований компетенций и компетентности на основе ФГОС ВПО

Базисные методы – это направленные *минимальные совокупности базисных операций* (действий) над базисными категориями для получения необходимого результата. Базисные методы формируют необходимую совокупность направленных действий над базисными категориями, формируют в определенном смысле «таблицы операций и результатов», примером которых, в частности, являются классические таблицы умножений как источники формирования первичных методов вычислений. Соответствующие методы определяют различные типы программы и содержание дисциплин на основе КЗУН, дополняют варианты программ, разработанных на математических, физических, химических, биологических и других *типов фундаментов* [2], что создает естественное совокупное разнообразие содержания для областей знаний.

При этом можно организовать естественную *преемственность* между дидактическими единицами математических и естественнонаучных, профессиональных дисциплин ФГОС. *Преемственность содержания* в категориальной логике и других логиках реализуется на основе «базисных категорий», «базисных действий над категориями и их результатах» и «базисных методов как направленной на результат минимальной совокупности категорий и действий над категориями».

4. Примеры базисных КЗУН. На основе базисных КЗУН целесообразно формировать содержание математических, естественнонаучных и профессиональных дисциплин. Ниже приводятся примеры «укороченных» базисных категориально-логических КЗУН, реализованных в программах по дисциплинам «Математика» и «Электротехника и электроника», необходимые для реализации компетенций.

МАТЕМАТИКА

1. Линейная алгебра.

Базисные категории: матрица; определитель; система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ); линейный оператор; собственные числа (СЧ) и собственные векторы (СВ) линейного оператора.

Базисные операции: совокупность операций над базисными категориями.

Базисные методы: методы Крамера, Гаусса, обратной матрицы, Кронекера-Капелли для решения линейных алгебраических систем; методы вычисления СЧ и СВ матриц линейного оператора, решение СЛАУ общего вида.

Приложения. СЛАУ применяются в векторной алгебре, аналитической геометрии, теории неопределенного интеграла, методе наименьших квадратов и других разделах математики.

Остаточные знания.

Применение.

Педагогические измерительные материалы.

2. Производная и дифференциал функции одной переменной.

Базисные понятия: производная, дифференциал, возрастание и убывание функции, локальный экстремум функции.

Базисные операции: совокупность операций над базисными категориями.

Базисные методы: теоремы о производных и дифференциалах; необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемых функций; формула Тейлора для представления функции многочленом; методы вычисления неопределенностей; вычисление приближенных значений функции; правило Лопиталья для вычисления неопределенностей.

Приложения. Дифференцирование применяется в математическом анализе, в естественных науках, экономике, инженерных дисциплинах и др.

Остаточные знания.

Применения.

Педагогические измерительные материалы.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

1.1. Электрические и магнитные цепи, электрические измерения.

Базисные понятия, явления и элементы: электрический ток, напряжение, потенциал, электродвижущая сила (ЭДС), мощность, энергия, частота, фаза, сопротивление, индуктивность, электрическая емкость, проводимость, резонанс, электрическая цепь, электрическая схема, узел, ветвь, контур; магнитный поток, магнитная индукция, магнитодвижущая сила (МДС) гистерезис, магнитная цепь, магнитопровод.

Базисные операции: совокупность операций над базисными понятиями, явлениями и элементами.

Базисные методы: методы теории функций комплексного переменного на основе различных представления комплексных чисел; методы решения линейных алгебраических систем с комплексными матрицами; методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений; методы временных диаграмм; векторный метод; комплексный метод; метод математического моделирования цепей на основе контурных токов; метод эквивалентных преобразований; метод узловых потенциалов; метод эквивалентного генератора.

Остаточные знания.

Применение.

Педагогические измерительные материалы.

ЭЛЕКТРОНИКА

Базисные понятия, явления и элементы: явление электронно-дырочной проводимости в полупроводниках; основные элементы электронных цепей: диод, тиристор, транзистор, микросхема, выпрямитель, инвертор, пульсации напряжений, фильтры, стабилизатор, импульсный преобразователь, усилитель, обратная связь, операционный усилитель, компаратор, триггер, счетчик импульсов, регистр, дешифратор, мультиплексор, микропроцессор.

Базисные операции: совокупность операций над базисными понятиями, явлениями и элементами.

Базисные методы: методы моделирования статических характеристик электронных цепей с применением непрерывных или разрывных функций; методы математического моделирования процессов транзисторов Эберса-Мола и др.; методы дискретной математики для описания процессов в микросхемах; методы решения дифференциальных уравнений для анализа переходных и установившихся процессов в устройствах аналоговой и цифровой электроники; методы анализа электронных схем с применением ЭВМ.

Остаточные знания.

Применение.

Педагогические измерительные материалы.

Приведенные примеры формирования содержания дополняют разработанные модели знаний, умений и навыков для существующего первого поколения систем централизованного тестирования, использующих различные идейные установки, включая контроль качества подготовки для решения учебных задач по федеральным дисциплинам, учебных отраслевых задач для областей технических или других областей знаний. Предложенные модели отражают состояние разработки, свидетельствуя о необходимости разработки альтернативных и концептуально конструктивных КЗУН для создания второго и последующих систем централизованного тестирования. Это позволит с полной адекватностью оценить качество подготовки в областях знаний, представленных федеральными дисциплинами в формате компетенций. При этом требуется развивать существующие методы контроля качества, основанные на педагогических измерениях отдельных составляющих подготовки (учебные задачи и др.), которые не создают целостной системы контроля качества образования.

Содержание образования в условиях применения компетентностно-знаниевого подхода формируется на основе системного анализа и теории знаний. Базисный принцип теории знаний требует формирования *минимального семейства образующих категорий*, определяющих модели содержания дисциплин или модулей образовательных программ. Эти категории вводят новую структуру дидактических единиц и программ дисциплин, предусматривающую: констатирующую часть – *базисные понятия*, операционную часть – *базисные операции* и интегративную часть – *базисные методы* как направленную часть базисных операций. При этом производится обобщение областей научного

знания как основы учебных дисциплин.

Преимственность циклов дисциплин может строиться на основе триады базисных элементов – «*категорий*», «*действий над категориями*» и «*методов*» фундаментальных дисциплин. При разработке дидактических единиц и примерных программ дисциплин профессионального цикла целесообразно применять дидактические единицы математического и естественнонаучного цикла.

Таким образом, рассмотренный подход к формированию содержания дисциплин ФГОС на основе комплекса компетентностных моделей знаний может использоваться при совершенствовании образовательных программ и контроле качества образования.

3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАТЕМАТИКИ

Рассматриваются представления о математике как о целостной системе знаний, операции и методы, составляющие основу математических теорий. Рассматриваются подходы к изучению математики на основе интеллектуальных технологий, сформулированных на основе теории и моделей знаний. Это создает возможность изучать математику как систему знаний о моделях окружающих явлений и процессов, широко используемую в различных сферах деятельности человека.

3.1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ, ОПЕРАЦИИ И МЕТОДЫ

Рассмотрим основные общие элементы математики: основные понятия, математические операции и методы. Совокупность операций часто составляет основу математических теорий. Взаимосвязь между математическими понятиями, операциями (действиями) и математическими методами иллюстрируется на рис. 3.1.

Под математикой часто понимают науку о математических моделях, которые могут описывать объекты разнообразной природы. Модели строятся на основе математических понятий. В процессе математического исследования над понятиями осуществляется комплекс направленных математических операций, необходимых для решения исследовательских и отраслевых задач. При этом направленность операций определена решаемой задачей.

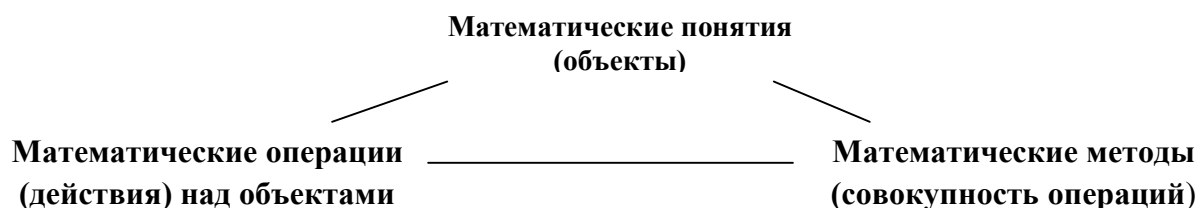


Рис. 3.1. К структуре категориально-логических математических знаний

Примерами простейших математических понятий являются числа, постоянные и переменные величины, функции, фигуры и др. Однако, прежде чем пользоваться математическими понятиями необходимо их определить. Математические понятия (или объекты) определяются предложениями, раскрывающими их содержание (смысл). Для обозначения понятий, операций, результатов операций используются математические знаки.

1. Примеры математических объектов. Как правило, математические науки в качестве основных понятий используют *числа*.

Пример. Совокупность различных чисел и соответствующие символы для их обозначения (буквы латинского алфавита) представляются следующим списком: \mathbb{N} – множество натуральных чисел, \mathbb{Z} – множество целых чисел, \mathbb{Q} – множество рациональных чисел, которое образовано отношениями целых чисел, \mathbb{R} – множество вещественных чисел, включающее множество рациональных и иррациональных чисел, \mathbb{C} – множество комплексных чисел, имеющих вещественную и мнимую части.

Числа были введены в связи с требованием соизмерения различных (но однородных) физических, геометрических или других реальных объектов. Такое соизмерение (сравнение) естественно привело к математической конструкции сопоставления каждому элементу рассматриваемого множества числа, характеризующего этот элемент с количественной точки зрения.

Пример. Следующим важным понятием математики является *величина*. Измерение величин – это процесс сравнения величин с некоторыми эталонными величинами. Существует аксиоматика понятий системы положительных скалярных величин. Понятие величины подвергалось многократным обобщениям. Например, изучение сил, скоростей, привели к появлению понятий *векторов* и *тензоров*. Переменная величина обозначает функцию (числовую, векторную, тензорную), значения которой

изменяются при изменении независимой величины, которая называется аргументом (строгое определение функции будет дано далее).

2. Определения математических методов. Более сложные (чем числа и величины) математические понятия могут быть определены различными способами. На ранней стадии изучения математики математические понятия иногда вводят без строгих определений. При этом используются описания понятий (нестрогие определения) или указания на модели.

Пример. Примеры нестрогих определений имеют вид:

- понятие шара иллюстрируется мячом;
- с понятием куба связано его представление в виде игральной кости;
- понятие окружности представляется ее моделью в виде обруча.

Эти элементарные определения получили многочисленные обобщения, в частности, в функциональном анализе. В этой связи введены многие обобщенные понятия шаров и окружностей.

Понятия можно определить следующими способами:

- сведением некоторого нового математического понятия к известным математическим понятиям;
- применением генетического или конструируемого определения, когда указан способ формирования (конструирования) математического понятия;
- аксиоматическим введением понятия; например, понятие натурального числа дается аксиоматически, т. е. через набор аксиом, а понятие расстояния – через метрику как обобщение понятия расстояния.

Приведенные выше примеры позволяют системно характеризовать способы введения определений математических понятий с помощью точных и неточных определений. Точные

определения математических понятий вводятся на основе математических конструкций.

В разделе 1 отмечено, что математика использует определения операций (действий) над математическими объектами. Необходимость действий диктуется самой жизнью. Примерами простейших операций являются сложение, вычитание, умножение или деление чисел, которые могут быть целыми, вещественными и т. д. Операция растяжения (или сжатия) может быть примером действия над отрезком вещественных чисел, расположенных в интервале от -1 до $+1$. К математическим операциям относятся также дифференцирование, интегрирование функций, которые будут введены далее на основе операции предельного перехода.

Введение математических объектов и действий над ними позволяет определить понятие метода. Слово «метод» происходит от греческого слова «methodos», что в переводе означает – путь исследования, теория, учение. В общем смысле метод – это способ достижения какой-либо цели, решения какой-либо задачи, совокупность приемов или операций, практического или теоретического освоения или познания действительности.

В философском смысле под *методом* понимают способ построения и обоснования системы философских знаний, когда под системой понимается целое, состоящее из частей. *Математический метод* определяет совокупность направленных математических операций (действий) над исходными математическими объектами, определяющих новые математические объекты, соответствующие требуемому математическому результату. Требуемый результат следует из *содержательной постановки задачи*, в которой определяются исходные данные и формулируются содержательные требования к результату. На основе этой постановки определяется *математическая формулировка задачи*, которая соответствует содержательной постановке задачи, представленной на математическом фундаменте. При отсутствии постановки

и математической формулировки задача часто решается в постановке, о которой «автор не подозревает». Эта неприятная ситуация может быть устранимой в случае владения интеллектуальными технологиями и методами математики

Методы задают совокупность математических операций для решения какого-либо класса математических задач. Примерами математических методов могут быть методы решения алгебраических уравнений и их систем, методы вычисления производных функций и т. д., которые будут рассмотрены далее. Это необходимо для ориентации в различных разделах математики при постановке и математической формулировке задач.

3.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ МАТЕМАТИКИ

Математика – это наука о количественных отношениях и пространственных формах окружающего мира. С этой точки зрения математические модели весьма разнообразны. Это определило основные разделы математики – теория чисел, аналитическая геометрия, алгебра, математический анализ, геометрия, дискретная математика, теория графов, топология, теория вероятностей, математическая статистика, математическая логика и др. Далее приводятся краткие характеристики перечисленных разделов математики, которые необходимы для общей ориентации в изучаемых далее материалах.

Теория чисел занимается проблемами исследования целых чисел и включает в себя на современном уровне аналитическую теорию чисел. Проблемы аналитической теории чисел связаны с задачами распределения простых чисел (чисел, которые делятся на единицу и на самих себя). Исторически первым результатом в теории чисел был результат Евклида, который гласил: простых чисел бесконечно много. Следующий важный шаг был сделан П. Л. Чебышевым в 1850 г., когда была получена возможность

оценить сверху и снизу количество простых чисел на интервале, причем было использовано понятие предела. Проблему существования этого предела решили в 1986 году Ж. Адамар и Ш. Ж. Валле Пуссен. Это позволило представить искомый предел с помощью специального интеграла. В дальнейшем потребовалось привлечение функций комплексного переменного. Аналитическая теория чисел далее развивалась по пути, связанному с уравнениями в целых числах, построением теоретико-числовых функций, теорией алгебраических и трансцендентных чисел. Более подробно некоторые методы теории чисел будут рассмотрены в последующих главах, в частности алгоритм Евклида и др. Значительные результаты в теорию чисел внес русский ученый академик И. М. Виноградов.

Аналитическая геометрия исследует геометрические образы средствами алгебры на основе метода координат. Элементы идеи координат встречались у древних математиков. Египтяне пользовались такими понятиями, как параллельные отрезки (координаты). Греческие астрономы (Гиппарх, II век до н. э. и Птолемей II век н. э.) употребляли сферические координаты (широту и долготу). Существенное развитие аналитическая геометрия получила с появлением буквенной символики, созданной французским ученым Ф. Вистом (1540–1603). Далее это позволило французским ученым П. Ферма и Р. Декарту независимо разработать в 17 век аналитическую геометрию на плоскости. Впервые в это время были решены задачи определения уравнений прямых на плоскости, анализа свойств линий на плоскости по их уравнениям. Термин «аналитическая геометрия» было бы правильно заменить на термин «координатная геометрия», однако создатель аналитической геометрии Р. Декарт не смог выполнить «*арифметизацию*» геометрии в полной мере, поскольку не смог распространить метод координат на пространства размерности более двух (т.е. плоскости). С конца XVII по XVIII века метод координат

был обобщен (перенесен) на пространство в работах известных математиков А. К. Клеро и Л. Эйлера. Во второй половине XIX века в связи с развитием физики в геометрии вводятся понятия вектора и тензора и т. д. В математике, теории относительности, квантовой механике состояние системы определяется в четырехмерном, многомерном или бесконечномерном пространствах. Таким образом, появившись на основе естественных геометрических представлений, аналитическая геометрия сегодня является развитым разделом современной математики, используемым при решении широкого класса задач математики, естественных наук, проблем гуманитарной сферы.

Алгебра – изучает алгебраические операции над элементами множеств произвольной природы. Простейшие алгебраические операции – арифметические действия над натуральными числами. Сильное влияние на развитие алгебры оказала «Арифметика» Диофанта (III век). Термин «алгебра» произошел от названия работы Мухаммеда бен Мусы аль-Хорезми «Аль-джебр» (IX век), посвященной решению алгебраических уравнений первой и второй степени. В конце XV века словесное описание алгебраических действий заменено современными символами операций сложения, вычитания, а затем знаками корней, степеней и т. д. Далее в XVII – XVIII веках алгебра занималась тождественными преобразованиями буквенных формул, решениями алгебраических уравнений.

Если первоначально алгебра занималась решением уравнений, то в настоящее время под алгеброй понимается раздел математики, изучающий операции и отношения (предикаты) на множестве произвольной природы, обобщающие обычные операции сложения и умножения чисел и отношение неравенств чисел. Современная алгебра это математическая наука, объектом исследования которой являются алгебраические системы, например группы (множества с одной операцией), кольца (множества с двумя

операциями), поля (множества с двумя операциями, для элементов которого существуют обратные элементы, например, множества вещественных чисел), а также другие категории объектов.

Геометрия, одна из древнейших частей математики, изучает пространственные отношения и формы тел. Предмет и методы геометрии изменялись на протяжении многих веков. Первые успехи геометрии связаны с задачами землемерия, вычисления объемов тел и площадей. Геометрия с момента появления изучала некоторые геометрические свойства реального мира. С V века до н. э. начинается новый этап в развитии геометрии в связи с попытками ее аксиоматического построения («Начала» Евклида, около III века до н. э.). В это время геометрия впервые описана с помощью аксиом истин, не требующих доказательства. Основу учения составлял материал, изучаемый в современном курсе, дополненный сведениями из теории конических сечений. Развитие геометрии до XVII века происходило не столь интенсивно, однако с появлением теории перспективы, занимающейся изображением тел на плоскости, возникла начертательная геометрия, а затем – проективная геометрия, изучающая свойства фигур, инвариантные (неизменные) относительно проективных преобразований. Значительные успехи в геометрии связаны с именем Р. Декарта, предложившего координатный метод, аналитическую геометрию (исследующую кривые и поверхности методами алгебры) и дифференциальную геометрию (соединяющие методы анализа с проблемами геометрии). В результате взаимодействия геометрии, алгебры и анализа образовались новые исчисления: векторное исчисление, тензорное исчисление, метод дифференциальных форм. Последняя группа методов получила название синтетической геометрии.

Математический формализм, относящийся к формам тел пространства, определяемого аксиомами евклидова пространства, привел к созданию евклидовой геометрии, отождествляемой с

физическим пространством. В 1826 году российский математик Н. И. Лобачевский построил геометрию, в основу которой была положена система аксиом, отличающаяся от аксиом Евклида только аксиомой о параллельности прямых. Стало ясно, что в математике могут быть построены разнообразные пространства с содержательной геометрией. Другим примером неевклидовой геометрии служит риманова геометрия. Очень важно, что в эти годы сложилась идея многомерного пространства. Далее в 1854 году Б. Риман ввел разнообразные пространства с различными типами метриками – обобщениями понятия расстояний между элементами. Важно иметь в виду, что развитие геометрии было определено установлением ее связи с теорией групп (Ф. Клейн). После этого геометрия интерпретировалась следующим образом: дано многообразие и в нем группа (множество с одной операцией над элементами, обладающее определенными свойствами). Необходимо развить теорию инвариантов этой группы, примером которой является евклидова геометрия, изучающая теорию инвариантов ортогональной группы. Другим примером подобного типа являются аффинная геометрия (изучающая свойства фигур, инвариантные относительно аффинных преобразований), конформная геометрия (изучающая свойства фигур, инвариантных относительно конформных преобразований), а также проективная геометрия.

В настоящее время развитие геометрии идет по пути использования ее общности с теорией групп, а тенденция «алгебраизации» геометрии привела к созданию алгебраической геометрии, изучающей алгебраические многообразия и связанные с ними алгебраические и арифметические проблемы. Бесконечномерные пространства исследуются в функциональном анализе. Однако во всех областях математики геометрия является эффективным средством иллюстрации, оперирующей наглядными образами и интерпретациями.

Математический анализ объединяет целый ряд разделов математики, основанных на понятиях функции и предельного перехода. Обычно к математическому анализу относят дифференциальное и интегральное исчисление (методы исследования функций с помощью производной и интеграла), теорию рядов, теорию дифференциальных уравнений, теорию аналитических функций, теорию интегральных уравнений, вариационное исчисление, операционное исчисление (преобразование Лапласа), к которому примыкает теория преобразования Фурье. Математический анализ является классической основой математики и порождает ряд новых современных математических теорий, например, путем распространения идей анализа функций непрерывного аргумента на случай функций дискретного аргумента, что весьма важно для современной вычислительной математики.

Дискретная математика изучает свойства конечных (финитных) множеств: конечных графов, конечных групп, конечных автоматов, комбинаторику, кодирование и др. Методы дискретной математики находят широкое применение в приложениях.

Теория графов – область дискретной математики, использующая геометрический подход к изучению объектов. Графом называется множество вершин и набор дуг, соединяющих упорядоченные или неупорядоченные пары вершин. Далее вводится характеристика связности графов – матрица (таблица) инцидентий (связей) между парами вершин. В рамках такой модели формализуется широкий класс поначалу занимательных задач (задача о кенигсбергских мостах, задача четырех красок и др.). В рамках теории графов рассматривается ряд теоретических и прикладных задач электротехники, физики, химии, топологии и других. В настоящее время созданы различные теории исчисления на графах, носящие комбинаторный, вероятностный характер, а также другие задачи (потoki в сетях, задачи о разрезе, о максимальном потоке и др.).

Топология изучает свойства топологических пространств (метрических пространств – множеств элементов, характеризующихся отношением бесконечной близости), не изменяющихся при гомеоморфизме (взаимно однозначных и взаимно непрерывных отображениях двух топологических пространств). Поскольку поверхности в геометрии и решения (траектории) в теории дифференциальных уравнений можно рассматривать как топологические пространства, то топология включает в себя исследования достаточно общих свойств этих объектов. К их числу относятся фундаментальная система окрестностей и другие понятия.

Теория вероятностей изучает закономерности случайных явлений: событий, величин, функций. Математическое понятие вероятности отражает объективность свойства статистической устойчивости (неизменчивости) случайного события, случайной величины или случайной функции, о которых заранее нельзя иметь достоверную информацию. Развита частотная и аксиоматическая теории вероятностей. В *частотной теории вероятности*, основываясь на большом количестве наблюдений, делается вывод о близости вероятности и частоты появления случайных событий, величины или функции.

Вероятность рассматривается как предел частоты (Р. Мизес). Далее вводится исчисление вероятностей, характеризующее законы распределения, моментами (усредненными характеристиками). В *аксиоматической теории вероятностей* используется современная теория множеств, причем вероятность вводится как мера – неотрицательная счетно-аддитивная функция множеств.

Математическая статистика изучает математические методы систематизации, обработки и исследования статистических данных. Основным понятием является «*статистика – функция выборки*» (как совокупности данных), в качестве которой могут выступать «выборочные» распределения или моменты, полученные на основе ограниченного числа данных. Этот раздел

математики использует различные виды статистик – выборочные распределения, моменты, ковариационные матрицы и др. В статистике изучаются «допредельные» и предельные характеристики выборочных распределений, моментов и др. В некотором смысле математическая статистика служит для проверки результатов теории вероятностей. Теоретической основой математической статистики является теория вероятностей, причем связь между ними определяется законом больших чисел.

Математическая логика изучает правила вывода с помощью специального аппарата символов и исчислений (формализованных языков). Развитие методов математической логики привело к созданию теории множеств, теории алгоритмов, доказательству неразрешимости ряда алгоритмических проблем.

Вычислительная математика применяется в информатике в связи с использованием численных методов для решения широкого класса прикладных задач. Вычислительная математика базируется на «*принципе аппроксимации*» задач классической математики. Используются различные формы аппроксимации решений: итерационные последовательности, сходящиеся к точному решению, представление решений по конечной системе базисных функций и др. Вычислительные методы и алгоритмы часто определяют структуру вычислительных средств информатики. Особенно это характерно для специальных вычислителей, ориентированных на решение конкретных классов задач.

Функциональный анализ – раздел математики, изучающий алгебраические структуры и операторы, сохраняющие эти структуры. К числу алгебраических структур относятся пространства векторов, функций различных классов гладкости, линейных операторов и др. Основными понятиями являются операторы, действующие на различных пространствах, различные понятия сходимости, спектральные свойства операторов и собственных элементов, обратных операторов и решения операторных стационарных и дифференциальных уравнений.

Таким образом, современная математика включает широкий класс разделов, которые обладают богатым арсеналом математических методов для теоретических и прикладных исследований. Перечисленные разделы математики является частью математического образования кадров в области техники и технологии, реализованного в категориально-логической программе по математике.

3.3. КАТЕГОРИАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ПО МАТЕМАТИКЕ В ОБЛАСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Технология изучения дисциплины «Математика» для бакалавров, магистров и специалистов в области техники и технологии существенно определяется содержанием данной дисциплины. Анализ содержания является необходимой ориентирующей составляющей для учащихся. Далее рассматриваются «интервальные» характеристики содержания, позволяющие определить возможные оценки содержания, исходя из возможностей реализации, квалификации преподавательского состава и возможностей учащихся. Эти оценки приведены в табл. 3.1. Как следует из данных таблицы, оценки носят интервальный характер, а содержание этой дисциплины определяется двумя характеристиками:

Таблица 3.1

Интервальные оценки содержания дисциплины «Математика»

Первая граница интервальных оценок содержания образования	Вторая граница интервальных оценок содержания образования
Содержание, соответствующее классическому университетскому образованию, ориентированному на получение и использование новых результатов в части ОПД и ЕН дисциплин	Содержание, ориентированное на обеспечение общепрофессиональных и специальных дисциплин

- содержания, соответствующие стандарту технического вуза;

- содержание, соответствующее требованиям классического университета для направлений и специальностей математической направленности.

Эти интервальные оценки определяют возможные границы содержания. При этом обучающиеся по направлениям подготовки в области техники и технологии могут получить повышенный уровень математической подготовки, используя включенное обучение в России или за рубежом или в рамках программ дополнительных образовательных программ, включая факультативное изучение дополнительных разделов.

Формирование *категориально-логических программ* по математике формируется введением классификации и «категоризации» основных понятий и методов в существующих и новых программах. Приводимая ниже примерная программа по математике представлена в категориально-логической форме. В этой форме, которая является минимальной по объему, наиболее естественно обозначена возможность преемственности дидактических единиц (элементов программ) между федеральными дисциплинами математического и естественнонаучного цикла с дисциплинами общепрофессионального цикла государственного образовательного стандарта (ГОС). Преемственность указанных циклов дисциплин может быть реализована на основе выделения категорий – «базисных понятий», «базисных действий» и «базисных методов», которые были введены ранее. Замечим, что *с о д е р ж а н и е* является основной характеристикой примерных программ, отражающей требования к знаниям учащихся

Дидактические единицы и примерная категориально – логическая программа предназначена для направлений 220000 – технические науки. Программа содержит явную формулировку базисных понятий и базисных методов по основным разделам.

1. Введение. *Базисные понятия:* математические понятия: понятия, которые интуитивно «проецируются» из курсов математики средней школы, даются вводные понятия по основным моделям математики и операциям. *Базисные методы:* общая характеристика методов математики.

2. Линейная алгебра. *Базисные понятия:* матрица; определитель; система линейных алгебраических уравнений; линейный оператор; характеристические числа линейного оператора. *Базисные методы:* методы Крамера, Гаусса, метод обратной матрицы, метод Кронекера – Капелли для решения системы линейных алгебраических уравнений; метод вычисления характеристических (собственных) чисел как корней характеристического уравнения, метод приведения уравнений дифференциальной системы к жордановой форме (ранговый критерий для вычисления жордановых форм). *Приложения.* Системы линейных алгебраических уравнений применяются в векторной алгебре, аналитической геометрии, теории неопределенного интеграла, методе наименьших квадратов, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, математической статистике, задачах линейного программирования, в задачах механики, электротехники, экономики, строительства и в других задачах. Собственные числа применяются в теории обыкновенных дифференциальных уравнений и в численных методах математики.

3. Векторная алгебра. *Базисные понятия:* вектор, векторный базис, проекция вектора на ось. *Базисные методы:* метод разложение вектора по базису, метод представления линейных операций над векторами, скалярного, векторного, смешанного произведений через координаты исходных векторов. *Приложения.* Векторная алгебра применяется в аналитической геометрии, теории поля, механике, физике, электротехнике и других дисциплинах.

4. 5. Аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве. *Базисные понятия:* декартова и полярная системы координат, уравнения линии и поверхности, линии и поверхности 1-го и 2-го порядков. *Базисные методы:* метод типовых формул аналитической геометрии, методы векторной алгебры, метод преобразования системы координат при исследовании уравнений, метод сечений при исследовании формы и расположения поверхностей. *Приложения.* Геометрические иллюстрации в математическом анализе, теории вероятностей, механике, физике, экономике и др. науках. Локальная аппроксимация сложных кривых и поверхностей линиями и поверхностями 1-го и 2-го порядков.

6. Введение в математический анализ. *Базисные понятия:* множество, функция, предел, непрерывность. *Базисные методы:* метод применения теорем о пределах, эквивалентных бесконечно малых, метод выделения главной части бесконечно малой при вычислении пределов, метод применения свойств и теорем о непрерывных функциях, метод изучения точек разрыва при исследовании функции и построении ее графика, метод половинного деления для приближенного вычисления корней функций. *Приложения.* Функциональное описание явлений и процессов природы и общества применяется в математике и в ее приложениях.

7. Производная и дифференциал функции одной переменной. *Базисные понятия:* производная, дифференциал, возрастание и убывание функции, локальный экстремум функции. *Базисные методы:* метод таблиц производных и дифференциалов при дифференцировании функций, метод вычисления экстремума на основе необходимых и достаточных условий экстремума дифференцируемых функций, метод представления функций многочленом формуле Тейлора; методы раскрытия

неопределенностей, метод вычисления приближенного значения функции; метод (правило) Лопиталю для раскрытия неопределенностей. *Приложения.* Операция дифференцирования – одна из основных операций математического анализа, поэтому применяется во всех естественных науках, экономике, инженерных дисциплинах, где используется математический анализ. Основная интерпретация производной – скорость изменения функции. Основное приложение производной – исследование функций и их графиков, описание процессов.

8. Комплексные числа и функции. *Базисные понятия:* комплексные числа, алгебра и основные элементарные функции комплексного аргумента. *Базисные методы:* метод представления комплексных чисел в алгебраической, тригонометрической и показательной формах; метод выполнения алгебраических операций над комплексными числами; метод прямого и обратного представления показательной функции по формулам Эйлера; метод разложения дробной рациональной функции на сумму многочлена и элементарных дробей. *Приложения.* Рассматриваемая тема применяется в теориях неопределенного интеграла, обыкновенных дифференциальных уравнений, функций комплексной переменной; используется в радиотехнике, теории автоматического управления, теории теплопроводности.

9. Неопределенный интеграл. *Базисные понятия:* совокупность первообразных, неопределенный интеграл. *Базисные методы:* методы непосредственного интегрирования (табличные методы), методы подстановки, свойства линейности и инвариантности формул интегрирования; методы интегрирования различных классов функций. *Приложения.* К нахождению неопределенного интеграла сводится вычисление определенного и других интегралов, решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

10. Определенный интеграл. *Базисные понятия:* суммы Дарбу по отрезку, определенный интеграл как предел последовательности сумм Дарбу. *Базисные методы:* методы интегрирования на основе формулы Ньютона-Лейбница; методы интегрирования подстановкой; методы интегрирования по частям. *Приложения.* Интегрирование применяется во многих разделах математики и прикладных дисциплинах, построенных на математическом фундаменте.

11. Несобственные интегралы и интегралы, зависящие от параметра. *Базисные понятия:* несобственные интегралы от неограниченной функции по бесконечному интервалу, сходимость несобственных интегралов, определенный интеграл (зависящий от параметра), гамма- и бета - функции Эйлера. *Базисные методы:* методы сравнения для установления сходимости несобственных интегралов, методы вычисления сходящегося несобственного интеграла с помощью формулы Ньютона-Лейбница, заменой переменной и по частям. *Приложения.* См. п. 10.

12. Приложения определенного интеграла. *Базисные понятия:* аддитивная величина, элемент аддитивной величины. *Базисные методы:* метод вычисления аддитивных величин по формулам, (выражающим аддитивные величины через определенный интеграл), метод выделения элементов при вычислении аддитивных величин. *Приложения.* Вычисление площадей, объемов, длины дуги, массы, пути, давления.

13. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных. *Базисные понятия:* многомерное пространство, функция нескольких переменных, предел и непрерывность функции нескольких переменных, частная производная и полный дифференциал, экстремумы, касательная плоскость и нормаль к поверхности. *Базисные методы:* методы, формулы и правила

дифференцирования для вычисления частных производных и полных дифференциалов; методы необходимых и достаточных условий для вычисления безусловных локальных экстремумов функций; метод множителей Лагранжа для вычисления условных экстремумов при ограничениях типа равенств. *Приложения*: см. п. 7.

14. Обыкновенные дифференциальные уравнения. *Базисные понятия*: обыкновенное дифференциальное уравнение, задача Коши, общее, частное и особое решения, краевая задача для обыкновенного дифференциального уравнения. *Базисные методы*: метод разделения переменных, метод замены переменных, метод интегрирования полного дифференциала для уравнений первого порядка, метод понижения порядка уравнения (в случаях, допускающих это понижение), метод решения однородного линейного уравнения в виде линейной комбинации решений, составляющих фундаментальную систему, метод вариации произвольных постоянных Лагранжа для линейного неоднородного уравнения, метод Эйлера построения фундаментальной системы решений линейного однородного обыкновенного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами по корням характеристического уравнения, метод неопределенных коэффициентов построения частного решения линейного обыкновенного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами и со специальной правой частью, метод жордановых форм матриц для построения решений линейных дифференциальных систем. *Приложения*. Многие законы природы и общества описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями, поэтому к решению обыкновенного дифференциального уравнению сводятся многие задачи механики, физики, экономики, социологии, инженерных наук, теории управления.

15. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. *Базисные понятия:* определение системы, задача Коши, общее, частное решения, устойчивость по Ляпунову и асимптотическая устойчивость решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений, динамическая система. *Базисные методы:* метод исключения решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений, метод Эйлера решения однородной системы обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами по корням характеристического уравнения, методы Ляпунова исследования устойчивости нелинейных систем. *Приложения:* см. п. 14.

16. Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы. *Базисные понятия:* двойной, тройной, и n -кратный интегралы, криволинейные интегралы 1-го и 2-го рода, поверхностные интегралы 1-го и 2-го рода. *Базисные методы:* метод вычисления кратных, криволинейных и поверхностных интегралов сведением к определенным интегралам; метод криволинейных координат при вычислении кратных интегралов. *Приложения.* Применяется в теории поля, в теории обыкновенных дифференциальных уравнений, в математической физике, в теории функций комплексной переменной, в теории вероятностей, а также во всех общенаучных, общетехнических и специальных дисциплинах.

17. Векторный анализ и теория поля. *Базисные понятия:* скалярное и векторное поля, линии и поверхности уровня, векторные линии, производная по направлению, градиент, дивергенция, ротор, поток векторного поля через поверхность, циркуляция, потенциал. *Базисные методы:* метод определения дифференциальных характеристик векторного поля (дивергенция, ротор) и определение типа поля; метод вычисления интегральных характеристик векторного поля – потока, циркуляции и

потенциала путем вычисления соответствующих интегралов; метод формул Грина, Гаусса-Остроградского, Стокса для вычисления потока и циркуляции. *Приложения.* В задачах математической физики, электродинамике, теории сплошной среды, теории тепломассообмена и гидроаэродинамики.

18. Числовые и функциональные ряды. *Базисные понятия:* числовой ряд, сумма ряда, сходимость ряда, абсолютная и условная сходимости, функциональный ряд, область сходимости функционального ряда, степенной ряд, ряд Тейлора. *Базисные методы:* метод определения необходимых условий сходимости ряда; метод определения достаточных признаков сходимости или расходимости рядов с положительными членами; метод (признак) Лейбница определения сходимости знакочередующегося ряда и оценки остатка ряда; метод разложения функций в степенной ряд на основе ряда Тейлора; метод канонических разложений функций в степенной ряд; метод оценки остатка ряда путем мажорирования его рядом с известной суммой. *Приложения.* Ряды применяются для вычисления приближенного значения функции, для нахождения решений алгебраических и дифференциальных уравнений, для приближенного вычисления интегралов и пределов.

19. Ряды Фурье и интеграл Фурье. *Базисные понятия:* ортогональные и ортонормированные системы функций, ряд Фурье, интеграл Фурье, нормированные, метрические, гильбертовы пространства, сходимость по норме, полнота, ортогональные многочлены, дельта-функция Дирака. *Базисные методы:* метод вычисления коэффициентов ряда Фурье путем вычисления интегралов в формулах Эйлера-Фурье. *Приложения.* Теория рядов и интеграла Фурье применяется в гармоническом анализе, в физике, электротехнике, радиотехнике, теории управления, спектроскопии.

20. Теория функций комплексной переменной. *Базисные понятия:* однозначная аналитическая функция, конформное отображение, ряды Тейлора и Лорана, изолированная особая точка аналитической функции, вычет, контурный интеграл от функции комплексной переменной. *Базисные методы:* метод построения конформных отображений областей с помощью суперпозиции канонических отображений и с помощью принципов соответствия границ и симметрии; метод вычисления вычета функции в особой точке путем разложения функции в ряд Лорана в окрестности этой особой точки; метод вычисления контурных интегралов путем сведения их к криволинейным интегралам и по теореме вычетов. *Приложения.* Теория функций комплексной переменной применяется в теории обыкновенных дифференциальных уравнений, в математической физике, операционном исчислении, плоских задачах теории упругости и гидроаэродинамики, электротехнике, радиотехнике, теории автоматического регулирования.

21. Теория вероятностей. *Базисные понятия:* событие, вероятность, случайная величина, ряд и функция распределения, плотность вероятности, числовые характеристики случайной величины. *Базисные методы:* методы алгебры событий; методы комбинаторики для нахождения вероятностей событий; методы на основе применения формул алгебры вероятностей для нахождения вероятностей одних событий по вероятностям других; метод вычисления преобразований законов распределения случайных величин и вычисление их числовых характеристик на основе операций математического анализа (дифференцирование, интегрирование, суммирование рядов). *Приложения.* Теория вероятностей применяется в математической статистике, теории массового обслуживания, теории информации, теории случайных процессов, физике, металлургии, статистической радиотехнике, экономике, биологии, медицине.

22. Математическая статистика. *Базисные понятия:* генеральная совокупность, выборка, *статистики как функции выборки*, оценка числовой характеристики случайной величины, статистические модели распределения случайной величины и зависимости между случайными величинами. *Базисные методы:* метод графического описания выборочного распределения (полигон, гистограмма, график выборочной функции распределения); методы моментов и максимума правдоподобия для вычисления точечных оценок параметров закона распределения случайной величины; метод вычисления точечных и интервальных оценок числовых характеристик случайных величин на основе готовых формул; метод Стьюдента для интервального оценивания математического ожидания нормальной случайной величины, асимптотическое интервальное оценивание математического ожидания по большой выборке; метод хи-квадрат для проверки гипотезы о законе распределения случайной величины; метод наименьших квадратов для построения приближенной регрессии по статистическим данным. *Приложения.* Для обработки экспериментальных и наблюдаемых данных.

Таким образом, перечисленные разделы категориально-логической программы по математике определяют способы применения интеллектуальных технологий при изучении математики.

3.4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ В МАТЕМАТИКЕ

Технологии математики требуют особенного внимания в связи с трудностями, возникающими часто при освоении учебной программы. Необходимо отметить, что знания школьников и студентов часто соответствуют «фактологическому» уровню, однако истинное знание предполагает одновременное овладение концептуальными основами теории знаний, умений и навыков. Эти

знания можно перевести на категориально-логический, системно-логический и концептуально-логический уровни с помощью интеллектуальных технологий организационного типа. Последнее может быть реализовано в рамках *интегрирующих дисциплин*, которые могут изучаться после получения первичных знаний, формирующих «информационный потенциал» учащихся. Наиболее важным для достижения концептуальных установок на основе знаний является принцип «категории – действия».

Учебная дисциплина как «проекция» научной области знаний на соответствующую дисциплину образовательной программы средней школе должна получить адекватную реализацию. Поэтому в соответствии с общими принципами интеллектуализации процесса обучения целесообразно сформировать (идентифицировать) концептуальную основу научной области знания.

Системно-категориальная модель знаний позволяет определить варианты формирования учебной дисциплины на основе соответствующей модели научной области знания. Многообразие технологий интеллектуального труда ставят задачу о формировании технологий научно-педагогических школ России и зарубежья, личностных технологий учащихся, преподавателей, исследователей. Поскольку технологии можно определить как совокупности операций, то возникает проблема идентификации технологий как набора операций. В основу идентификации интеллектуальных технологий можно положить категории и операции (действия), к которым также можно применять определенные операции. Тогда можно создать структуру формирования знаний, наглядно отражающую структуру знаний.

1. К технологии дифференциального исчисления. Дифференциальное и интегральное исчисления содержат базовые исходные конструкции математического анализа. Сущность дифференциального исчисления состоит во введении базовых понятий – производных и дифференциалов первого порядка, которые

индуктивно продолжают для введения понятий производных и дифференциалов высших порядков. По аналогии можно было бы в целях полноты характеристики ввести понятия высших интегралов как объектов, полученных многократным интегрированием исходных функций. Можно определить характер взаимных связей между производными и интегралами высших порядков, причем последние конструкции, как правило, не вводятся в классических курсах математического анализа. Это связано, по видимому, с тем, что операция интегрирования не имеет столь сильных ограничений как операция дифференцирования. Поэтому на первых этапах описания технологий целесообразно дать технологии в алгоритмической форме, что позволит далее исследовать общность содержания дифференциального и интегрального исчисления.

Технологии дифференцирования числовых функций. При формировании интеллектуальных технологий дифференциального исчисления в соответствии с принципами, изложенными выше необходимо идентифицировать содержание дифференциального исчисления как раздела математики. Вариант идентификации этого раздела будет основан на формулировке базисных категорий, включающих базисные понятия, базисные действия, базисные методы. Для иллюстрации сказанного целесообразно рассмотреть примеры.

Дифференциальное исчисление как раздел математики основано на базисном понятии производной, которое вводится на основе понятия предела. Понятие производной вводится применительно для базисной категории – функции. Сущность термина «исчисление» состоит в том, что данный раздел математики строится как естественное обобщение, суть которого состоит в формулировке результатов применения исходного базисного понятия (производной) к более сложным «агрегатам» чем исходное понятие функции. Далее задача идентификации сводится к

описанию классов агрегатов, к которым применяется базовое понятие. К числу таких агрегатов относятся математические конструкции, полученные на основе элементарных алгебраических операций, функциональных преобразований с помощью элементарных функций, а также модели, задающие функции неявно (как правило, это уравнения) и параметрическим способом. Конструкции, полученные применением операций сложения, вычитания, умножения и деления к базисным конструкциям – функциям, порождают соответствующие элементы дифференциального исчисления. Он представлен в виде теорем о вычислении производной суммы, разности, произведения и деления функций. Эти теоремы доказываются элементарно на основе применения базисного понятия производной к описанным конструкциям.

Пример. Для вычисления производной синусоидальной функции необходимые операции определяются следующим образом:

Этап 1: операция вычисления $y = f(x) = \sin x$.

Этап 2: операция вычисления функция синуса от исходного аргумента x , сдвинутого на величину « h »: $\sin(x + h)$.

Этап 3: операция вычитания разности вычисленных функций: $[\sin(x + h) - \sin x]$.

Этап 4: выполняется операция деления разности на величину приращения: $[\sin(x + h) - \sin x] / h$.

Этап 5: выполняется операция предельного перехода для полученного выше отношения, приводящая к результату – производной функции синуса в точке x :

$$\lim [\sin(x + h) - \sin x] / h = [\sin(x)]'_x, \quad h \rightarrow 0.$$

Системное введение элементов дифференциального исчисления возможно также с помощью таблиц, основанных на иллюстрации пар: «объекты – операции», «операции – методы».

Пример иллюстрирует целесообразность формирования этапов вычисления производных в силу определения. Определения необходимы также при вычислении функций, заданных различными способами – в случае явного, неявного и параметрического задания. Операции для вычисления производных иллюстрируются в табл.

Пример. Пусть (для определенности) объекты – различными способами заданные функции – расположены по горизонтали, а по вертикали – операции (в данном случае – дифференцирование). Тогда можно вычислить производные, полученные в системе «объекты – операции – результаты», иллюстрируемые табл. 3.2.

Таблица 3.2

Операции дифференцирования для различных заданий функций

Объекты Операция	$y = f(x)$	$f(x, y) = 0$	$y = f(t),$ $x = g(t)$
1	2	3	4
Дифференцирование $\frac{dy}{dx} = f'_x(x)$	явно заданной функции: $\frac{dy}{dx} = \frac{f'_x dx}{dx} = f'_x(x)$	неявно заданной функции: $f'_x(x, y) =$ $= f'_x + f'_y \cdot y'_x = 0,$ $y'_x = -f'_x / f'_y$	параметрически заданной функции: $\frac{dy}{dx} =$ $= \frac{f'_t dt}{g'_t dt} =$ $= f'_t / g'_t$

В таблице иллюстрируется, что для вычисления производных

функций с различным заданием используется общее определение *производных как отношение двух дифференциалов*. Причем это определение рассматривается также как символ (обозначение) и как определение. В этой ситуации используется главная концепция установки «понятия – операции». Применение определения понятия дифференцирования для различно заданных функций приводит к промежуточным результатам, из которых производные вычисляются в силу основного определения.

Возможно установление различных структура связей между введенными раньше отдельными категориями – базисными понятиями, базисными действиями и базисными методами. В практике средней школы целесообразно вводить символические определения основных математических моделей. Примерами подобных моделей могут являться «символические определения» уравнений или неравенств.

2. Определения уравнений и неравенств. Уравнениями (неравенствами) являются объекты математики, которые представляют собой математические агрегаты, соединенные знаками равенства (неравенства). Под алгебраическими «агрегатами» понимаются совокупности переменных, соединенных алгебраическими операциями. «*Допредельными конструкциями*» можно назвать числовые (функциональные) последовательности, из которых следуют «*предельные конструкции*», которые формируются операцией предельного перехода.

Дифференциальными (интегральными) математическими конструкциями называются совокупности функций, связанных операциями дифференцирования (интегрирования). Тогда дифференциальные (интегральные) уравнения или неравенства можно определить как две математические дифференциальные (интегральные) конструкции, связанные отношением равенства или неравенства. Аналогично определяются другие типы соотношений, данные в приведенной далее табл. 3.3.

В зависимости от типа операций определяются различные типы уравнений и неравенств. В табл. 3.3 иллюстрируется формирование алгебраических, дифференциальных, интегральных уравнений и неравенств. Ряд этих объектов изучается в рамках основных образовательных программ общего среднего и высшего профессионального образования.

Таблица 3.3

Схема формирования различных классов уравнений и неравенств в математике

О п е р а ц и и	У р а в н е н и я	Н е р а в е н с т в а
Алгебраические операции над конструкциями математики	Алгебраические Уравнения	Алгебраические неравенства
Дифференцирование конструкций математики	Дифференциальные уравнения	Дифференциальные неравенства
Интегрирование конструкций математики	Интегральные уравнения	Интегральные неравенства
Функциональные преобразования конструкций математики	Функциональные уравнения	Функциональные неравенства
Сравнения по модулю объектов математики	Уравнения-сравнения	Неравенства-сравнения

При этом целесообразно ввести общин определения объектов математики, указанные в табл. 3.3. Можно формировать эти определения на основе «понятий объектов» как математических конструкций и «соотношений типа равенства или неравенства» между конструкциями. Математические конструкции можно описать совокупностью объектов (чисел, функций и др.), полученных

с помощью математических алгебраических или функциональных операций, операций дифференцирования, интегрирования или сравнения. Если между полученными математическими конструкциями (математическими агрегатами) можно установить соотношения типа «равенства или неравенства», то естественным образом формируются уравнения или неравенства. На основе сказанного можно ввести элементарное определение математических объектов, перечисленных в табл. 3.3. Тогда уравнения и неравенства – это «два агрегата, связанные соотношениями равенства и неравенства». Такое короткое определение может быть конкретизировано на широкие классы уравнений и неравенств с помощью определений математических конструкций (агрегатов), что иллюстрируется в примере.

Пример. Пусть математические конструкции имеют вид:

- алгебраические конструкции (агрегаты);
- дифференциальные конструкции (агрегаты);
- интегральные конструкции (агрегаты);
- функциональные конструкции (агрегаты);
- конструкции на основе сравнений по модулю (агрегаты).

Установление между этими математическим агрегатами соотношений типа «равенств» или «неравенств» определяют соответствующие уравнения и неравенства. Подобные схемы введения понятий могут быть естественными и способствовать содержательному введению базисных понятий. Они могут дополнять привычные определения: уравнения вида (1) называются алгебраическими, дифференциальными и т. д. Такая форма позволит обучающемуся освоить *«русский математический язык»*, а также *«русский физический язык»*, а также русский язык, используемый в научных областях знаний.

3. Обратные технологии интервальные оценки уровней сформированности знаний, умений и навыков. Рассмотрим элементы интеллектуальных технологий, которые построены на

системно-аналитической концепции «обратного типа». К таким обратным технологиям будем относить технологии формирования задач по геометрии.

Пример. Пусть задачи поставлены таким образом, что требуется не только умение решать задачи, но и формировать их. Как упоминалось выше, весьма эффективно при этом использовать «обратные технологии». Обратные технологии – это технологии, которые использованы при формировании (составлении) исходных задач, причем владение обратными технологиями весьма важно для получения осознанного высшего или среднего образования.

Поскольку геометрия изучает отношения между геометрическими фигурами, к которым относятся: точки, прямые, фигуры, кривые, плоскости, фигуры, то эти понятия являются категориями, иллюстрируемыми в табл. 3.4.

Таблица 3.4

К определению базисных понятий геометрии

ТОЧКА	Определение точки
ПРЯМАЯ	Определение прямой
ФИГУРА	Определение фигуры

Возникает вопрос о том, какие «операции» можно выполнить над этими категориями для того, чтобы получить совокупность задач. В этой связи в качестве примера рассмотрим системную характеристику «категорий» и возможных «операций», представленную в табл. 3.5. К их числу можно отнести действия «сдвиг» и «пересечение». Далее для формирования задачи необходимо дать содержательную формулировку комплекса задач.

При этом операция «сдвига» порождает новые объекты – категории, а операция «Пересечение» позволяет определить комплекс задач по определению точек попарного пересечения фигур,

Таблица 3.5

**Обратные интеллектуальные технологии для задач
геометрии**

Операции Объекты	Сдвиг	Пересечение
<p align="center">Точки числовой прямой, плоскости или пространства</p>	<p align="center">Задачи: 1) анализ <i>расстояний</i> между <i>сдвинутыми точками</i> отрезка числовой оси, плоскости, пространства 2) синтез заданных сдвигов точек по за- данным ограничениям по расстоянию на прямой, плоскости или в пространстве</p>	<p align="center">Задачи: 1) анализ <i>расстояний</i> между точками отрезка числовой оси, плоскости, пространства 2) синтез условий пересече- ния отрезков числовой прямой, плоскости, пространства</p>
<p align="center">Отрезки числовой оси, плоскости или пространства</p>	<p align="center">Задачи для отрезков: 1) анализ и синтез <i>требований по задан-</i> <i>ным расстояниям или</i> <i>углам к граничным</i> <i>точкам сдвинутых</i> <i>отрезков</i> на числовой оси, плоскости или в пространствах</p>	<p align="center">Задачи для прямых: 1) анализ и синтез <i>требований по усло-</i> <i>виям пересечения к</i> <i>граничным точкам</i> <i>отрезков</i> на числовой оси, плоскости или в пространствах</p>
<p align="center">Плоскости в алгебраических структурах (ли- нейных простран- ствах векторов или функций и др.)</p>	<p align="center">Задачи анализа и синтеза для сдвинутых плоскостей</p>	<p align="center">Задачи анализа и синтеза для пересекающихся плоскостей</p>
<p align="center">Многообразия</p>	<p align="center">Задачи анализа и синтеза для много- образий, преобразо- ванных сдвигом</p>	<p align="center">Задачи анализа и синтеза для пересекающихся многообразий</p>

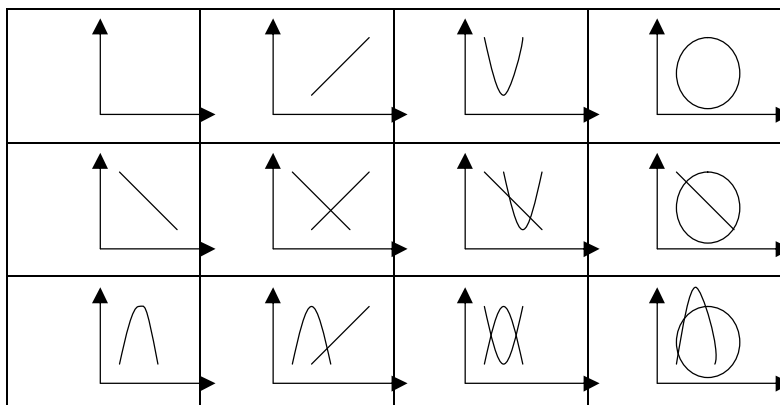
иллюстрированных в табл. 3.5. Необходимо учесть, что на основе данных последней таблицы можно сформулировать комплекс классических задач, к которым относятся «задачи о встрече поездов», движущихся навстречу друг другу по различным типам траекторий, совпадающим с приведенными выше линиями в табл. 3.4 и 3.5.

В табл. 3.6 содержатся данные для «технологии генерации задач», когда по указанным плоским «кривым» могут перемещаться объекты с заданными скоростями, для которых можно определить «точки встречи», «условия развязки» и др. Это иллюстрирует «прозрачность» обратных технологий формирования задач.

Таким образом, приведенный пример иллюстрирует применение «обратных» технологий для формирования задач, которые могут использоваться учащимися при решении прямых

Таблица 3.6

К иллюстрации понятийно-операциональной технологии формирования комплекса задач



задач. При этом отмеченные выше «обратные технологии» и их обобщения могут использоваться при формировании задач алгебры, например, при формировании задач путем выполнения алгебраических операций над обеими частями исходного равенства с помощью некоторого алгоритма, иллюстрируемого примером.

Пример. Рассмотрим алгоритм формирования задач по алгебре, относящихся к разделам, связанных с решением уравнений, на основе схемы «понятия – операции»:

Шаг 1: принимаем, что $X = a$.

Шаг 2: $\sin X = \sin(a)$.

Шаг 3: $\ln |\sin X| = \ln |\sin(a)|$.

Если далее положить, что $\ln |\sin X| = b$, то в результате можно получить один из вариантов задачи по формированию нелинейного алгебраического уравнения, решение которого является очевидным с учетом порядка приведенных операций и ограничений на корректность каждой из этих операций.

Таким образом, применение определенного набора операций можно сформировать алгебраические уравнения, решение которого формулируется на основе операций, которые являются обратными для приведенных выше операций. Необходимо учесть, что метод решения является обратным по отношению к прямому алгоритму.

Рассмотрим пример применения интеллектуальных технологий при изучении элементарных функций.

Пример (технологии введения элементарных функций). Рассмотрим системную технологию введения тригонометрических функций: $Y = \sin x$; $Y = \cos x$; $Y = \operatorname{tg} x$; $Y = \operatorname{ctg} x$. По определению функция синуса угла треугольника определяется как отношение длины катета, противолежащего относительно данного угла к длине гипотенузы. Весьма удобно вводить аналогичные функции как функции кривых второго порядка или каких-либо других кривых (окружности, эллипса, гиперболы, параболы, экспоненты и т. д.). При этом важно понимать, что функции кривых определяются достаточно наглядно:

- $\sin x$ – отношение ординат кривой к длине соединяющего радиуса;
- $\cos x$ – отношение абсциссы кривой к длине радиуса;

- $\operatorname{tg} x$ – отношение ординаты к абсциссе кривой либо как агрегат двух функций $\sin x$ и $\cos x$, причем данная функция строится в последнем случае с помощью операции деления;
- $\operatorname{ctg} x$ – агрегат $\cos x$ и $\sin x$, определенный операцией деления.

В последних вариантах введения рассматриваемых функций использовались понятия агрегатов, под которыми понимались конструкции, полученные на основе связывания исходных функций операцией деления. В табл. 3.7 определены операции типа сложения «+»,

вычитания «-», умножения «*» и деления «/» и др., образующие новые функции. В табл. 3.7 определены также базисные категории $\sin x$ и $\cos x$, определившие алгебраические функции.

Системное введение новых функций геометрических фигур (функций) иллюстрируется в табл. 3.8. На множестве введенных операций можно строить соответствующие исчисления тригонометрических функций. Приведенные примеры иллюстрируют варианты формирования интеллектуальных технологий для различных по смыслу задач.

Таким образом, рассмотренные положения иллюстрируют основные категории, используемые при формировании интеллектуальных технологий. Эти результаты позволяют ответить на два вопроса: «чему должна обучаться личность» и «как должна обучаться

Таблица 3.7

Примеры формирования агрегатов

Операции	«+»	«-»	«*»	«/»	«EXP»
Функции	$\sin x + \cos x$	$\sin x - \cos x$	$\sin x * \cos x$	$\operatorname{tg} x$	$\exp(\sin x)$
		$\cos x - \sin x$		$\operatorname{ctg} x$	$\exp(\cos x)$

Таблица 3.8

**К определению классических и «обобщенных»
тригонометрических функций**

Окружность	Эллипс	Гипербола	Экспонента	Синусоида
$\sin x$ – классический (круговой) синус	$\sin x$ – эллиптический синус	$sh x$ – гиперболический синус	$expsin x$ – экспоненциальный синус	$Ssin x$ – «синусоидальный» синус
$\cos x$ – классический (круговой) косинус	$\cos x$ – эллиптический косинус	$ch x$ – гиперболический косинус	$txpcos x$ – экспоненциальный косинус	$Scos x$ – «синусоидальный» косинус
$tg x, ctg x$ – классические (круговые) тангенс и котангенс	$tg x, ctg x$ – эллиптические тангенс и котангенс	$th x, cth x$ – гиперболические тангенс и котангенс	$txptg x, expctg x$ – экспоненциальные тангенс и котангенс	$Stg x, Sctg x$ – синусоидальные тангенс и котангенс

личность». Приведенные результаты – это один из путей к созданию собственных интеллектуальных технологий обучающихся в высшем и среднем образовании.

4. Математика и интеллектуальные технологии общепрофессиональных дисциплин. Общепрофессиональные дисциплины в области техники и технологии можно характеризовать широким спектром используемого фундамента. Поэтому изучение дисциплин этого типа встречает определенные трудности. Эти трудности связаны с разнообразием фундаментов, на которых изучаются дисциплины. Ниже в табл. 3.9 приведена системно-аналитическая характеристика применения математических методов для формирования содержания и методов анализа и синтеза общепрофессиональных дисциплин на основе концептуального принципа «категории – действия».

Таблица 3.9

**Характеристика применения математического фундамента
для описания базисных моделей методов
общепрофессиональных дисциплин**

Математика как базисная наука	Теоретические основы электротехники	Схемотехника	Теория автоматического управления	Системный анализ и принятие решений	Защита информации
Базисное понятие – уравнение	Уравнения электрических цепей	Уравнения электронных цепей	Уравнения динамики систем	Уравнения систем	Уравнения компьютерных сетей
Базисные операции – $\lim, d/dt$	Вычисление пределов или производных	Вычисление пределов или производных	Вычисление пределов или производных	Анализ асимптотических свойств	Анализ предельных свойств
Базисные методы – интегральные преобразования Фурье или Лапласа	Вычисление частотных или передаточных характеристик	Анализ частотных свойств, вычисление передаточных характеристик	Вычисление асимптот процессов, вывод соотношений для частотных или передаточных функций	Модели принятия решений с помощью частотных свойств	Модели компьютерных сетей на основе частотных свойств

5. Генерация знаний в образовании и науке. Эффективность развития образования в значительной степени определяется интеллектуальным развитием общества. Интеллектуальность

общества рассматривается как способность достаточной части общества формировать интеллектуальные продукты, обеспечивающие гармоничное развитие государства по основным гарантирующим направлениям деятельности.

Интеллектуальные продукты в широком смысле определяют широкий спектр гарантирующих основ эффективной государственной научной политики в различных сферах прикладной деятельности. Важной составляющей интеллектуализации является генерация знаний как категория, определяющая процесс, приводящий к новым результатам – новым знаниям, характеризующим новый этап гарантирующего развития. В докладе рассматриваются концептуальные установки одного из этапов формирования интеллектуального потенциала общества, связанного с генерацией знаний.

Генерация знаний в высокоинтеллектуальной среде определяется объективными, субъективными, потенциальными, эмоциональными, мотивационными и другие компонентами интеллектуального потенциала, и **порождает новые знания как интеллектуальные**

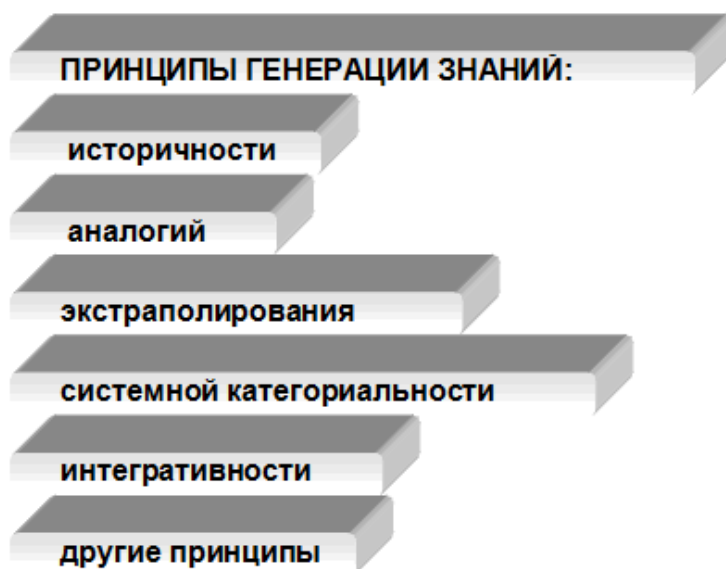


Рис. 3.2. Принципы генерации знаний

или информационные продукты, определенные целевыми установками. В этой связи определяются концептуальные принципы формирования новых знаний как интеллектуальных продуктов, целесообразных для государства, общества и личности.

Интеллектуальные принципы характеризуется классическими философскими основами: историчностью, концептуальностью, категориальностью, свойствами парности, триадности или n-арности оценки результата и многими другими принципами. Характерно, что при решении новых проблем используются принципы, к числу которых относятся наряду с перечисленными выше такие, которые **порождают технологичность генерации новых знаниевых продуктов**. Интеллектуальные технологии являются методами получения новых знаний как интеллектуальных продуктов на основе преобразования совокупности исходных интеллектуальных продуктов в новые продукты с более высокими интеллектуальными потенциалами.

Можно констатировать исторически пройденные этапы генерации знаний. В этой связи на первых этапах отмечается стихийность, эмоциональность получения знаний применительно к личностному и государственному аспектам. В настоящее время генерация знаний исходит из принципов регулярности, системности, гарантированности, эффективности. В последнее время многие факторы новизны и генерация знаний определяются инновационными процессами. Процессы инновации, по-видимому, существовали в различные исторические периоды, однако не были выделены определенной категорией.

В настоящее время выделение категории «инновация» приводит к ее распространению этого понятия на многие области и формированию расширительных определений в спектре генерации знаний в различных областях в теоретических и прикладных исследованиях, что в системном аспекте иллюстрируется в табл. 3.10. Эффективность инноваций требует формирования

определенных технологий, которые тесно связаны с инновациями. В докладе иллюстрируются **инновационные технологии генерации знаний для различных областей науки**, характеристика результатов которых дана в табл. 3.10.

Приведенные некоторые результаты и примеры из различных областей научного и прикладного знания, когда инновационные технологии **позволяют получить новые результаты** – конечные объекты генерации знаний в самых различных областях интеллектуального производства, иллюстрируются в табл. 3.10. Представляет интерес обобщение процессов управления генерацией знаний в вузах России.

Таблица 3.10

Оценки характеристик инновационных технологий генераций знаний

Область знаний	Технологии генерации знаний	Характеристика новых знаний
Математика	Историко-логические технологии, системно-логические технологии	Экстенсивные знания, Знания системно-категориальной общности
Физика	Историко-логическая технология	Экстенсивные результаты
Химия	Интегрирующие технологии	Уравнения математической физики химических процессов
Электроника	Историко-логические технологии Интегрирующие технологии	Электронная эмиссия, полупроводниковые эффекты (приборы) Квантовые эффекты и квантовые вычисления на основе квантовой механики и вычислительных методов

Приведенные концептуальные характеристики технологий генерации знаний могут служить организационной основой для совершенствования методов научного поиска новых результатов.

6. Интервальные оценки уровней компетентности и уровней интеллектуальных технологий. Как следует из сказанного выше, интеллектуальные технологии позволяют сформировать различные уровни компетенций и компетентности. **Минимально необходимый уровень** сформированности компетенций как знаний, умений и навыков обеспечивает решение типовых задач, предусмотренных основными образовательными программами (ООП) ВПО. Этот уровень соответствует владению **«прямыми технологиями»** выпускников. **Верхний уровень** владения компетенциями, сформированный на основе освоения ООП ВПО, соответствует владению **«прямыми и обратными технологиями»** как технологиями решения типовых и нестандартных задач. Верхний уровень соответствует компетенциям по генерации новых задач в рамках ООП, определяют повышенный уровень подготовки выпускников.

Нижний и верхний уровни компетенций определяют *интервальные оценки сформированности компетенций* и соответствуют конструктивной социально-профессиональной адаптации. Интервальные уровни владения компетенциями позволяют выделить **«двойственный аспект»** в подготовке компетентных выпускников. Уровни владения компетенциями могут быть выбраны в **качестве интервального критерия** сформированности компетенций как знаний, умений и навыков в решении профессиональных задач ООП.

Таким образом, верхние и нижние достижимые владения знаниями, умениями и навыками, могут использоваться в качестве границ интервальных оценок. Нижние уровни оценок могут соответствовать умениям и навыкам в решении традиционных задач, которые соответствуют прямым технологиям. Верхние

оценки уровней знаний, умений и навыков определяются умениями и навыками по генерации новых задач, которые определяют уровень владения прямыми и обратными технологиями, включая технологии математического творчества.

3.5. МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Рассматриваются интеллектуальные технологии информатики на основе ее определения как дисциплины, построенной на математическом типе фундамента. Дается краткая информация о средствах информатики.

1. Определение и структура информатики. Современная информатика как область научного знания находит широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. Весьма важна роль информатики в гуманитарных областях. Рассмотрим основные определения информатики, методы и современные средства при решении широкого спектра задач (например, задач информационного обмена в области гуманитарных знаний, использование методов принятия решений для получения совещательных экспертных заключений, опирающихся на нетрадиционные схемы анализа аргументов и фактов). Основным понятием информатики является информация. Информация в общем смысле слова – это сведения, обмен сведениями, передача сведений, которые следуют из сообщений радио, телевидения.

Информация с точки зрения кибернетики (науки, занимающейся управлением – целенаправленным воздействием) интуитивно также определяется как некоторые данные, которые непрерывно уточняются. Информация может носить качественный характер (например, большие или маленькие объекты и т. п.), однако во многих случаях можно пренебречь качественными особенностями информации и выразить ее числом. Этим числом

определяются возможности передачи информации по каналам связи и ее хранение в памяти. Информация может иметь весьма разнообразные формы, иллюстрируемые примерами.

Пример. Равенство $a = b$ дает информацию относительно a и b . Второе равенство $a^2 = b^2$ дает меньшую информацию, так как эти равенства не равносильны, поскольку последнее равенство верно также в том случае, когда $a = -b$. Однако равенство $a^3 = b^3$ равносильно первому, поскольку это различные формы задания одной и той же информации.

Пример. Пусть проводится социологическое обследование населения. Тогда результаты произведенных с ошибками измерений некоторой величины (дохода, возраста и т. п.) и вычисленное на их основе среднее арифметическое дает точную информацию о среднем значении (математическом ожидании), если закон распределения измеряемых величин нормальный с известной дисперсией. Последнее условие следует из законов математической статистики.

В настоящее время под информатикой понимают науку об общих методах и средствах получения, хранения, поиска, передачи и обработки информации об объектах, явлениях и процессах окружающего мира, в гуманитарных, социально-экономических, хозяйственных и других сферах жизни и деятельности общества. Среди современных методов и средств поиска и передачи информации можно назвать глобальные компьютерные сети типа Internet и другие локальные информационно-вычислительные, информационно-управляющие сети.

Информатика как наука базируется на целом ряде гуманитарных, математических, естественнонаучных и инженерных областей знания. Широкий спектр фундаментальных основ информатики определяется многогранностью ее применения, а также использованием развитого арсенала информационных средств. Изложим вкратце ее научные основы и технические средства.

Теория информации берет свое начало в работах К. Шеннона (1948 г.), который предложил способ измерения числом количества информации, содержащейся в одном случайном объекте (событии, величине, функции и т. п.). В качестве минимального количества информации используется «бит» – двоичная единица измерения количества информации. Для хранения в ЭВМ одного бита используется один разряд двоичной системы счисления. Набор из 8 битов составляет байт (количество информации в трех двоичных разрядах). Производные единицы: килобайт (сокращенно Кбайт = 1 Кбайт = 1024 байт) и мегабайт (Мбайт = 1024 Кбайт). Отдельное направление этой теории, например, алгоритмическая теория информации, представляет собой раздел математической логики, уточняющий и изучающий понятие информации на основе понятия алгоритма и вычислимой функции (алгоритм – точное предписание для решения поставленной задачи). Математика как фундамент информатики используется во всех своих возможностях в зависимости от типов решаемых задач и используемых математических моделей.

Принятие решений является относительно новым разделом математики, посвященным изучению процедур поиска решений в условиях полной или частичной неопределенности. В этой ситуации всегда имеется риск принятия неправильного решения. Используются методы системных матриц, теории риска, комбинаторной аппроксимации, нечетких множеств и чисел, статистического или логического вывода и др.

Теория алгоритмов изучает общие свойства алгоритмов, базирующиеся на понятии вычислимой функции. Развитию теории алгоритмов способствовало уточнение понятия алгоритма применительно к идеализированным вычислительным машинам. Для записи алгоритмов существуют различные алгоритмические языки, представляющие собой совокупность необходимых символов и правил.

Базы данных и знаний являются совокупностью данных или знаний, организованных по правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными или знаниями. Базы данных и базы знаний – это информационные модели предметной области. Существуют различные базы данных и знаний, рассматриваемые далее.

Вычислительные средства информатики реализуют методы информатики. К средствам информатики относятся вычислительные системы и комплексы, локальные и глобальные компьютерные сети. Анализ истории развития вычислительных средств информатики приводит к выводу о логических принципах построения средств. Особенно важную роль играет принцип аналогии.

2. Инфосфера интеллектуальных компьютерных коммуникаций. В течение нескольких последних лет отмечается устойчивая тенденция ускоренного развития индустрии телекоммуникаций. Такая тенденция отражает тот факт, что на пороге XXI века именно *информация* становится стратегическим ресурсом, а наибольший экономический и социальный успех сопутствует тем, кто активно использует современные средства компьютерных телекоммуникаций и сетевые приложения: глобальную сеть Internet, электронную почту, дистанционное обучение, телевидение, телеконференции, визуализацию моделирования, компьютерную графику, телемедицину и др.

Все эти приложения и связанные с ними прикладные задачи требуют создания нового класса телекоммуникационных сетей и систем управления ресурсами, которые обеспечивают оптимизацию режимов работы сети и гарантируют заданное качество сервиса. Перенесенные на электронные носители информации информационные ресурсы приобретают качественно новое состояние. Доступная для оперативного воспроизводства средствами компьютерной обработки, информация превращается в важный фактор социального развития общества на основе

применения новых технологий образования и науки. По оценкам экспертов, влияние этих технологий на экономику, науку и образование будет еще более радикальным, чем создание в 80-х годах персонального компьютера (Personal Computer – PC).

Применение оптических цифровых телекоммуникационных систем обеспечивает значительное повышение скорости передачи информации в магистральных каналах связи и позволяет перейти к технологиям, ориентированным на мобильные средства персональных коммуникаций (Personal Communications – PCs). Эти средства делают возможным создание нового класса интегрированных телекоммуникационных систем передачи информации в любой из существующих форм: голос, цифровые данные или видеоизображения, как с фиксированного рабочего места, так и при перемещении пользователя или при изменении точки его подключения к сети. Важнейшим элементом таких систем являются интеллектуальные системы управления, обеспечивающие адаптивные функции конфигурирования сетевых адресов и параметров серверов имен.

Развивая глобальные системы телекоммуникаций и средства мобильных вычислений, общество создает новую универсальную интеллектуальную информационную среду – *инфосферу*, которая является важнейшей составляющей ноосферы Вернадского. Технические аспекты создания такой среды рассматриваются далее на примере сети Internet и модели интеллектуальной информационной инфраструктуры (ИИИ), основанной на протоколе АТМ и средствах коммутации виртуальных каналов.

3. Из истории Интернета. Ретроспективный анализ технических аспектов реализации проекта создания сетевой архитектуры на базе протоколов TCP/IP, получившей название Интернет (Internet), является отправным этапом в формулировке базовой концепции интеллектуальных компьютерных коммуникаций. Понимание философии этого проекта и основных элементов

сетевой архитектуры Интернет может быть также полезно для тех, кто стремится наиболее полно использовать сетевые ресурсы и новые приложения для сетей на базе протокола TCP/IP.

Главная цель проекта Интернет состояла в разработке эффективного метода мультиплексирования существующих в то время сетей для придания им более широких сервисных возможностей. Альтернативный вариант разработки совершенно новой сети, которая могла бы заменить существующие в США сети ARPANET и ARPA packet radio network, был отвергнут из-за его высокой стоимости. Это было первое проектное решение, которое повлияло на выбор базового элемента архитектуры сети: *Internet должна была объединить, а не заменить существующие сети*. Для этой цели было предложено использовать метод мультиплексирования на основе коммутации пакетов переменной длины.

Следующим базовым элементом сети Internet явилась технология управления коммутацией или маршрутизацией пакетов. Для этой цели было предложено использовать специальные коммуникационные процессоры (routers) и шлюзы (gateways), запоминающие, обрабатывающие и перенаправляющие пакеты в соответствии с сетевым адресом их получателя и текущей структурой сети. Именно эти два решения определили базовую концепцию (парадигму) и архитектуру сети Internet. Итак, Internet – это объединенная сеть, использующая технологию статистического мультиплексирования и устройства маршрутизации пакетов типа «запомнить и передать» (store and forward).

Заказчиком Internet выступало военное ведомство США, и его позиция определяла следующие приоритеты целей при проектировании сети:

1. Выживаемость сети: взаимодействие через сеть Internet продолжается и в том случае, когда выйдут из строя отдельные участки сети или часть коммутационных процессоров.

2. Поддержка различных типов сервиса (support multiple types of service): удаленный доступ, передача файлов, разделение сетевых ресурсов.

3. Интеграция различных типов сетей (accommodate a variety of networks): TCP/IP, DECnet, SNA, IPX.

4. Распределенное оперативное управление ресурсами (distributed management) при централизованном администрированном контроле за распределением сетевых адресов.

5. Приемлемая стоимость разработки и создания сети (cost effective);

6. Простота реализации соединения: подключение отдельных устройств и пользователей должно быть простым (host attachment with a low level effort);

7. Оперативный учет всех ресурсов сети (the resources must be accountable).

Заметим, что в этом списке приоритеты перечислены в порядке их значимости. Поэтому на проектирование Internet, прежде всего, оказало влияние первое требование заказчика - выживаемость (survivability) сети (естественное для военного заказчика проекта). В то же время оперативному учету сетевых ресурсов, что важно, например, для коммерческих приложений, на стадии проектирования уделялось мало внимания. Аналогично, цель достижения стоимостной эффективности, безусловно, присутствует в списке приоритетов, но стоит после таких требований, как обеспечение распределенного управления и необходимость интеграции различного типа сетей.

Рассмотрим проектные и технические решения, которые были приняты для достижения сформулированных выше целей. Важнейшее из них есть обеспечение сетевого сервиса даже в условиях частичного разрушения сети и выхода из строя части коммуникационных процессоров (gateways). Поэтому если два узла обмениваются сообщениями через Интернет, то временные

неисправности сети не должны приводить к прерыванию их текущего взаимодействия. Понятно, что такое требование можно выполнить только при выделении в архитектуре сети нескольких логически независимых уровней и введения различных транспортных интерфейсов, обеспечивающих коммуникационную связь и синхронизацию между узлами или различными сетевыми приложениями.

Чтобы в полной мере удовлетворить первому требованию, необходимо гарантировать, что синхронизация между взаимодействующими сетевыми задачами не теряется, пока существует любой физический путь, через который это взаимодействие может осуществляться. Другими словами, с точки зрения транспортного интерфейса, взаимодействие прерывается только при полном разрушении канальной инфраструктуры между узлами. Чтобы это обеспечить, информация о текущих параметрах происходящего взаимодействия должна быть защищена (к такой информации относятся: число переданных пакетов, число подтвержденных пакетов, текущие данные о правах доступа к данным и т. д.). В принципе возможно, чтобы эти сведения хранились в промежуточных узлах сети, через которые осуществляется обмен данными. Однако, в этом случае для обеспечения необходимого уровня защиты информация должна дублироваться во всех узлах, что существенно усложняет протоколы взаимодействия пользователей и снижает скорость передачи сообщений.

Альтернативный вариант предполагает, что информация о параметрах соединения концентрируется в точках, которые инициировали текущее сетевое соединение. Только при их разрушении взаимодействие прерывается, так как теряется и смысл самого соединения. Именно такое решение было положено в основу организации транспортного интерфейса, ответственного за синхронизацию взаимодействия сетевых приложений в Internet. При использовании подобной архитектуры упрощается структура

сети и функции промежуточных коммуникационных процессоров (шлюзов), которые теперь не обязаны хранить и передавать оперативную информацию о каждом из текущих взаимодействий. В результате шлюзы превращаются в узлы переключения так называемых дейтаграмм (datagram) – или пакетов, в которых содержатся как сами данные, так и адреса их источника и получателя. Таким образом, для Internet была принята архитектура «дейтаграммной» сети, гарантирующая логическую связанность и защищенность данных на уровне сетевых приложений, а не на уровне отдельных пакетов.

Следующая цель, которая также должна обеспечиваться средствами транспортного уровня Internet состоит в необходимости поддержки различного типа сетевого сервиса. Базовый сервис – это двунаправленный поток данных, который обычно называют «виртуальной цепью». В архитектуре Internet такая цепь обеспечивается средствами протокола TCP (Transmission Control Protocol). Этот вид сервиса имеет несколько вариантов: удаленный доступ через сеть к ресурсам ЭВМ (требует малых задержек и невысокой пропускной способности каналов); передача файлов между удаленными узлами сети (сервис нечувствительный к задержкам, но требующий высокой пропускной способности каналов). Так как в функции транспортного уровня Internet входит также задача обеспечения определенного уровня надежности передачи данных, то, например, цифровая передача голоса через компьютерную сеть, необходимая для проведения телеконференций, уже не может быть реализована только средствами протокола TCP. Для этого вида сервиса основным требованием является минимизация задержек или их плавное изменение, а также обеспечение упорядоченной доставки пакетов между двумя взаимодействующими узлами. Если пакеты не прибыли в адрес назначения в ожидаемой последовательности, то практически невозможно восстановить сигнал в реальном масштабе времени. Одно из

важных наблюдений, сделанных при практическом использовании «пакетных сетей» для доставки данных состоит в том, что механизм управления задержками является наиболее серьезным источником самих задержек.

Поэтому, на ранних стадиях проектирования архитектуры Internet было принято решение о поддержке нескольких вариантов транспортного сервиса, которые обеспечат необходимый уровень надежности, задержек и пропускной способности для различного типа приложений. Для этого первоначально созданный протокол TCP был разделен на два уровня: TCP и IP протоколы.

В результате протокол TCP стал обеспечивать только один из требуемых типов сервиса – надежный поток данных между двумя узлами сети, в то время как протокол IP или Internet Protocol должен обеспечить базовые блоки, из которых могли бы строиться другие типы транспортного сервиса. Этими блоками стали «дейтаграммы», использование которых, как было показано выше, отвечает и требованиям выживаемости сети. Таким образом, в архитектуру сети была заложена возможность построения различных типов сервисных услуг на основе «дейтаграмм» с использованием алгоритмов, реализуемых с помощью универсальных вычислительных средств непосредственно на рабочих местах пользователей сети. Данная возможность явилась одной из причин разработки нового класса компьютеров – так называемых рабочих станций, которые обладают значительными вычислительными ресурсами для реализации различного класса коммуникационных протоколов и программных интерфейсов, а в их операционную систему (в подавляющем числе случаев операционная система UNIX или ее различные варианты) встроен полный набор сетевых протоколов.

Архитектура Интернет также должна была использоваться для интеграции различного типа пакетных сетей (третья по

приоритету цель). Благодаря гибкости дейтаграммного транспортного механизма, эта цель обеспечивается с помощью средств инкапсуляции данных, получаемых из других сетей, в пакеты, формируемые IP протоколом. Все остальные виды сетевого сервиса, например, изохронная, широковещательная или приоритетная передача данных, которые непосредственно не обеспечиваются функциональными возможностями набора протоколов TCP/IP, должны реализовываться как дополнительные сетевые интерфейсы прикладного уровня для конкретных задач пользователя.

Следует подчеркнуть, что ошибочно было бы считать причиной использования «дейтаграмм» требования гарантировать функциональные возможности сервиса высокого уровня. Хотя часть приложений действительно использует механизм дейтаграммного взаимодействия, например, сетевая файловая система – NFS, но большинство задач прикладного уровня нуждаются в более интеллектуальной транспортной модели, чем «дейтаграммная» схема.

Как известно, носителем информации могут являться различные сигналы в виде электромагнитных, световых, звуковых волн. В совокупности со средствами по преобразованию этих сигналов в цифровую и аналоговую форму они составляют *технические средства телекоммуникации*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вейль Г. Математическое мышление. М.: Наука, 1989.
2. Высокие интеллектуальные технологии образования и науки / Под ред. Ю.С. Васильева, В.Н. Козлова. СПб.: СПбГТУ. 1996.
3. Гусев С.С., Гусева Е.А. Взаимодействие образовательных процессов в научном и техническом творчестве. Л.: Наука, 1989.
4. Каширин В.П. Философские вопросы технологии. Томск: ТГУ, 1988.
5. Мантуров О.В., Солнцев Ю.К., Сорокин Ю.И., Федин Н.Г. Математика в определениях, понятиях, терминах / Под ред. Л.В. Сабина. М.: Просвещение. 4.1, 1978: Ч. 2, 1982.
6. Математическая энциклопедия / Под ред. И.М. Виноградова. М.: Наука. 4.1, 2, 1977.
7. Многоуровневая система высшего образования Российской Федерации. СПб.: СПбГТУ, 1993.
8. Моисеев Н.Н. Современный рационализм. М.: МГВП КОКС, 1995.
9. Петров М. К. Самосознание и научное творчество. Ростов-на-Дону: РГУ, 1992.
10. Ракитов А.И. Цивилизация, культура, технологии и рынок / Вопросы философии, 1992. № 5. С. 3-15.
11. Субетто А.И. Творчество, жизнь, здоровье и гармония. Этюды креативной онтологии. М.; Логос, 1992.
12. Техническое творчество: теория, методология, практика / Под ред. А.И. Половинкина, В.В. Попова. М.: НПО «Информсистема», 1995.
13. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М.: Мир, 1990. 206 с.
14. Де Грот. Оптимальные статистические решения. М.: Мир, 1987, 491 с.
15. Цурков В.И. Декомпозиция в задачах большой размерности. М.: Наука, 1991. 351 с.

16. Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации. М.: наука, 1990. 157 с.
17. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к понятию приближенных вычислений / Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 165 с.
18. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов.- М.: Наука, 1975.
19. Гроп Д. Методы идентификации систем.- М.: Мир, 1979.
20. Коцуба О.А. Статистические оценки параметров при коррелированных помехах. Дисс. на соискание ученой степени д. т. н. СПб.: СПбГПУ, 1990.
21. Козлов В.Н. Метод нелинейных операторов. Л.: изд. ЛГУ им. А.А. Жданова.- 1986. 168 с.
22. Козлов В.Н. Математика и информатика. СПб.: Питер, 2004. 265 с.
23. Козлов В.Н., Куприянов В.Е., Заборовский В.С. Вычислительные методы синтеза САУ. Л.: изд. ЛГУ им. А.А. Жданова, 1989. 232 с.
24. Козлов В.Н., Куприянов В.Е., Шашихин В.Н. Вычислительная математика и теория управления. СПб.: СПбГТУ, 1996.180 с.
25. Козлов В.Н., Магомедов К.А. Негладкие операторы и электрические цепи. СПб.: СПбГПУ, 2003.
26. Козлов В.Н., Магомедов К.А. Негладкие операторы и распределенные системы. Модели теплопроводности. СПб.: изд. СПбГПУ.-2003.
27. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика.- М.: Горячая линия-Телеком, 2001. 382 с.
28. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Изд. Физико-математической литературы, 2001. 224 с.
29. Липцер Р.Ш., Ширяев А.Н. Теория мартигалов.- М.: Наука, 1986.
30. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта / Пер. с фр. М.: Мир, 1991. 558 с.

31. Малиас Дж. Реляционный язык Пролог и его применение / Пер. с англ.; под ред. В.Н. Соболева. М.: Наука, 1990. 464 с.
32. Месарович , Такахаро, Мако. Теория многоуровневых иерархических систем. М.: Мир, 1975. 400 с.
33. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989. 230 с.
34. Приобретение знаний / Пер. с яп.; под ред. С. Осуги, Ю. Саэки. М.: Мир, 1990. 304 с.
35. Троицкий В.А. Оптимизация колебаний. М.: Наука, 1978. 310 с.
36. Первозванский А.А. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация, 1979. 350 с.
37. Фомин В.Н., Фрадков А.Л., Якубович В.А. Адаптивное управление динамическими объектами.- М.: Наука, 1980.
38. Ширяев А.Н. Вероятность. М.: Наука, 1980.
39. Экспертные системы / Пер. с англ.; под ред. Р. Формайта. М.: Радио и связь, 1987.- 256 с.
40. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений. М.: ПРОСПЕКТ. 2010, 2011. 168 с.

**ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО НЕКОТОРЫМ РАЗДЕЛАМ
ДИСЦИПЛИНЫ «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, ОПТИМИЗАЦИЯ
И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ»**

Приводятся материалы для тестовой проверки знаний и умений по разделам дисциплины «Системный анализ, оптимизация и принятие решений», включая методологические основы и основные методы исследования систем управления. Сформулированы различные типы тестовых заданий для контроля базисных понятий, операций и методов, включающие: «открытые вопросы», «закрытые вопросы», «последовательности» и «соответствия».

**4. ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

4.1. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ

Тест 4.1. Какой принцип лежит в основе методов анализа и исследования систем управления инновационной деятельностью:

- принцип идеализации принцип моделирования
- принцип адекватности мыслительный принцип

Тест 4.2. Какова методика задания целей инновационных процессов

с помощью функционалов с помощью дерева целей формализованными требованиями ограничениями на процессы уровневыми средствами

Тест 4.3. Основными принципами системного анализа являются

- принцип полноты принцип целеполагания и ограничения
- принцип допустимости, рациональности, оптимальности принцип аналогий
- принцип конструктивности

Тест 4.4. Дополните парные конструкции в стратегии разрешения конфликтов, характерных для системного анализа

- «стабильность –» «свобода –» «..... – инновации»
- «планирование –».

4.2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Тест 4.5. Какие методы являются основными для принятия решений в условиях определенности:

- методы математического программирования методы предсказания методы целеполагания и ограничения вариационные методы методы допустимости методы аналогий

Тест 4.6. Какие методы являются основными для принятия решений в условиях неопределенности:

- методы символического программирования методы системных матриц методы комбинаторной оптимизации вариационные методы методы совмещения методы аналогизации методы комбинаторной аппроксимации

Тест 4.7. Какие принципы используются лицами, принимающими решения:

- принцип решения принцип системности принцип оптимизма вариационный принцип принцип отсечения принцип пессимизма принцип комбинаторной аппроксимации

4.3. ПРИМЕРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Тест 4.8. Какие федеральные дисциплины государственных стандартов (ГОС) соответствуют отдельным циклам дисциплин:

- (1) математика а) общепрофессиональные дисциплины
(2) механика б) естественнонаучные дисциплины
(3) информатика г) гуманитарные и социально-экономические дисциплины

Тест 4.8. Какие принципы используются при формулировке задач по определению потенциала специалиста:

- принцип целеполагания и ограничений принцип системности принцип оптимизма принцип моделирования принцип проецирования принцип пессимизма принцип комбинаторной аппроксимации

9. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

9.1. КЛАССИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ МЕТОДА СИСТЕМНЫХ (РЕШАЮЩИХ) МАТРИЦ

Тест 9.1. Какие способы задания неопределенностей в задачах и методах принятия решений:

- заданы функциональные соотношения между вариантами
- известен только дискретный ряд оценок в пространстве «варианты – условия»
- определены аналитические зависимости между характеристиками
- заданы вероятностные или статистические характеристики (оценки)
- заданы графовые или матричные предпочтения между вариантами
- заданы нечеткие числа и множества

Тест 9.2. Дополните следующее определение:

Определение 1. Под принятием решений будем понимать выбор из некоторого множества вариантов $\{E_i\} = E$.

Тест 9.3. Дополните следующее определение:

Определение 2. Вариантом E_i будем называть один из, допускающие получение результата с оценкой e_i .

Тест 9.4. Поясните смысл выбора оптимального варианта по критериям:

$$E_0 = \{E_{i0} \mid E_{i0} \in E \wedge (e_{i0} = \max_i e_{i0})\}, \quad E_0 = \{E_{i0} \mid E_{i0} \in E \wedge (e_{i0} = \min_i e_{i0})\},$$

Тест 9.5. Поясните смысл матрицы системных оценок, данных в таблице:

ВАРИАНТЫ	У С Л О В И Я					
F_n	F_1	F_2	...	F_j	...	F_n
E_1	e_{11}	e_{12}	...	e_{1j}	...	e_{1n}
E_2	e_{21}	e_{22}	...	e_{2j}	...	e_{2n}
...
E_i	e_{i1}	e_{i2}	...	e_{ij}	...	e_{in}
...
E_m	e_{m1}	e_{m2}	...	e_{mj}	...	e_{mn}

Тест 9.6. Пояснить смысл процедуры принятия решений в следующей ситуации: последствия каждого из альтернативных решений характеризуются суммой его наибольшей и наименьшей оценок, а оценочная функция для принятия решений примет вид

$$: e_{ir} = \min_j e_{ij} + \max_j e_{ij}, \quad \max_i e_{ir} = \max_i (\min_j e_{ij} + \max_j e_{ij}).$$

Тест 9.7. Установите соответствия между критериями принятия решений и позицией лица, принимающего решения для следующей совокупности пар:

«Оптимистическая позиция»: $\max_i e_{ir} = \min_i \max_j (\max_j e_{ij} - e_{ij});$

«Стратегия нейтралитета»: $\max_i e_{ir} = \max_i \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_{ij} \right);$

«Пессимистическая позиция»: $\max_i e_{ir} = \max_i (\min_j e_{ij});$

«Стратегия относительного пессимизма»: $\max_i e_{ir} = \max_i (\max_j e_{ij}).$

Тест 9.8. Поясните смысл критериев принятия решений, данных в таблице:

	Тип критерия	Оценочная функция	Множество оптимальных вариантов решения
1	Критерий Гурвица	$z_{HW} = \max_i e_{ir},$ $e_{im} = c \min_j e_{ij} + (1-c) \max_j e_{ij}$	$E_0 = \{ E_{i0} E_{i0} \in E \wedge e_{i0} = \max_i [C \min_j e_{ij} + (1-c) \max_j e_{ij}] \wedge 0 \leq c \leq 1$
2	Критерий Ходжа-Лемана	$z_{HL} = \max_i e_{ir},$ $e_{ir} = \nu \sum_{j=1}^n e_{ij} g_j + (1-\nu) \min_j e_{ij},$ $0 \leq \nu \leq 1$	$E_0 = \{ E_{i0} E_{i0} \in E \wedge e_{i0} = \max_i [\nu \sum_{j=1}^n e_{ij} g_j + (1-\nu) \min_j e_{ij}] \wedge 0 \leq \nu \leq 1 \}$
3	Критерий Ю.Б. Гермейера	$z_G = \max_i e_{ir},$ $e_{ir} = \min_j e_{ij} g_j$	$E_0 = \{ E_{i0} E_{i0} \in E \wedge e_{i0} = \max_i \min_j e_{ij} \wedge e_{ij} \}$

9.3. МЕТОДЫ МИНИМИЗАЦИИ РИСКА

Тест 9.9. Какие вероятностно-статистические модели имеются в теории риска:

модели риска на основе алгебры событий модели риска на основе математических аналогий модели риска на основе оптимизма модели риска на основе теории случайных величин модели комбинаторной аппроксимации

Тест 9.10. Дополните следующие определения:

Определение 1. События $\{S_1, \dots, S_i, \dots, S_n\} = S$ называются элементарными, если они

Определение 2. Событием K будем называть сочетания элементарных событий, если сочетания

Определение 3. Объединение $K_1 \cup K_2$ образует объединение событий, т.е. событие, включающее

Определение 4. Пересечение $K_1 \cap K_2$ образует пересечение событий, т.е. событие, включающее

Определение 5. Разность K_1 / K_2 образует событие, включающее все элементарные события, принадлежащие K_1 , но

Пусть с некоторым рискованным вариантом E связаны элементарные сочетания неблагоприятных событий $K_{i1}, \dots, K_{ij}, \dots, K_{ik_i}$.

Тест 9.11. Поясните смысл экстремальной задачи минимизации риска:

$$\left(A_{ij}^*, P^*(K_{ij}) \right) = \arg \min \left\{ \sum_{j=1}^{K_i} A_{ij} P(K_{ij}) \mid A_{ij}^- \leq A_{ij} \leq A_{ij}^+, 0 \leq P(K_{ij}) \leq P^+(K_{ij}) \right\}.$$

9.5. МИНИМИЗАЦИЯ РИСКА НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ СОБЫТИЙ

Тест 9.12. Выберите правильный вариант определения: условной вероятностью события B при осуществлении события K с вероятностью $P(K)$ (обозначается $P(B/K)$) называется величина:

а) $P(B|K) = P(BK)/P(K)$. б) $P(B|K) = P(KB)/P(B)$.

в) $P(B|K) = P(KB)/P(K)$. г) $P(K|B) = P(KB)/P(K)$.

Тест 9.13. Поясните смысл вероятностей сложных событий, данных в приведенной ниже таблице вероятностей сложных событий, и приведите варианты формирования моделей риска на их основе:

Вероятности сложных событий

Формулы полной вероятности	Формулы Байеса
$1. B = BK_1 + \dots + BK_n$ $2. P(B) = \sum_{i=1}^n P(BK_i)$ $3. P(BK_i) = P(B K_i)P(K_i)$ $4. P(B) = \sum_{i=1}^n P(B K_i)P(K_i)$	$1. P(P_iB) = P(K_i B) \cdot P(B)$ $2. P(BK_i) = P(B K_i)P(K_i)$ $3. P(K_i B) = \frac{P(B K_i)P(K_i)}{P(B)} =$ $= \frac{P(B K_i)P(K_i)}{\sum_{i=1}^n P(B K_i)P(K_i)}$

9.5. МИНИМИЗАЦИЯ РИСКА НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Тест 9.14. Сформулируйте максимально возможное число экстремальных задач по минимизации риска на основе моделей, данных в следующей таблице:

Вид случайной функции	Распределения непрерывных величин	Моменты непрерывных величин
$1. Y = \varphi(x) -$ (монотонная); $x, Y \in R^1;$ $x \square f_x(x)$	$f_y(y) = f_x[\psi(y)] \psi'(y) $	$\bar{y} = M[Y] = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x) f_x(x) dx;$ $D[Y] = \int_{-\infty}^{\infty} [\varphi(x)]^2 f(x) dx;$ $m_k[-Y] = \int_{-\infty}^{\infty} [\varphi(x)]^k f(x) dx;$ $M_k[Y] = \int_{-\infty}^{\infty} [\varphi(x) - \bar{y}]^k f(x) dx,$ $k = 1, 2, \dots$

Вид случайной функции	Распределения непрерывных величин	Моменты непрерывных величин
$Y = \varphi(x_1, x_2),$ $x_1, x_2 \in f_x(x_1, x_2)$ Y – плотность вероятностей случайных величин	$F_y(y) = \int_{D_y} f_x(x_1, x_2) dx_1, dx_2,$ D_y – область на плоскости $x_1 \times x_2$ для которой $-Y < y$ $f_y(y) = \frac{d}{d_y} F_y(y)$	$\bar{Y} = M[Y] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x_1, x_2) dx_1 dx_2$ $D[Y] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [\varphi(x_1, x_2)]^2 \times$ $\times f_x(x_1, x_2) dx_1 dx_2$
$3. Y = \varphi(x),$ $Y, x \in R^n,$ $f_x(x_1 \dots x_n)$ – плотность системы x_1, \dots, x_n φ – взаимнооднозначно	$f_y(y_1, \dots, y_n) = D f_x(x_1, \dots, x_n),$ $D = \frac{\partial(x_1 \dots x_n)}{\partial(y_1 \dots y_n)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial x_1}{\partial y_n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial x_n}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial x_n}{\partial y_n} \end{vmatrix}$ x_1, \dots, x_n выражены через y_1, \dots, y_n	$m_k[Y] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{(n)-\infty}^{\infty} [\varphi(x_1 \dots x_n)]^k \times$ $\times f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n,$ $M_k[Y] =$ $= \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{(n)-\infty}^{\infty} [\varphi(x_1, \dots, x_n)] - \bar{Y}^k \times$ $\times f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n$

9.6. МЕТОДЫ КОМБИНАТОРНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

Тест 9.15. Выберите правильный ответ: принятие решений методами комбинаторной аппроксимации основано на:

- понижении порядка матрицы предпочтений.
- преобразовании системного графа предпочтений в конечный граф.
- преобразовании матрицы предпочтений в конечную матрицу.
- преобразовании матрицы с помощью элементарных операций над строками

Тест 2.9.16. Дополните определение: матрицей парных сравнений будем называть матрицу $A = (a_{ij}) \in R^{n \times n}$, содержащую в качестве элементов a_{ij} результаты с номерами i и j множества $x = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_j, \dots, x_n)$, причем здесь отражается возникающее отношение предпочтения.

Тест 9.17. Поясните смысл калибровок, приведенных в следующей таблице:

Наименование калибровки	Соотношение между элементами
1. Простая структура	$\forall i, j, i \neq j$ $a_{ij} = \begin{cases} 1, & x_i > x_j; \\ 0, & x_j > x_i; \\ 1/2, & x_i \sim x_j \end{cases}$
2. Турнирная калибровка	$\forall i, j : a_{ij} \geq 0;$ $a_{ij} + a_{ji} = c$
3. Степенная калибровка	$\forall ij : a_{ij} > 0,$ $a_{ij} \cdot a_{ju} = 1$
4. Кососимметричная калибровка	$\forall i, j :$ $a_{ij} + a_{ji} = 0$
5. Вероятностная калибровка	$\forall i, j :$ $0 \leq a_{ij} \leq 1,$ $a_{ij} + a_{ji} = 1$

Тест 9.18. Поясните смысл следующей задачи аппроксимации: аппроксимация с минимальным рассогласованием в смысле некоторого веса. В этом случае аппроксимации необходимо решить задачу $\sum_{(i,j) \in U \setminus U_L} a_{ij} + \sum_{(i,j) \in U_L \setminus U} a_{ij} \rightarrow \min_{L \in Q_G}$.

9.7. МЕТОДЫ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Тест 9.19. Поясните особенность выбора одной из альтернатив в условиях применения и обработки нечетких оценок.

Тест 9.20. Дополните следующие определения:

Определение 1. Подмножество S множества X будем называть нечетким, если на основе множества X определена $S = \{\mu_S(x)/(x)\}, x \in X$, где $\mu_S(x)$ – элемента x множеству X .

Определение 2. Пусть a_{ij} составляют матрицу парных сравнений $A = (a_{ij})$. Собственные векторы матрицы A - решения уравнения $Aw = \lambda w$. Тогда вычисленные компоненты вектора $w = (w_1, \dots, w_i, \dots, w_n)^T$ можно принять в качестве элементов множества S : $\mu_S(x_i) = w_i, i = \overline{1, n}$.

Тест 9.21. Дополните следующие утверждения:

Утверждение 1. Если элементы x сравниваются только сами с собой, то матрица A – диагональная, и ей соответствуют собственные числа, равные Элементы функции принадлежности также равны, деленной на n , что соответствует обычному множеству S .

Утверждение 2. Равенство $Aw = pw$ выполняется всегда, поэтому найденные значения тем точнее, чем ближе λ_{\max} к n . Тогда отклонение λ_{\max} от n может быть принято за [меру согласованности] суждений экспертов.

Тест 9.22. Дополните следующее определение:

Определение. Нечеткое число определяется равенством: $\tilde{A} = \int \mu_{\tilde{A}}(x)/x$, где $\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ – [степень принадлежности] $x \in \square^1$ множеству \tilde{A} , характеризуемая функцией принадлежности $\mu_{\tilde{A}}(x): \square^1 \rightarrow [0,1]$, символ \int в (7.5) – объединение по всем $x \in \square^1$; $\mu_{\tilde{A}}(x)/x$ означает, что [степень принадлежности] x множеству \tilde{A} равна $\mu_{\tilde{A}}(x)$.

Тест 9.23. Поясните смысл операций над нечеткими числами:

Пусть $*$ – символ двухместной операции, а \tilde{A} и \tilde{B} – непрерывные нормальные выпуклые нечеткие числа. Тогда результат операции $*$ определяется соотношением

$$\begin{aligned} \tilde{A} * \tilde{B} &= \left(\int_a^A \mu_{\tilde{A}}(x) / x + \int_A^b \mu_{\tilde{A}}(x) / x \right) * \left(\int_{a'}^{B'} \mu_{\tilde{B}}(x) / x + \int_{B'}^b \mu_{\tilde{B}}(x) / x \right) = \\ &= \int_{a''}^{A*B} \mu_{\tilde{A}*\tilde{B}}(x) / x + \int_{A*B}^{b''} \mu_{\tilde{A}*\tilde{B}}(x) / x. \end{aligned}$$

Тест 9.24. Поясните методику принятия решения на основе нечетких моделей. Поясните, что означает упорядочение альтернатив выполняем путем нахождения их принадлежности оптимальному множеству, которое определяется как пересечение критериальных оценок альтернатив и нечеткого отношения предпочтения для следующей задачи:

1. Пусть имеется n альтернатив: (a_1, \dots, a_n) , каждая из которых характеризуется

нечетким множеством: $A_i = \{\mu_{A_i}(x)/x\}$, $x \in \square^1$, причем в дальнейшем будем считать, что $x \in [0,1]$. Требуется определить множество оптимальных альтернатив $O = \{\mu_0(i)/i, i \in \square\}$, где $\mu_0(i)$ может рассматриваться как степень соответствия альтернативы a_i понятию «наилучшая альтернатива». Для этой цели введем нечеткое отношение: $P_{ij} = \{\mu_{P_{ij}}(x_i, x_j)/(x_i, x_j)\}$, где $\mu_{P_{ij}}(x_i, x_j)$ выражает степень превосходства x_i над x_j или насколько x_i лучше x_j . Пусть функция $f(x_i, x_j)$ задает различие в полезностях значений x_i и x_j ; $f(x_i, x_j) = u(x_i) - u(x_j)$, т. е. $\mu_{P_{ij}} = f(x_i, x_j)$. В простейшем случае это линейная функция $\mu_{P_{ij}} = x_i - x_j$.

2. Множество оптимальных альтернатив определяется как пересечение декартова произведения нечетких оценок, задающих альтернативы и отношения предпочтения $P_{ij} : O = P_{ij} \cap (A_i \times A_j)$. Степень принадлежности альтернативы a_i множеству O находится как максимальное значение соответствующих функций принадлежности:

$$\mu_O = \sup_{x_i, x_j} \min(\mu_{A_i}(x_i); \mu_{A_j}(x_j); \mu_{P_{ij}}(x_i, x_j)), \quad i \neq j, i \notin \{1, 2\}.$$

Приведите пример использования данной методики.

Тест 9.25. Поясните сущность выбора из множества альтернатив для следующей задачи: пусть имеется множество из m альтернатив: $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$. Тогда для критерия C может быть рассмотрено нечеткое множество $C = \{\mu_c(a_1)/a_1, \mu_c(a_2)/a_2, \dots, \mu_c(a_m)/a_m\}$, где $\mu_c(a_i) \in [0,1]$ – оценка альтернативы a_i по критерию C , характеризует степень соответствия альтернативы понятию, определенному критерием C . Если имеется n критериев: C_1, C_2, \dots, C_n , то лучшей считается альтернатива, удовлетворяющая и критерию C_1 , и критерию C_2 , и ..., и C_n . Тогда правило для выбора наилучшей альтернативы может быть записано в виде пересечения соответствующих (нечетких) множеств: $D = C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_n$. Операции пересечения нечетких множеств соответствует операции \min , выполняемая функциями принадлежности: $\mu_D(a_j) = \min_{j=1, n} \mu_{c_j}(a_j), j = \overline{1, m}$. В качестве лучшей альтернативы выбирается альтернатива a^* , имеющая наибольшее значение функции принадлежности: $\mu_D(a^*) = \max_{j=1, m} \mu_D(a_j)$. В случае, если критерии C_i , то каждому из них приписывается

число $\alpha_i > 0$ (которое тем больше, чем важнее критерий), и правило выбора формулируется следующим образом: $D = C_1^{\alpha_1} \cap C_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap C_n^{\alpha_n}$. Коэффициенты относительной важности определяются на основе процедуры парного сравнения критериев. Вначале формируется матрица B , элементы которой удовлетворяют следующим условиям калибровки: $b_{ij} = 1$; $b_{ji} = 1/b_{ij}$. После этого согласно процедуре, изложенной выше, находится собственный вектор матрицы w , соответствующий максимальному собственному значению $Bw = \lambda_{\max} w$. Искомые значения коэффициентов λ_i определяются умножением элементов: $\alpha_i = nw_i$. Почему в случае многих критериев за счет учета их важности существует возможность свести процедуру выбора к простейшим вариантам.

10. АНАЛИЗ И ОЦЕНИВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Анализ стохастических систем, оценки параметров, основные модели, оценки наименьших квадратов, рекуррентные оценки наименьших квадратов, оценки параметров распределений, оценки параметров распределений.

10.1. ОЦЕНКИ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Тест 10.1. Поясните сущность классических оценок метода наименьших квадратов (МНК), вычислительная схема которого для идентификации модели: $Y = Xa + \xi$,

где $Y = (y_1, y_2, \dots, y_N)^T$ – вектор N измерений выходного сигнала; $X \in R^{N \times n}$ – матрица измеренных сигналов; $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)^T$ – вектор шумов, имеет вид: $\hat{a} = (X^T X)^{-1} X^T Y$, где \hat{a} – оценка метода.

Тест 10.2. Поясните идейную сторону основных этапов построения рекуррентных оценок МНК: Шаг 1: Запись классической оценки в форме

$$\hat{a} = \hat{a}_N = \left(\sum_{t=1}^N x_t x_t^T \right)^{-1} \sum_{t=1}^N x_t y_t; \text{ Шаг 2: Введение обозначений для квадратных } (n \times n)$$

матриц: $\Gamma_{t+1} = \left[\sum_{i=1}^{t+1} x_i x_i^T \right]^{-1}$, $\Gamma_t = \left[\sum_{i=1}^t x_i x_i^T \right]^{-1}$; Шаг 3: Запись двух равенств:

$$\Gamma_{t+1}^{-1} a_{t+1} = \sum_{i=1}^{t+1} x_i y_i, \quad \Gamma_t^{-1} a_t = \sum_{i=1}^t x_i y_i, \text{ из которых следует: } \Gamma_{t+1}^T a_{t+1} = \Gamma_t^T a_t + x_{t+1} a_{t+1},$$

а поскольку $\Gamma_t^{-1} = \Gamma_{t+1}^{-1} - x_{t+1} x_{t+1}^T$, то: $\Gamma_{t+1}^{-1} a_{t+1} = (\Gamma_{t+1}^{-1} - x_{t+1} x_{t+1}^T) a_t + x_{t+1} y_{t+1}$. Шаг 4:

формулировка окончательной процедуры:

$$a_{t+1} = a_t + \Gamma_{t+1} x_{t+1} (y_{t+1} - x_{t+1}^T a_t), \text{ где матрица } \Gamma_{t+1} \text{ вычисляется с помощью известной}$$

леммы об обращении: $\Gamma_{t+1} = \Gamma_t - (\Gamma_t x_{t+1} x_{t+1}^T \Gamma_t) (1 + x_{t+1}^T \Gamma_t x_{t+1})^{-1}$.

Тест 10.3. Поясните методику оценивания динамических моделей инновационных процессов на основе классических и рекуррентных моделей МНК:

- преобразование исходной задачи к новой форме
- формулировка задачи оценивания параметров динамических моделей в преобразованной форме, допускающей применение классического МНК
- преобразование уравнений модели динамических инновационных процессов к стандартной форме
- использование канонической формы модели инновационных процессов, допускающих построение оценок для специальных форм разностных уравнений.

10.2. АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тест 10.4. Поясните сущность моделей статических стохастических систем: $\eta(t) = f[\xi(t)]$, где $\xi(t)$ и $\eta(t)$ – соответственно, стохастические сигналы на входе и выходе системы.

Тест 10.5. Какие интерпретации стохастичности имеют место в прямом описании статических стохастических систем вида: $\eta(t) = f_{v(t)}[\xi(t)]$, где $v(t)$ - «внутренняя случайная величина». Как можно интерпретировать стохастический сигнал на входе детерминированной системы: $\eta(t) = f(\xi(t), v(t))$.

Тест 10.6. Какова сущность косвенного описания статических стохастических систем на основе обозначений: множество входных $X = \{x_i, i = 1, 2, \dots, I\}$ и выходных $Y = \{y_j, j = 1, 2, \dots, J\}$ случайных дискретных величин с совместными вероятностями $p_{ij} = P\{\xi = x_i, \eta = y_j\}$, $i = 1, \dots, I$; $j = 1, \dots, J$.

Тест 10.7. Почему можно вычислить распределение случайных величин на выходе системы суммированием величины p_{ij} по индексам j и i :

$$p_{\xi_i} = P\{\xi = x_i\} = \sum_{j=1}^J p_{ij}, i = 1, \dots, I; \quad p_{\eta_j} = P\{\eta = y_j\} = \sum_{i=1}^I p_{ij}, j = 1, \dots, J.$$

Тест 10.8. Поясните формулу условного распределения выхода при заданном входе, равное $\pi_{\eta_j} = P\{\eta = y_j | \xi = x_i\} = \frac{p_{ij}}{p_{\xi_i}}, i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$ с учетом того, что в соответствии с формулой полной вероятности:

$p_{\eta_j} = \sum_{i=1}^I \pi_{ij} p_{\xi_i}, j = 1, \dots, J$ или в матричном

виде: $p_{\eta} = \pi p_{\xi}; \quad p_{\xi} = (p_{\xi_1}, p_{\xi_2}, \dots, p_{\xi_I})^T; \quad p_{\eta} = (p_{\eta_1}, p_{\eta_2}, \dots, p_{\eta_J})^T,$ где π – матрица

размерности $I \times J$, причем в (2.4) $\sum_{j=1}^J \pi_{ij} = 1, i = 1, \dots, I.$

Тест 10.9. Поясните сущность косвенного описания стохастических систем матрицей π условных вероятностей, имеющей следующие элементы:

$$\pi_{ij} = P\{\eta = y_j | \xi = x_i\} = \sum_{k=1}^K P\{\eta = y_j | \xi = x_i, v = v_k\} p_{v_k}, i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J, \quad \text{где}$$

$p_{v_k} = P\{v = v_k\}, k = 1, \dots, K$ – распределение вероятностей внутренней случайной величины v , которая не зависит от ξ .

Тест 10.10. Как установить связь прямого описания дискретной динамической стохастической системы разностными уравнением $\xi_{t+1} = \lambda(\xi_t, \eta_t, v_t)$, где η_t – случайная последовательность с независимыми значениями, а состояние ξ_t – марковская последовательность, и описания системы с помощью аппарата теории марковских процессов.

Тест 10.11. Как можно связать описание дискретной динамической системы – цифрового фильтра, описываемого линейным стохастическим разностным уравнением

$$\xi_t = \sum_{i=1}^n a_i \xi_{t-i} + \sum_{j=0}^m b_j \eta_{t-j}$$

и описание в виде уравнений свертки. Как при этом можно использовать жордановы формы матриц в эквивалентном описании инновационного объекта уравнениями состояния.

10.3. ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Тест 10.11. Дайте определения основных задач оценки параметров распределений: оценки параметров распределений.

Тест 10.12. Дайте пояснения статистической постановке задачи, включая комментарии выборки $X = (x_1, \dots, x_N)$ объема N , X как значения некоторого случайного вектора с распределением $P(dy)$, известного множества распределений $P = \{P\}$, которое содержит неизвестное P .

Тест 10.13. Какую роль играют следующие статистические понятия в задачах оценивания параметров распределений:

- повторная выборка
- выборочное пространство Z_N
- $P(dy)$ – распределение выборки
- σ – алгебра подмножеств Z .

Тест 10.14. Как определяются представители параметрических множеств распределений, используемые при оценке параметров:

- нормальное распределение
- экспоненциальное распределение
- равномерное распределение

Тест 10.15. Приведите основные этапы алгоритма непараметрического статистического вывода.

Тест 10.16. Приведите основные этапы алгоритма непараметрического статистического вывода.

Тест 10.17. Приведите примеры задач оценивания параметров распределений и поясните сущность методики параметрического оценивания.

Тест 10.18. Сформулируйте определения несмещенности, асимптотической несмещенности, состоятельности статистических оценок.

Тест 10.19. Определите функцию, которая называется информационным количеством Фишера.

Тест 10.20. Как используется информационное количество Фишера с дисперсией оценки в неравенстве Рао-Крамера.