

РОЗДІЛ «ОСВІТА»

УДК 669.1:519.87

ОГУРЦОВ А.П., д.т.н., профессор
НИКУЛИН А.В., к.т.н., доцент
НАКОНЕЧНАЯ Т.В., к.ф.-м. н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
В ДИДАКТИКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Введение. Одной из актуальных задач развития современного общества в Украине является модернизация высшего технического образования, учитывающая смену его парадигмы и вхождение в общеевропейское (мировое) образовательное пространство. Целесообразно использовать подходы и методологию социальной инженерии, предметом которой является проблематика корректировки социальных действий в зависимости от социальных условий и степени их осознания [1]. Для успешного продвижения в выбранном направлении реформирования образования необходима переработка учебников и учебных пособий для подготовки бакалавров и магистров, в том числе по высшей математике и специальным дисциплинам. В них должны найти отражение результаты развития техники и технологий за пятнадцать-двадцать предыдущих лет, в первую очередь, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), социальной инженерии, а также новое в дидактике и организации обучения.

Постановка задачи. Естественно ориентироваться на практическую часть социальной инженерии, в которой разрабатываются разнообразные технологии совершенствования человеческой деятельности и, в частности, подготовки кадров специалистов. С учетом принципов и требований к участникам Болонского процесса и для повышения эффективности использования новых методик переработку методических материалов целесообразно производить, углубляя системность применения принципов дидактики и, в особенности, деятельностного подхода [2]. Из известных более прагматичной нам представляется трактовка деятельностного подхода А.Н.Леонтьевым, который полагал, что внутренний план сознания формируется в процессе интериоризации изначально практических действий, связывающих человека с миром предметов [3]. Применение деятельностного подхода при подготовке будущих специалистов целесообразно основывать на моделировании как процесса обучения, так и самого обучаемого. Заметим, что при переработке учебников и учебных пособий по конкретной учебной дисциплине большой интерес представляет использование соответствующей предметной модели.

В результате декомпозиции учебных планов по выбранному направлению или специализации подготовки происходит переход к матричной структуре учебных дисциплин (рис.1). Каждая из них, как правило, соотносится с определенной фундаментальной или прикладной наукой: математикой, физикой, теорией металлургических процессов, технологией сталеплавильного производства.

Далее с помощью инженерии знаний становится возможным переход к *предметной модели* курса, например, высшей математики, металлургии стали и т. д. Такая модель определяет смысловую сторону обучения, содержание обучения и включает в себя тематическую, семантическую, процедурную, операционную и функциональную компоненты. *Тематическая модель* показывает, о чем знания, в ней осуществляется перечисление тем, разделов. *Семантическая модель* определяет смысловую часть знаний, содержит декларативные знания (определения, следствия, выводы). *Процедурная модель* описывает порядок и характер преобразования объектов знаний, например, методики и алгоритмы. Способ действий субъекта обучения реализуется посредством уме-

ний. При этом знания выступают в качестве средств формирования умений. Такие знания и умения образуют *операционную модель*.

Продолжая процесс моделирования, дидактически важно определить функции, которые выполняют знания в соответствующей области деятельности. *Функциональная модель* определяет, какие функции (преобразующие или непреобразующие) выполняют знания и навыки [2].

Предварительный анализ должен показать, что действующие нормативные документы в виде образовательных стандартов, образовательно-профессиональных программ, утвержденных программ курсов, комплектов материалов поточного и итогового контроля репрезентативны для составления предметной модели и позволяют построить основные компоненты такой модели. Эти компоненты должны быть представлены в разрабатываемых учебниках, учебных пособиях, соответствующих методических разработках в виде активно взаимодействующих подсистем.

Так, например, программа любого курса представляет реализацию тематической и семантической моделей. Семантическая, процедурная и операционная модели используются при формировании модульной структуры курса и разрабатываемых пособий. Операционная и функциональная модели используются при планировании и проведении практических и лабораторных занятий.

Результаты работы. Пять циклов дисциплин учебного плана используются при проведении процедуры иерархической кластеризации по методу “ближайшего соседа”. Вначале строится матрица наблюдений (матрица пересечений). Элементы этой матрицы отражают то, насколько часто учебные дисциплины из указанного цикла используют материалы тех или иных содержательных модулей. Столбцы матрицы рассматриваются как векторы измерений \bar{X}_j ($j=1, \dots, 5$). Евклидово расстояние между векторами

\bar{X}_j и \bar{X}_k определяется по формуле $d_{jk} = \sqrt{(\bar{X}_j - \bar{X}_k)^T \cdot (\bar{X}_j - \bar{X}_k)}$, и формируется матрица расстояний $D = \{d_{jk}\}$. Затем с помощью этой матрицы проводится процесс иерархической кластеризации, которая количественно обосновывает “социальную технологичность” дидактических разработок.

Приобретенный опыт освоения дидактических разработок и технологий обучения показывает, что новое качество взаимодействия компонентов предметной модели возникает при использовании информационно-коммуникационных технологий, в частности, компьютерной математики, а также модульно-рейтинговой системы организации процесса обучения. Существенные изменения претерпевают, в первую очередь, процедурная, операционная и функциональная составляющие предметной модели. Преобразования необходимо осуществлять с ориентацией на внедрение компетентного подхода.

Для использования широких возможностей автоматизации обучения высшей математике студентов инженерных направлений подготовки с помощью известных математических систем и табличного процессора разработан и осваивается лабораторный практикум «Внедрение информационно-компьютерных технологий с помощью MathCAD и MS Excel». Элементы практикума, кроме того, нашли применение в курсе информатики и вычислительной техники для студентов механических потоков. Опубликовано имеющее гриф МОН Украины учебное пособие по высшей математике для подготовки бакалавров по инженерии, включающее теоретический материал, примеры решения задач и упражнений стандартного математического практикума как “вручную”, так и с помощью ПК, контрольные вопросы, 30 вариантов индивидуальных заданий и контрольных работ для каждого из шести модулей.

Распределение учебного материала выполнено в соответствии с рабочими программами курса высшей математики (по направлениям подготовки), согласованными с модульно-рейтинговой формой организации учебного процесса, в результате чего формируется информационно-дидактическая среда, включающая такие дидактические инструменты, как системы основных понятий, фактов и результатов (теорем и формул), позволяющих переходить к математическому моделированию, а также учебные задачи и упражнения. Учитывается, что компетентный подход означает большую ориентацию на практическую подготовку, выработку у студентов умений, навыков и мотивации решать реальные задачи в выбранных областях деятельности. Затем создаются инструменты обратной связи: контрольные вопросы, контрольные и тестовые задания. Формируется предметная среда, в которой взаимодействуют студент и преподаватель с учетом концепций компетенции, кредитной системы, критериев качества образования.

Апробация модернизированных с помощью предметного моделирования и использования информационно-коммуникационных технологий курсов учебных дисциплин производится авторами в Днепродзержинском государственном техническом университете и Днепропетровском государственном аграрном университете [4]. На современном этапе при оценке знаний студентов и управлении образовательными процессами в университетах расширяется использование тестирования для самоподготовки, промежуточного, модульного и итогового контроля. Актуальны подготовка и применение пособий с соответствующими тестами. Проектирование математической подготовки бакалавров инженерных специальностей и транспорта с учетом предметного моделирования привело к разработке пособия с тестами по высшей математике [5]. Заключаются работы по ряду специальных курсов для бакалавров по металлургии. Использование предметного моделирования и кластерного анализа структуры и содержания математической подготовки дало научное обоснование принятых решений по модернизации методического обеспечения и технологии обучения. Полученные результаты модульного и итогового тестирования свидетельствуют о том, что, несмотря на заметное сокращение количества аудиторных занятий, уровень математической подготовки студентов удалось сохранить. При этом отмечается овладение пользовательскими навыками применения математических систем.

Выводы. Модернизация высшего технического образования является сложной проблемой, требующей активизации инновационной деятельности вузов, преподавателей и обучаемых студентов. Она требует переосмысления применяющихся подходов, в том числе и на основе предметного моделирования. Привлечение предметного моделирования и ИКТ в процессе перехода к модульно-рейтинговой системе организации обучения способствовало созданию методического обеспечения нового поколения, организации его использования в учебном процессе [6]. Продолжается разработка тестовой базы для проведения рейтингового контроля и экзаменов в компьютерных классах, а также доработка пособий с учетом приобретенного опыта. Работа по созданию и применению дидактических инструментов с применением моделирования заставляет внимательно проанализировать перечень компетенций, понять возможности их формирования в учебном процессе. Результаты использования новых методических разработок уже дают первые положительные результаты – качество усвоения излагаемого материала компенсирует заметное сокращение количества аудиторных занятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников Г.К. Социальная инженерия и проблемы модернизации высшего образования / Г.К. Овчинников // *Alma mater*. – 2008. – № 6. – С.14-21.

2. Атанов Г.А. Возрождение дидактики – залог развития высшей школы / Атанов Г.А. – Донецк: ДОУ, 2003. – 180 с.
3. Педагогика: Большая современная энциклопедия / [сост. Е.С.Рапацевич]. – Мн.: Современное слово, 2005. – 720 с.
4. Наконечна Т.В. Використання ІКТ на заняттях з вищої математики / Наконечна Т.В., Нікулін О.В. // Дидактика математики: проблеми і дослідження: Міжнародний збірник наукових робіт. – Донецьк: Фірма ТЕАН. – 2006. – Вип. 26. – С.74-78.
5. Шумейко О.О. Модульне і підсумкове оцінювання: тести з вищої математики. / Шумейко О.О., Наконечна Т.В., Нікулін О.В. – Дніпропетровськ: «Наука і освіта», 2009. – 172 с.
6. Ogurtzov A.P. Use of the subject modeling in didactics of professional education / A.P.Ogurtzov, A.V.Nikulin, T.V.Nakonechnaya // Настоящи постижения на европейската наука: материали за 5-а международна научна практична конференция. – 2009. – Том 5. Педагогически науки. – София: «БялГРАД – БГ». – 2009. – С.29-31.

УДК 669.1:519.87

ОГУРЦОВ А.П., д.т.н., профессор
НИКУЛИН А.В., к.т.н., доцент
НАКОНЕЧНАЯ Т.В., к.ф.-м. н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

ПОСТРОЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ОТРАСЛЕВЫХ НАУК И УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН КАК СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Введение. Очевидным условием инновационного развития Украины в целом и производственного сектора ее экономики, в частности, является успешная научно-техническая деятельность. Необходимо стимулировать функционирование науки, техники и производства как единой развивающейся системы. Научно-техническая деятельность должна осуществляться по программно-целевому методу, который демонстрирует преимущества интеграции науки, инженерии и производства, причем влияние науки становится все более весомым. Для того, чтобы обеспечить опережающее развитие технических наук, целесообразно углублять системность используемых подходов и методов, модернизировать содержание и систему образования будущих специалистов.

Весьма плодотворной оказалась точка зрения ряда исследователей, которые рассматривают и практикуют самоорганизацию как преобладающий подход решения информационных и кибернетических задач с априорной информационной неопределенностью, включающий идентификацию, исследование, адаптацию и самоорганизацию [1]. По своей природе технические науки относятся к самоорганизующимся системам, поскольку характеризуются приспособляемостью и прогностическими свойствами на действия внешней среды: развитие техники и технологий в соответствующей отрасли, например, в металлургии; новых результатов и теорий в соответствующих фундаментальных науках. Предпочтительными представляются нелинейная термодинамика неравновесных систем, структур и сред; совершенствование техники и технологий управления за счет расширения применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для работы в режиме реального времени. Развитие технической науки как самоорганизующейся системы допускает создание модели, что позволяет предусмотреть поведение системы и управлять процессами в ней в определенном диапазоне условий.

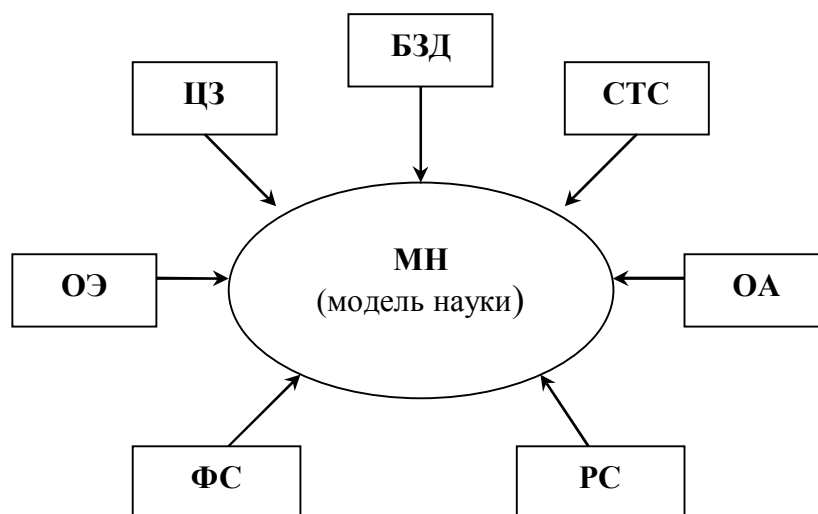
В настоящее время возникла ситуация качественных изменений в науке, технике и обществе, которые проходят в своем развитии через точки бифуркации. Например, высшее образование в Украине находится в состоянии трансформации, которая должна сопровождаться инновациями в дидактике, воспитательном и управленческом процессах. С учетом ориентации на создание единого образовательного пространства определяющее значение приобретают такие направления развития высшего образования:

- непрерывное обновление содержания образования на основе достижений науки, техники, культуры в форме стабильного ядра и изменяемой периферии;
- инновационные изменения технологий процесса образования (модульно-рейтинговых, «блочных», «кейсовых», дистанционных систем), рост значения самостоятельной работы студентов;
- развитие материально-технической базы системы.

Поэтому построение, а в большинстве случаев перестройка и усложнение имеющихся моделей, является актуальным и ориентированным на их использование при организации исследований и обучения.

Постановка задачи. При построении математической модели точной или технической науки, а также соответствующей учебной дисциплины целесообразно применить функционально-структурный подход, рассматривая объект моделирования как синергетическую систему (рис.1). Соответствующая система **МН** (модель науки) рассматривается как набор (упорядоченная совокупность) вида

$$МН = \{ЦЗ, БЗД, СТС, ФС, ОЭ, ОА, РС\}.$$



ЦЗ – цели и задачи, **БЗД** – базы знаний и данных, **СТС** – структура системы, **ФС** – функции системы, **ОЭ** – отношение эмерджентности, **ОА** – отношение адаптивности, **РС** – ресурсы системы

Рисунок 1 – Состав модели науки

Данные подмножества, как правило, являются мультирешетками и наделены операциями объединения, пересечения и композиции. Кроме того, по необходимости вводятся отношения: « = », « ≠ », « < », « > », отображение подмножеств одно в другое.

Далее при создании синергетической системы проводится синтез структуры, которая настраивается по функциональному назначению и заданным критериям. Функ-

ционально-структурный подход предполагает реализацию результатов анализа и синтеза многоуровневой системы, рассматривая ее в развитии. Этот подход отображает единство общенаучных и специальных знаний как системы с обеспечением единства структуры и функций при определяющем значении функций.

Следует помнить, что большую роль в самоорганизующейся системе играют свойства сети используемых элементов, к которым предъявляется ряд разнонаправленных требований. Сеть элементов должна удовлетворять требованиям по показателям:

- 1) сложности;
- 2) функциональной избыточности;
- 3) изменяемости структуры;
- 4) структурной однородности;
- 5) параллельности;
- 6) многофункциональности;
- 7) иерархичности;
- 8) распределенности.

Другой, не менее важной проблемой формирования системы науки и образования является выбор базовой модели содержания образования. Здесь, с одной стороны, используется смысловая модель, то есть комплекс последовательно модернизирующихся знаний, умений и навыков. С другой стороны, применяется многомерная модель содержания образования: предметный компонент, деятельностный, мотивационно-духовный (когда «в центре внимания — личность»).

Особенно важными здесь являются вопросы содержания учебных планов, в частности, соотношение в них базовых и вариативных компонентов. Тенденция к расширению значимости самостоятельной работы студентов требует увеличения доли вариативного компонента для углубления и расширения пределов образовательной деятельности, успешного формирования компетентностей.

Результаты работы. Для иллюстрации реализации принятого подхода к моделированию научной и учебной самоорганизующейся системы была выбрана высшая математика – дисциплина, наиболее близкая по своей структуре к алгебраическим системам.

Так, изначально, система «учебная дисциплина «Высшая математика» + методическое обеспечение» рассматривалась как синергетическая.

Далее, соответственно утвержденным рабочим программам, разрабатывается учебное пособие «Вища математика для підготовки бакалаврів з інженерії» в трех частях [2], которое получает гриф МОН Украины.

Проанализируем создание и функционирование указанной системы и отдельно пособия с позиции моделирования. Сложность структуры пособия, деление на разделы, подразделы и параграфы отвечает модулям, подмодулям и другим структурным элементам рабочих программ курсов. Учитывая, что содержание математической подготовки определяется традиционным инвариантным ядром, приобретенным многолетним опытом преподавания математики в отечественной и зарубежной системе образования [3], мы избрали целью математической подготовки в высших учебных заведениях усвоение студентами, во-первых, высшей математики, а уже затем, во-вторых, будут изучаться и осваиваться математические модели. При этом изложение традиционного ядра следует дополнить знаниями, навыками и умениями, связанными с потребностями широкого использования в науке и на производстве идей и методов математического моделирования, компьютеризации и информатизации общества.

При проектировании, создании и использовании пособия был избран следующий концептуальный подход. Материалы пособия делятся на шесть разделов. Разделы пособия сформированы по принципу «один раздел – один содержательный модуль» для удобства работы в пределах кредитно-модульной системы организации учебного процесса с использованием информационно-коммуникационных технологий. Тематическая и фактологическая избыточность структурных и содержательных элементов ориентирована на превышение меры сложности в сравнении с минимальными требованиями. В результате этого создаются условия развития системы для реализации более сложных функций по подготовке к решению математических заданий при автоматизации проектирования и оптимизации технических систем. Поскольку подготовка бакалавров по инженерии проводится по разным направлениям и специальностям, то соответственно меняются наборы изучаемых тем и программных вопросов (из высшей математики), и предусматривается определенная изменяемость состава модулей. Вместе с тем, такая изменяемость состава совмещается с повторяемостью некоторых элементов и однотипностью связей между ними как в пособии, так и в рабочих программах, то есть с однородностью самоорганизующихся сетей.

Известны три основные формы возникновения инноваций: технологическая, функциональная и комбинированная. В настоящее время в высшей школе функционируют различные инновационные учебные технологии: информационные, проблемные, развивающие, проектные, интерактивные, индивидуализируемые, модульные, интегрированные, дистанционные и тому подобное. Среди информационных технологий, которые естественно отнести к комбинированным инновациям, все большее значение приобретают компьютерные технологии, которые поддерживаются тенденцией компьютеризации и информатизации общества, роста соответствующей материальной базы. Они фактически развиваются синергетически в тесном сотрудничестве разработчиков с потенциальными пользователями, в том числе и в проработке цели и задач системы.

Сложность обучения математике в настоящее время определяется необходимостью одновременного освоения ручных и машинных вычислений. Возникшая проблема решается параллельностью системы дидактических элементов, когда разбирается решение типичных заданий «вручную» и с помощью математического пакета MathCAD. Естественно, что при ручных расчетах складываются умения и развиваются навыки логического и математического мышления, а при реализации автоматизации вычислений обеспечивается повышение быстродействия и снижение трудоемкости решения заданий пользователем. Параллельно был разработан фундамент методической базы автоматизации практических занятий по высшей математике с помощью ПК. Эти решения потом последовательно переходят в многофункциональность системы (и ее структуры) с привлечением информационно-коммуникационных технологий для решения более широкого круга проблем.

Модульный принцип построения пособия реализует иерархичность используемой системы элементов. Их связь с помощью учебных планов подготовки бакалавров с другими дисциплинами, которые базируются на высшей математике (физика, теоретическая и прикладная механика др.) и которые изучаются параллельно и после математики, подтверждается результатами кластерного анализа (таксонометрии) дисциплин [5], которые входят в учебные планы, и обеспечивает распределенность системы элементов.

Заметим, что нами используется третий тип процессов самоорганизации, который связан с совершенствованием и с саморазвитием таких систем, способных накапливать и использовать прошлый опыт [6].

Для демонстрации самоорганизации в результате предложенной модернизации процесса обучения высшей математике при разработке и использовании пособия [2] рассмотрим подробнее соответствующую систему, ее подсистемы и элементы. Пособие как система делится на разделы, соответствующие модулям рабочей программы курса и ее реализации как дидактической единицы. Разделы, в свою очередь, делятся на элементы – параграфы, по материалам которых формируются элементы учебного курса – лекционные и практические занятия.

С синергетических позиций описываем, как изменение на уровне элементов и подсистем приводит к усложнению системы на макроуровне. В каждом параграфе и соответственно на занятиях приводятся примеры интеграции решения задач по высшей математике «вручную» и с помощью математических программ на ПК. В результате снижается неопределенность (вероятность ошибки $X \neq x_B$) ответов ($X = x_B$), то есть уменьшается информационная энтропия [7] процесса обучения

$$H_u = - \sum_{k=1}^n p_k \ln p_k ,$$

где $p_k = P(X = x_k)$, $\sum_{k=1}^n p_k = 1$, что количественно подтверждает процесс самоорганизации.

Деление материала на разделы и соответственно модули при работе в рамках кредитно-модульной системы организации, направленное на обеспечение мобильности и конкурентоспособности студентов, снижает неопределенность обучения и направлено на самоорганизацию.

Следует также отметить, что в процессе внедрения предложенных результатов и при проведении соответствующих педагогических исследований были получены не только формальные, но и содержательные оценки повышения уровня самоорганизации обучения с помощью пособия и соответствующих методических разработок.

По аналогичной схеме складывается и реализуется модель учебного курса «Специальные разделы высшей математики» (комплексный анализ и операционное исчисление).

Выводы. Моделирование фундаментальных и технических наук как синергетических систем, а также использование моделей отраслевых наук и соответствующих учебных дисциплин дает научное обоснование инновационности предложенной модернизации научно-методического обеспечения учебного процесса. Опыт освоения разработанных систем показывает целесообразность синергетических подходов, их усовершенствования по результатам кластерного анализа. При использовании указанного выше пособия в учебном процессе установлена его адекватность задачам модернизации учебного процесса с применением ИКТ, намечены и отрабатываются варианты усовершенствования материалов пособия и технологии его использования согласно принципам самоорганизующихся систем. Так, подготовлен сборник тестов для рейтинговых оценок усвоения знаний по высшей математике студентами 1-2 курсов. Проведенный анализ построенной системы математической подготовки бакалавров ряда инженерных направлений в ДГТУ и ее практического использования подводит нас к необходимости распространения моделирования и функционально-структурного подхода на дисциплины математической подготовки специалистов и магистров.

Проводится работа по подготовке учебного пособия по специальным разделам высшей математики, в котором также реализуется принятый концептуальный подход:

деление материала по модульному принципу, интеграция методов высшей и компьютерной математики с помощью математического пакета MathCAD, использование в пособии не только теоретических сведений, но и материалов для практических и индивидуальных занятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова В.Л. Самоорганизация в технических системах / В.Л.Кузнецова, М.А.Раков – К.: Наукова думка, 1987. – 200 с.
2. Огурцов А.П. Вища математика для підготовки бакалаврів з інженерії: навч. посіб. у трьох частинах / Огурцов А.П., Наконечна Т.В., Нікулін О.В. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2008: Ч. 1: Лінійна і векторна алгебра. Аналітична геометрія. Диференціальне числення. – 428 с. Ч. 2: Інтегральне числення. Звичайні диференціальні рівняння. – 340 с. Ч. 3: Ряди. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики. – 320 с.
3. Слєпкань З.І. Методика навчання математики: підручник / Слєпкань З.І. – 2-ге вид., допов. і перероб. – К.: Вища школа, 2006. – 582 с.
4. Методичні рекомендації МОН Україні, наказ № 1/9-398 від 1 серпня 2005 року.
5. Наконечная Т.В. Применение таксонометрического метода при планировании математической подготовки студентов технических направлений / Т.В.Наконечная, А.В.Никулин // Дидактика математики: проблеми і дослідження. – Донецьк: Вид-во ДонНУ. – 2007. – Вип. 28. – С.48-52.
6. Большая Советская Энциклопедия (в 30 томах) / [гл. ред. А.М. Прохоров]. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1975. – Т 22. – Ремень-Сафи, 1975. – 628 с.
7. Физический энциклопедический словарь / [гл. ред. А.М.Прохоров]. Ред. кол. Д.М.Алексеев, А.М.Бонч-Бруевич, А.С.Боровик-Романов и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 928 с.