

УДК 378.147

ББК Ч4.488/9

КВАЛИТАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ

Ю. Н. Семин

Обоснованию необходимости междисциплинарной интеграции содержания обучения, как основы для ликвидации межкафедральных «барьеров» в учебном процессе высшей школы, преодоления «предметных» стереотипов в мышлении преподавателей и формирования взаимосвязанной системы знаний у студентов, посвящен ряд работ [1–3 и др.]. Тем не менее, для успешного внедрения этой прогрессивной идеи в повседневную жизнь вузов требуется обязательное наличие по меньшей мере двух компонентов: теоретической модели и эффективной технологии проектирования интегрированного содержания обучения. Проблема взаимосвязанности знаний актуальна для всех видов высшего профессионального образования, а для инженерного – в особенности, что прежде всего связано с выраженным интегративно-междисциплинарным характером профессиональной инженерной деятельности.

В Ижевском научно-образовательном центре УрО РАН, в рамках выполнения исследований по проблеме «Образование в Уральском регионе: научные основы развития и инноваций», разработана концепция интегративного подхода к проектированию содержания общеинженерной подготовки. Основные положения этой концепции, а также модель целеобразования, типология элементов морфологии и дидактические принципы междисциплинарной интеграции отражены в ряде наших публикаций [4–7 и др.]. Суть концепции заключается в том, что для целенаправленного формирования у обучаемых целостных систем интегративных профессиональных знаний и интеллектуальных умений, а также профессионально значимых личностных свойств, инвариантных по отношению к конкретным сферам, областям и видам инженерной деятельности, проектирование содержания общеинженерной подготовки

в техническом вузе должно производиться на основе интегративного подхода, заключающегося в выделении, системном структурировании и педагогической интеграции, с использованием принципов междисциплинарности и квалиметрической обоснованности, содержания групп учебных дисциплин общепрофессионального цикла, обладающих общностью объекта, предмета и целей преподавания, сходством понятийно-терминологического аппарата.

В настоящей статье нами предлагается квалитативная технология междисциплинарной интеграции, реализующая изложенную выше концепцию. Квалитативность технологии [8] достигается системным применением квалиметрических процедур: метода групповых экспертных оценок (ГЭО), построения учебных тезаурусов дисциплин, квантификации внутри- и междисциплинарных связей, операционного агрегирования показателей отношений предпочтения.

Адекватным поставленным целям дидактическим средством формирования у обучаемых систем интегративных общепрофессиональных знаний и интеллектуальных умений являются, как уже было отмечено нами ранее, междисциплинарные учебные комплексы (МУК) [5]. В этой связи более общая задача создания технологии междисциплинарной интеграции содержания обучения конкретизируется в виде задачи по разработке технологии проектирования МУК. Основная идея этой технологии заключается в расчленении интегрируемых монодисциплин на элементарные составляющие – дескрипторы (лексические единицы в виде слов и словосочетаний, характеризующиеся семантической устойчивостью и контрастностью) и формировании из них учебных тезаурусов (структурированных множеств дескрипторов и связей между ними). Далее производится взаимное «наложение» тезаурусов монодисциплин, выделение областей их взаимного «перекрытия» и синтезирование на их базе междисциплинарного учебного тезауруса [5].

Процесс проектирования и функционирования МУК представлен в виде изображенной на рис. 1 модели, построенной на основе системного подхода и дающей картину взаимодействия ее составных частей.



Рис. 1. Модель проектирования и функционирования МУК

Любая учебная дисциплина, рассматриваемая как система адаптированного к познавательным возможностям обучаемых знания, имеет вполне определенную структуру: информационно-семантическую, логическую, пространственную и временную.

Информационно-семантическая структура дисциплины – это иерархизированный набор отобранных дескрипторов рассматриваемой предметной области; логическая структура определяется системой смысловых связей между дескрипторами; пространственная структура характеризует отношения типа «сходство – различие» между дескрипторами в абстрактных пространствах их свойств, признаков, параметров; временная структура отражает последовательность и продолжительность изучения учебного материала.

Совокупность всех вышеуказанных простых структур образует информационно-семантическое пространство учебной дисциплины. Кроме информационно-семантического пространства дисциплина может быть охарактеризована общей компоновкой. Типовая компоновка учебной дисциплины включает теоретическое ядро, базисное содержание, супплетивно-функциональное содержание, факультативную часть.

Обобщенная структура фундаментально-прикладной дисциплины общеинженерного цикла изображена на рис. 2. К структурным компонентам теоретического ядра дисциплины относятся первичные понятия и категории, концептуальные модели-объекты, гипотезы и постулаты. К базисному содержанию дисциплины – основные и вспомогательные научные теории, базовые понятия и основные методы, понятия, производные от базовых, аксиомы, фундаментальные законы. Теоремы, правила, предписания, физические явления, эффекты, научные факты, используемый логико-математический аппарат, постановка типовых учебных задач и приемы их решения составляют супплетивно-функциональное содержание дисциплины. Учебный материал более высокого уровня научной абстракции, по сравнению с принятым для данной дисциплины, научная информация дискуссионного характера, материал, не предусмотренный ГОС и т. д. образуют факультативную часть. Основные компоненты обобщенной структурной модели дисциплины в то же время образуют иерархию ее дескрипторов.

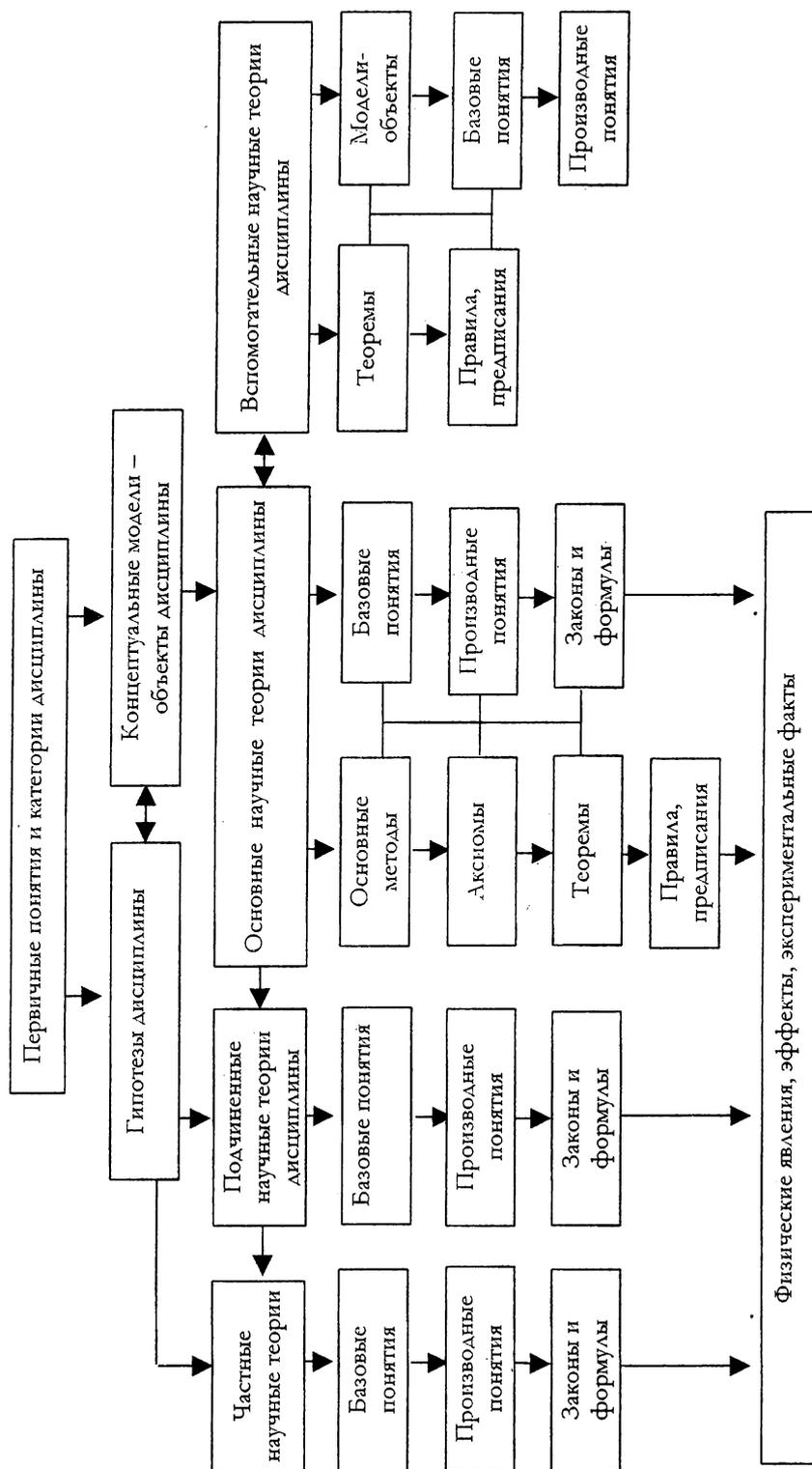


Рис.2. Схема обобщенной структуры фундаментально-прикладной учебной дисциплины общинженерного цикла

Информация, используемая при отборе и структурировании содержания учебной дисциплины, как правило, является слабоформализуемой, в связи с чем ее эффективная обработка возможна только экспертными методами, среди которых наиболее перспективным при проведении педагогических исследований является метод ГЭО [9]. Применением этого метода обеспечивается квалитетрическая обоснованность отбираемого и структурируемого содержания учебных дисциплин, а следовательно, и квалитативность проектируемой технологии. Последовательность и содержание этапов составления учебного тезауруса приведена в табл. 1.

Таблица 1

Содержание технологических процедур составления учебных тезаурусов
монодисциплин

№ п/п	Содержание этапа
1	Формирование банка экспертов и экспертных групп
2	Разработка предложений по системе классификации дескрипторов, системе уровней означаемого и списку используемой при отборе дескрипторов литературы
3	Проведение экспертизы разработанных на этапе 2 предложений, обработка результатов экспертизы и окончательное определение системы классификации дескрипторов и уровней означаемого, списка литературных источников
4	Разработка модели информационно-семантической структуры дисциплины (выделение дескрипторов, распределение их в соответствии с принятой системой классификации, назначение уровней означаемого)
5	Проведение экспертизы разработанной на этапе 4 модели информационно-семантической структуры системы дескрипторов, обработка результатов экспертизы
6	Конструирование информационно-семантической структуры системы дескрипторов
7	Построение модели внутренней логической структуры системы дескрипторов (совокупности дидактических матриц для установления связей между дескрипторами)
8	Проведение экспертизы построенной на этапе 7 модели логической структуры системы дескрипторов, обработка результатов экспертизы
9	Конструирование логической структуры системы дескрипторов
10	Построение модели временной структуры системы дескрипторов (время, необходимое для изложения групп дескрипторов на принятом уровне означаемого)
11	Проведение экспертизы построенной на этапе 10 модели временной структуры системы дескрипторов, обработка результатов экспертизы
12	Конструирование временной структуры системы дескрипторов
13	Формирование учебного тезауруса дисциплины на основе сконструированных структур системы дескрипторов

Технологическую процедуру педагогической интеграции дисциплин общинженерного цикла целесообразно начинать с их общей сопоставительной характеристики. На основании обработки результатов педагогической экспертизы системы признаков интегрируемых дисциплин методом многомерного шкалирования [10] определяется их примерное «местоположение» в условном координатном пространстве этих признаков. Например, «местоположение» трех интегрируемых общинженерных дисциплин – «Теоретической механики» («ТМ»), «Теории механизмов и машин» («ТММ»), «Сопротивления материалов» («СМ») в пространстве признаков фундаментальности, отнесенности к различным «ветвям» механики и макроблокам «единого корпуса» знаний показано на рис. 3.

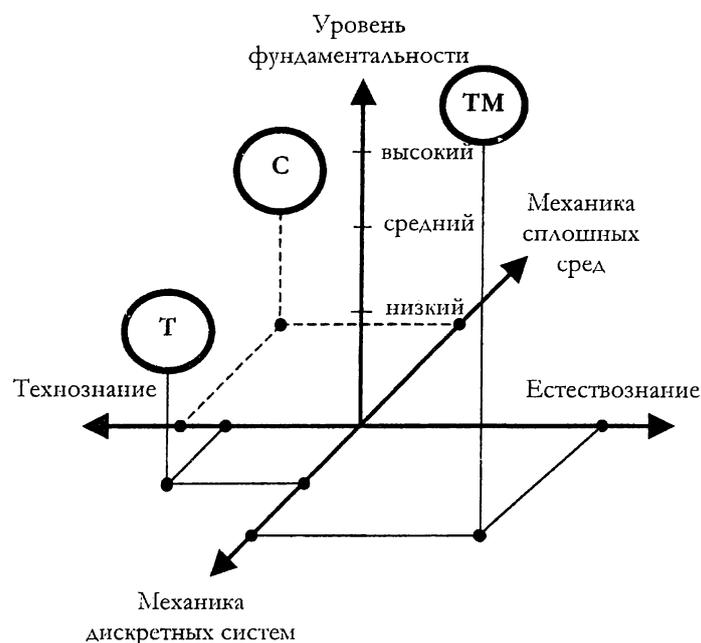


Рис. 3. «Местоположение» интегрируемых дисциплин в условном трехмерном пространстве их признаков

В данном случае многомерное шкалирование используется как средство наглядного представления результатов обработки данных экспертизы.

На основании данных педагогической экспертизы представляется целесообразным составить своеобразные *дидактические паспорта* (табл. 2) исследуемых дисциплин, отражающие уровень их фундаментальности, принадлежность к макроблокам «единого корпуса» знаний, количество и структуру со-

ставяющих научных теорий, количество дескрипторов различных классов, распределение дескрипторов по уровням усвоения, время, отводимое на изучение дескрипторов. Эти дидактические паспорта в совокупности с учебными тезаурусами монодисциплин и структурно-иерархическими схемами научных теорий составляют объективизированную основу для их педагогической интеграции.

Таблица 2

Дидактический паспорт дисциплины «Теоретическая механика»

Класс дескрипторов	Количество дескрипторов	Распределение дескрипторов по уровням усвоения			Время, отводимое на изучение дескрипторов, час.
		1 (феноменологический)	2 (сперационно-алгоритмический)	3 (аналитико-синтетический)	
Первичные категории	4	4	–	–	4
Концептуальные модели – объекты	5	5	–	–	2
Гипотезы	14	11	3	–	5
Базовые понятия	46	7	36	3	20
Аксиомы, постулаты	5	1	4	–	15
Основные методы	4	–	4	–	12
Производные понятия	247	26	210	11	89
Теоремы	47	4	37	6	22
Законы, формулы	17	–	14	3	30
Правила	4	–	4	–	2
Физические явления	15	11	4	–	3
<i>ИТОГО:</i>	<i>408</i>	<i>69</i>	<i>316</i>	<i>23</i>	<i>204</i>

Примечание:

Фундаментальность: абстрактно-математизирующая дисциплина

Принадлежность к макроблокам «единого корпуса» знаний: естествознание

Основания дисциплины: система физических аксиом

Общее количество научных теорий – 15

в том числе:

- основных – 2 (Статика, Динамика)
- вспомогательных – 1 (Кинематика)
- подчиненных – 6 (Векторная динамика, Аналитическая динамика, Гометрическая статика, Аналитическая статика, Кинематика точки, Кинематика твердого тела)
- частных – 6 (Динамика материальной точки, Общие теоремы динамики, Динамика твердого тела, Теория удара, Теория колебаний, Теория космических движений)

Внутридисциплинарная интеграция учебного материала рассматривается нами как необходимый этап процедуры междисциплинарной интеграции. Устанавливать связи целесообразно между отдельными научными теориями дисциплины, поскольку именно теории являются основными объектами изучения в высшей профессиональной школе. Установление связей осуществляется на основе сопоставительного логико-содержательного анализа теорий. При этом различаются следующие пять разновидностей связей: *генетическая, дополнения, использования, понятийно-формальная, формальная.*

Под *генетической* понимается связь, обусловленная общностью физических процессов и явлений, описываемых сравниваемыми теориями, а также связь двух теорий, одна из которых является предельным случаем другой.

Связью *дополнения* называется связь теорий, одна из которых дополняет другую, делая описание соответствующих процессов, явлений и объектов более полным и исчерпывающим.

Связь *использования* предполагает использование понятий, методов, характеристик одной теории в другой для описания явлений и процессов одной и той же физической природы.

Понятийно-формальная связь означает такую связанность теорий, которая характеризуется формальным использованием сходных понятий и характеристик при описании различных по природе явлений и процессов.

Наконец, *формальной* называется связь, которая предполагает наличие чисто математических аналогий в различных по физическому содержанию теориях.

Например, связи основных и вспомогательной теорий «ТМ» иллюстрирует граф (рис. 4), на котором буквой Г обозначен *генетический*, Ф – *формальный*, П-Ф – *понятийно-формальный* виды связей, и буквой Д – связь *дополнения*.

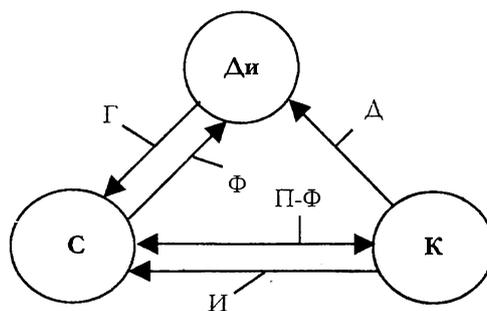


Рис. 4. Граф связей теорий «ТМ»: Ди – динамика; С – статика; К – кинематика

Подобным же образом строятся графы внутривидовых связей для всех интегрируемых дисциплин, отражающие количество и виды связей, а также направления информационных потоков, связывающих теории.

Следующим этапом внутривидовых интеграции монодисциплины является квантификация тесноты связей отдельных ее теорий.

Проведем ранжирование рассмотренных выше видов связей (рис. 4) по признаку их важности (весомости) в повышении дидактической целостности монодисциплины, присваивая ранг 1 самому важному виду. Далее видам связей присвоим соответствующие весовые коэффициенты. Для этого используем ряд чисел, например, от 10 до 0 с интервалом через 0,5. Виду связи, получившему ранг 1, присвоим весовой коэффициент 10. Коэффициент весомости следующего, менее важного вида связи определяем как долю важности первого вида связи. При определении весового коэффициента третьего вида связи учитываем его важность по сравнению с первым и вторым видами и т. д. Следующей процедурой является нормирование весовых коэффициентов по формуле

$$\tilde{\omega}_k = \frac{\omega_k}{\sum_{k=1}^L \omega_k}, \quad (1)$$

где $\tilde{\omega}_k$ – весовой коэффициент k -го вида связи.

Условием нормирования является $\sum_{k=1}^L \tilde{\omega}_k = 1$.

Результаты ранжирования видов связей приведены в табл. 4.

Таблица 4

Ранжирование видов связей

Вид связи	Ранг вида связи	Весовой коэффициент вида связи	Нормированный весовой коэффициент
Генетическая	1	10	0,31
Дополнения	2	8	0,25
Использования	3	6,5	0,20
Понятийно-формальная	4	4,5	0,14
Формальная	5	3	0,10

Для количественно-качественной оценки тесноты связей введем *относительный показатель внутродисциплинарной связанности теорий*

$$\lambda_{i_0} = \frac{\sum_{k=1}^L n_{ki} \tilde{\omega}_k}{N_i}, \quad (i = 1, 2, 3) \quad (2)$$

где n_{ki} – число связей k -го вида между теориями соответствующего ранга i -ой дисциплины;

$\tilde{\omega}_k$ – нормированный весовой коэффициент k -го вида связи;

N_i – число теорий соответствующего ранга i -ой дисциплины;

L – число видов связей между теориями соответствующего ранга рассматриваемой дисциплины.

С использованием формулы (2) и построенных графов связей (рис. 4), в качестве примера, оценим степень внутродисциплинарной связанности основных, вспомогательных и подчиненных научных теорий каждой из исследуемых нами дисциплин. Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5

Исходные данные для расчета внутродисциплинарной связанности научных теорий «ТМ», «ТММ» и «СМ»

Вид связи	Количество связей						Нормированный весовой коэффициент
	Основных и вспомогательных теорий			Подчиненных теорий			
	«ТМ»	«ТММ»	«СМ»	«ТМ»	«ТММ»	«СМ»	
Генетическая	1	–	1	4		11	0,31
Дополнения	1	1	–	4		8	0,25
Использования	1	5	5	2		–	0,20
Понятийно-формальная	1	–	–	1		–	0,14
Формальная	1	–	–	1		2	0,10
<i>ВСЕГО СВЯЗЕЙ</i>	5	6		12		21	

Расчитанные показатели внутродисциплинарной связанности научных теорий дисциплин приведены в табл. 6.

Таблица 6

Показатели внутридисциплинарной связанности научных теорий дисциплин

Дисциплина	Показатели связанности	
	Основных и вспомога- тельной теорий	Подчиненных теорий
«Теоретическая механика»	0,33	0,31
«Теория механизмов и машин»	0,32	–
«Сопротивление материалов»	0,27	0,45

Разработанная технологическая схема установления внутридисциплинарных связей и их квантификации, предусматривающая логико-содержательный анализ научных теорий, построение дидактических матриц и графов связей, количественно-качественную оценку внутренней целостности дисциплин с помощью относительного показателя внутридисциплинарной связанности теорий, позволяет реализовать внутридисциплинарную интеграцию содержания группы дисциплин общеинженерного цикла, при проектировании таких компонентов МУК, как лекционный курс и гипертекстовая контрольно-справочная база знаний.

В соответствии с общей схемой построения интегративного учебного тезауруса (ИУТ) [5] необходимо осуществить попарное взаимное «наложение» полученных тезаурусов монодисциплин и выделить области их «перекрытия». Процедура «наложения» тезаурусов включает оценку пересеканности множеств дескрипторов и междисциплинарной связанности теорий интегрируемых монодисциплин. В процессе проведения педагогической экспертизы предусматривается ранжирование научных теорий и классов дескрипторов общеинженерных дисциплин.

Далее из учебных тезаурусов монодисциплин выделяются одинаковые или близкие по смыслу дескрипторы, которые в дальнейшем называются *корреспондирующими*.

Квантификация междисциплинарных связей осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом. Теснота связей двух дисциплин оценивается с помощью *комплексного показателя междисциплинарной связанности*, учитывающего «пересекаемость» множества дескрипторов, а также количество и «качество» связей сравниваемых теорий

$$C = \tilde{\omega}_d \cdot \lambda_d + \tilde{\omega}_m \cdot \lambda_m \quad (3)$$

где λ_d – показатель «пересекаемости» множеств дескрипторов сравниваемой пары дисциплин;

$\tilde{\omega}_d$ – нормированный весовой коэффициент показателя λ_d в составе комплексного показателя;

λ_m – относительный показатель междисциплинарной связанности теорий сравниваемой пары дисциплин;

$\tilde{\omega}_m$ – нормированный весовой коэффициент показателя λ_m в составе комплексного показателя.

$$\lambda_d = \sum_{j=1}^l \frac{d_{1j}^k \tilde{\gamma}_{1j} + d_{2j}^k \tilde{\gamma}_{2j}}{d_{1j} + d_{2j}}, \quad (4)$$

где d_{1j}^k, d_{2j}^k – число корреспондирующих дескрипторов j -го класса соответственно первой и второй дисциплин сравниваемой пары;

$\tilde{\gamma}_{1j}, \tilde{\gamma}_{2j}$ – нормированные весовые коэффициенты j -го класса дескрипторов соответственно первой и второй дисциплины сравниваемой пары;

d_{1j}, d_{2j} – общее число дескрипторов j -го класса соответственно первой и второй дисциплин сравниваемой пары;

l – число классов дескрипторов.

$$\lambda_m = \sum_{k=1}^L \left(\frac{n_{k1} \cdot \tilde{\omega}_1}{N_1} + \frac{n_{k2} \cdot \tilde{\omega}_2}{N_2} + \frac{n_{k3} \cdot \tilde{\omega}_3}{N_3} + \frac{n_{k4} \cdot \tilde{\omega}_4}{N_4} \right) \cdot \tilde{\omega}_k, \quad (5)$$

где $n_{k1}, n_{k2}, n_{k3}, n_{k4}$ – число связей k -го вида, соответственно теорий 1, 2, 3 и 4 рангов, сравниваемой пары дисциплин;

$\tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_2, \tilde{\omega}_3, \tilde{\omega}_4$ – нормированные весовые коэффициенты теорий 1, 2, 3 и 4 рангов соответственно;

N_1-N_4 – число теорий соответственно 1, 2, 3 и 4 рангов сравниваемой пары дисциплин.

Расчитанный по формулам (3) – (5) комплексный показатель междисциплинарной связанности, например, для пары дисциплин «ТМ» и «ТММ» равен 0,28, а для пары «ТМ» и «СМ» – 0,19, что позволяет оценивать связь «ТМ» и «ТММ» как более тесную по сравнению со связью «ТМ» и «СМ».

Следуя общей схеме построения ИУТ [5], с учетом полученных показателей внутри- и междисциплинарной связанности, формируется «интегративное ядро», содержащее дескрипторы из области «пересечения» тезаурусов всех дисциплин интегрируемой группы. Вокруг «ядра» «располагаются» дескрипторы из областей попарных «пересечений» тезаурусов. Наконец, на периферии ИУТ формируются множества дескрипторов из «не пересекающихся» областей тезаурусов монодисциплин. Полученная таким образом модель ИУТ является основой для составления рабочей программы, разработки междисциплинарного курса лекций и других составляющих МУК.

Литература

1. Чебышев Н., Каган В. Терапия феномена «разрывности мышления» // Высш. образование в России. 1999, № 1. С. 47–51.
2. Чебышев Н., Каган В. Основа развития современной высшей школы // Высш. образование в России. 1998, № 2.
3. Щипанов В. В. Интегративно-дивергентное проектирование мультидисциплинарных образовательных систем / Исслед. центр. пробл. качества подгот. специалистов. М., 1999. – 173 с.
4. Семин Ю. Н. Интеграция содержания инженерного образования: дидактический аспект. Ижевск: Изд-во Иж. гос. тех. ун-та, 2000. – 140 с.
5. Семин Ю. Н. Интегративный подход к проектированию содержания общеинженерной подготовки в техническом вузе // Образование и наука: Изв. Урал. науч.-образоват. центра Рос. акад. образования. Журн. теорет. и прикл. исслед. 2000, № 3 (5). С. 48–58.
6. Семин Ю. Н. Фундаментализация и интеграция содержания инженерного образования: точки соприкосновения // Магистр: Междунар. журн. по пробл. образования. М., 2000, № 4. С. 16–26.
7. Семин Ю. Н. Теоретические основания педагогической интеграции содержания общеинженерной подготовки // Качество инженерного образования: Тез. докл. междунар. науч.-метод. конф., 6–7 апреля 2000 г., г. Брянск / Под ред. В. И. Попкова. Брянск: БГТУ, 2000. С. 177–179.
8. Чернова Ю. К. Квалитативные технологии обучения. Тольятти: Изд-во «Развитие через образование», 1998. – 149 с.
9. Черепанов В. С. Экспертные оценки в педагогических исследованиях. М.: Педагогика, 1989. – 152 с.

10. Терехина А. Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования. М.: Наука, 1986. – 168 с.

УДК 502.7+37
ББК 22.081

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

К. А. Романова

Всю историю развития человечества можно рассматривать в экологическом смысле как шедший с ускорением процесс накопления тех изменений в науке, технике и в состоянии окружающей среды, которые в конце концов переросли в современный экологический кризис. Основной признак этого кризиса – резкое качественное изменение биосферы, происшедшей за последние 50 лет. Более того, не так давно уже появились первые признаки перерастания экокритиса в экологическую катастрофу, когда начинаются процессы необратимого разрушения биосферы. Такими признаками многие специалисты считают зафиксированное в середине 1980-х годов разрушение озонового экрана в верхних слоях атмосферы, все более нарастающее обезвоживание материковых территорий планеты, утрату климатической стабильности и многие другие тенденции в изменении природной среды.

Экологическое состояние нашей планеты поставило человечество перед выбором дальнейшего пути развития: быть ли ему по-прежнему ориентированным на разрушение природы, на безграничный рост производства или эксплуатация природы должна быть согласована с реальными возможностями природной среды и человеческого организма, соразмерна не только с ближайшими, но и с отдаленными целями социального развития.

Все эти вопросы требуют глубокого философского, социального, правового, экономического, технологического осмысления, поскольку возникла экстремальная проблема сохранения жизни людей на нашей планете:

- данная проблема касается не отдельных людей или человеческих коллективов, а всего человечества в целом;