

Ордена Ленина
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ имени М.В. Келдыша
Российской академии наук

В.Е.Павловский, Т.О.Невенчанная, Г.С.Курганская, Е.В.Пономарева

**КОНЦЕПЦИЯ, СТРУКТУРА, ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
ИНТЕРНЕТ-УЧЕБНИКА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ**

Препринт №

Москва, 2003 г.

УДК 531

В.Е.Павловский, Т.О.Невенчанная, Г.С.Курганская, Е.В.Пономарева

КОНЦЕПЦИЯ, СТРУКТУРА, ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРНЕТ-УЧЕБНИКА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ*АННОТАЦИЯ.*

Описаны концепция, структура, содержание электронного Интернет-учебника по теоретической механике для технических ВУЗов. Рассмотрены аспекты программной реализации приложений учебника, технология создания дистанционной версии в системе дифференцированного Интернет-обучения "Гекадем".

Ключевые слова и выражения: дистанционное обучение, электронный учебник, Интернет.

V.E.Pavlovsky, T.O.Nevenchannaya, G.S.Kurganskaya, E.W.Ponomarjewa

CONCEPT, STRUCTURE, PROGRAM REALIZATION OF THE INTERNET TEXTBOOK ON CLASSICAL MECHANICS*ABSTRACT.*

The concept, structure and contents of the Internet textbook on classical mechanics intended for Technical Higher Institutions are presented. Aspects of program realization of textbook applications and the technology of elaborating the textbook in the "Hecadem" Internet-teaching environment are given.

Key words and phrases: distant education, electronic textbook, Internet.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Концепция дистанционной обучающей системы	3
1.1. Анализ компьютерных обучающих программ. Электронный Интернет-учебник, его возможности.....	3
1.2. Концепция электронного Интернет-учебника.....	6
2. Приложение "Теоретический материал".....	9
2.1. Структура, содержание.....	9
2.2. Структура окон и взаимосвязь элементов знаний	12
2.3. Технология.....	15
3. Приложение "Тесты и задачи".....	20
3.1. Структура, содержание.....	20
3.2. Технология.....	21
4. Приложение "Практикум".....	22
4.1. Постановка проблемы. Варианты компьютерных практикумов.....	22
4.2. Структура и содержание расчетного практикума по теоретической механике.....	23
4.3. Технология.....	25
Заключение.....	28
Литература.....	28

Введение.

В современных социально-экономических условиях возрастает спрос на образовательные услуги, зачастую предоставляемые параллельно с профессиональной деятельностью. При этом особую значимость приобретает дистанционное обучение, реализующее возможность освоения образовательных программ в учреждениях высшего, среднего и дополнительного образования в удаленном режиме. Дистанционное обучение обеспечивается применением совокупности таких образовательных технологий, при которых взаимодействие обучаемого и преподавателя осуществляется независимо от места их нахождения и распределения во времени на основе педагогически организованных телекоммуникационных средств.

Основными дистанционными образовательными формами являются Интернет-технология, локальная сетевая телекоммуникационная технология, CASE-технология, допускается сочетание основных видов технологий [4].

Отметим также, что сетевые технологии, благодаря доступу к глобальной информационной сети Интернет, позволяют учащимся и преподавателям общаться друг с другом, используя такие системы и технологии оперативной компьютерной связи, как электронная почта, on-line (синхронный режим связи) и off-line (асинхронный режим связи) телеконференции. Наличие средств телекоммуникаций делает возможным доступ к информации в базах данных, удаленных от пользователя, создает условия для ведения совместной научной работы, обмена опытом с коллегами практически во всем мире [2, 3].

Наряду с традиционными информационными ресурсами для обеспечения процесса дистанционного обучения используются следующие средства обучения: специализированные учебники с мультимедийным сопровождением, электронные учебно-методические комплексы, включающие электронные учебники, учебные пособия, тренинговые программы, компьютерные лабораторные практикумы, контрольно-тестирующие комплекты, иные материалы, предназначенные для передачи образовательной информации по телекоммуникационным каналам связи.

В работе описываются концепция, структура и реализация дистанционного Интернет-учебника по теоретической механике для технических ВУЗов.

1. КОНЦЕПЦИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ.

1.1. Анализ компьютерных обучающих программ. Электронный Интернет-учебник, его возможности.

Анализ публикаций по применению информационных технологий в образовании показал, что ввиду огромного многообразия и специфики их использования для различных дисциплин и различных видов учебных

заведений, в настоящее время нет точной общепризнанной классификации компьютерных обучающих программ, однако, в зависимости от вида их использования на занятиях возможно условное деление следующим образом: демонстрационные программы, обучающие программы, программные средства для математического моделирования, программные средства для контроля/тестирования уровня знаний, тренажеры, информационно-справочные системы, автоматизированные обучающие системы, электронные учебники, экспертные обучающие системы, интеллектуальные обучающие системы [5, 6].

Особое место в этом ряду занимают *электронные учебники* [5,6] – обучающие программные системы комплексного назначения, предоставляющие обучаемому теоретический материал, обеспечивающие тренировочную учебную деятельность и контроль уровня знаний, а также информационно-поисковую деятельность, математическое моделирование с компьютерной визуализацией и сервисные функции при условии осуществления интерактивной обратной связи.

Остановимся подробнее на основных свойствах электронных учебников, как локальных, так и сетевых.

Электронный учебник, также как и традиционный "бумажный", включает в себя, прежде всего, учебный материал, содержащий основные данные об изучаемом предмете; вместе с тем, электронный учебник имеет ряд отличительных особенностей, которые определяют его преимущества по сравнению с традиционной книгой:

- *моделирование и имитация изучаемых процессов и явлений;*
- *демонстрация визуальной учебной информации:* использование цветных изображений служит для наглядного представления материала, облегчает его понимание и запоминание, компьютерная анимация позволяет увеличить скорость передачи информации обучаемому и повысить уровень ее понимания;
- *звуковое сопровождение* является дополнительным методом передачи информации, позволяет лучше воспринимать изучаемый материал, обогатить его комментариями преподавателя [5];
- *видео* – более полным образом обеспечивает наглядную демонстрацию изучаемого материала, улучшает его восприятие [5];
- *возможность быстрых переходов между блоками изучаемого материала;*
- *разнообразные сервисные услуги.*

Кроме рассмотренных выше возможностей, электронные учебники позволяют индивидуализировать подход и дифференцировать процесс обучения, обеспечить работу обучаемого в режиме самоконтроля, контролировать знания с диагностикой ошибок и обратной связью, проводить эксперименты в условиях виртуальной реальности [5, 6].

Сетевая среда порождает новый вид электронных учебников – *электронные Интернет-учебники*, обладающие всеми качествами, присущими

обычным электронным учебникам, а также имеющие дополнительные возможности, предоставляемые Web.

Для электронного Интернет-учебника типовую схему (например, такую, как в [5]) дополним возможностями Web и представим на рис. 1.



Рис. 1. Типовые возможности электронного Интернет-учебника.

Базовые слои элементов таковы.

Первый тип (смысловые элементы): объединяет возможности, позволяющие изучить теоретический материал дисциплины, закрепить полученные знания решением задач и выполнением расчетных работ, проведением компьютерных экспериментов, прохождением промежуточного и итогового контроля; приближает работу с электронным учебником к традиционному процессу обучения [5].

Второй тип (возможности мультимедиа): включает сопровождение учебного материала с помощью видео, звука, анимации, графики, что позволяет повысить наглядность излагаемого материала и интерес к обучению.

Третий тип (интерфейс, сервисные услуги): сюда относятся возможности, определяющие структуру компьютерной обучающей системы и интерфейс с пользователем - возможность организации многоуровневой системы меню, многооконного интерфейса, системы гипертекстовых переходов, поиск по тексту, различные сервисные услуги (справка, калькулятор, сохранение промежуточных результатов вычисления и др.).

Четвертый тип (возможности Web): обеспечивают интерактивную связь обучаемого и преподавателя через Интернет (от простой электронной почты до организации *off-line* или *on-line* конференций), организацию поиска

учебной и научной информации в сети Интернет, использование ссылок на работы ученых во всем мире и др. возможности [5, 6].

Из сказанного можно сделать следующие выводы.

При создании дистанционной обучающей системы по теоретической механике для технических ВУЗов в виде электронного Интернет-учебника должны быть обеспечены перечисленные выше типовые возможности. Особое внимание следует уделить возможностям мультимедиа, а именно созданию компьютерных анимированных моделей, которые наглядно покажут обучаемым полный цикл движения механизмов, что важно для технических ВУЗов. Четвертый тип возможностей (возможности Web) накладывают дополнительные условия на выбор основных форматов электронного Интернет-учебника и технологии: должна быть обеспечена не только их взаимная совместимость, но и совместимость с Интернет-средой.

1.2. Концепция электронного Интернет-учебника.

Разработанный Интернет-учебник по теоретической механике создан по приведенной выше схеме как комплекс, состоящий из трех программных приложений:

- *"Теоретический материал"*, в состав которого входит расширенный нетекстовыми компонентами (в основном, иллюстрациями и анимированными компьютерными моделями) теоретический материал изучаемой дисциплины с примерами решений типовых задач;
- *"Тесты и задачи"*, позволяющего обучаемому приобрести навыки в решении задач по теоретической механике и осуществить контроль знаний, выполнив ряд заданий, содержащих тесты и задачи *открытого* и *закрытого* типов;
- *"Практикум"*, содержащего набор компьютерных расчетно-графических работ (РГР), по тематике охватывающих основные разделы теоретической механики.

Учебник предназначен для технических ВУЗов. Разработаны две версии учебника: дистанционная и локальная (рис. 2).

Локальная версия создана для работы с ней на автономной машине или в локальной компьютерной сети. В состав локальной версии входят три перечисленные выше приложения.

Особенность локальной версии заключается в том, что для приложения *"Теоретический материал"* разработаны две реализации:

- *реализация 1* – курс лекций, где теоретический материал представлен линейно (излагается последовательно), как в традиционном учебнике;
- *реализация 2* – конспект-справочник курса, структурированный по смысловым элементам, работать с которым можно по гиперссылкам.

Дистанционная версия предполагает работу посредством глобальной информационной сети Интернет и структурно содержит те же приложения. Однако, приложение *"Теоретический материал"* дистанционной версии

выполнено лишь в виде курса лекций. Приложения "Тесты и задачи" и "Практикум" локальной и дистанционной версий электронного учебника практически полностью идентичны, различие заключается в способе работы с ними (автономная машина, локальная сеть или сеть Интернет соответственно).



Рис. 2. Структура электронного Интернет-учебника.

Следует отметить, что обе реализации созданы на базе одного и того же массива теоретического материала, структурированного и доступного для использования разными способами: реализация 1 позволяет работать с этим материалом традиционно, последовательно читая курс лекций по теоретической механике, а реализация 2 - нелинейно, используя смысловые гипертекстовые переходы, как в справочнике.

Ниже на рис. 3 приведена полная схема взаимосвязей обучаемого и приложений электронного учебника по теоретической механике.

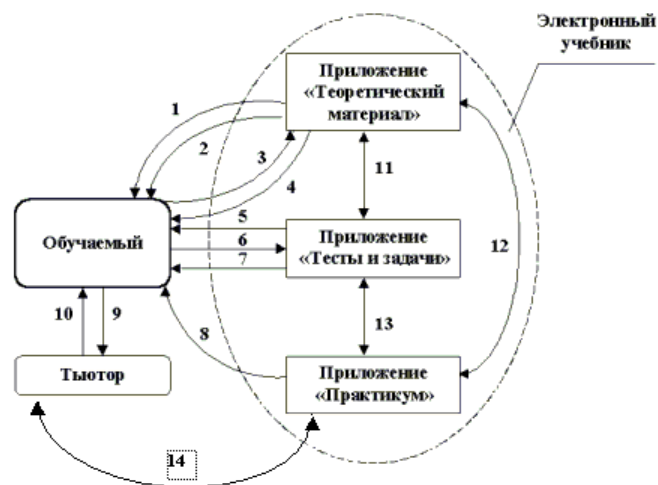


Рис. 3. Схема взаимосвязей обучаемого и электронного учебника.

При работе с приложением "Теоретический материал" обучаемому предлагается изучить теоретический курс (1), включающий основные определения, теоремы, примеры решения типовых задач. После изучения каждого раздела обучаемый отвечает на ряд вопросов (самоконтроль) (2). Вводимые ответы (3) передаются обратно приложению "Теоретический материал", которое возвращает обучаемому результат (4).

При обращении к приложению "Тесты и задачи" обучаемому предлагается набор тестов и задач (5), после решения которых обучаемый вводит результат решения (6), который передается приложению "Тесты и задачи". Ответы обучаемого анализируются приложением, после чего результат (7) сообщается обучаемому.

Взаимодействие обучаемого с приложением "Практикум" предполагает участие тьютора (преподавателя) и сводится к шагам: приложение предоставляет обучаемому расчетно-графические работы РГР (8), выполнив которые, обучаемый передает их тьютору (9). Правильность выполнения РГР анализируется тьютором, результат (10) сообщается обучаемому. Тьютор может обращаться к приложению "Практикум" (14) для уточнения вопросов, связанных с выполнением обучаемым РГР.

Все три приложения созданного учебника взаимодействуют между собой (11, 12, 13): приложение "Тесты и задачи" содержит набор заданий в соответствии с материалом, изложенным в приложении "Теоретический материал"; приложение "Практикум" содержит РГР, тематически подобранные в соответствии с этапами комплексного расчета механизмов, рассмотренного в приложении "Теоретический материал"; приложение "Тесты и задачи" дает обучаемому навыки решения задач, которые необходимы для выполнения РГР приложения "Практикум".

Далее опишем подробнее структуру, содержание и программную реализацию каждого программного приложения разработанного электронного Интернет-учебника по теоретической механике для технических ВУЗов.

2. ПРИЛОЖЕНИЕ "ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ".

2.1. Структура, содержание.

Приложение содержит материал по разделам: "Кинематика", "Статика", "Динамика точки", "Динамика системы", "Аналитическая механика", "Расчет механизмов".

Заметим, что первые пять разделов являются традиционными и входят в состав типового общего курса теоретической механики для технических ВУЗов. В состав созданного учебника включен также дополнительный раздел "Расчет механизмов", где даны общие понятия механики, являющиеся фундаментальными для дисциплин "Теоретическая механика",

"Сопротивление материалов", "Теория механизмов и машин", "Детали машин" (рис. 4).



Рис. 4. Разделы теории.

В разделе "Расчет механизмов" показана связь теоретической механики с указанными дисциплинами. В нем приведены примеры разных видов звеньев, их обозначение на чертежах и схемах, принципы построения расчетных схем реальных механизмов по машиностроительным чертежам в зависимости от решаемой задачи. В разделе рассмотрен комплексный расчет механизмов, включающий шаги: "составление расчетной схемы – расчет кинематических параметров – расчет динамических параметров – инженерные расчеты основных деталей", согласно которым исследованы кривошипно-шатунный, кулисный механизмы, механизмы спарника, эллипсографа, планетарные зубчатые механизмы.

Для разделов "Статика" и "Расчет механизмов" построены графы элементов знаний, который могут быть использованы как средство контроля последовательности и структуры изложения материала [7].

В разделе "Статика" в качестве элементов знания можно рассматривать следующие понятия данной дисциплины (понятия, определения, теоремы и их следствия):

- понятие силы (базовое понятие, которому присвоим номер 0),
- определение равнодействующей силы (1),
- аксиомы статики (2),
- понятие связей (3),
- определение реакций связей (4),
- аксиома связей (5),
- определение плеча силы (6),
- определение момента силы (7),
- теорема Вариньона (8),
- необходимые и достаточные условия равновесия системы сил, приложенной к твердому телу (9),
- определение пары сил (10),
- сложение и разложение системы параллельных сил (11),

- приведение плоской системы сил к простейшему виду (12),
- условия равновесия плоской системы сил (13),
- условия равновесия плоской системы сходящихся сил (14),
- условия равновесия плоской системы параллельных сил (15),
- определение центра масс твердого тела (16),
- понятие о ферме (17),
- условие статической определимости фермы (18),
- метод вырезания узлов (19),
- метод сечений Риттера (20),
- метод построения диаграммы Максвелла-Кремоны (21),
- приведение пространственной системы сил к простейшему виду (22),
- условия равновесия произвольной пространственной системы сил (23),
- условия равновесия сходящейся пространственной системы сил (24),
- условия равновесия параллельной пространственной системы сил (25),
- равновесие систем тел (26).
-

На рис. 5 изображена система элементов знания, представляющая собой ориентированный граф (нумерация узлов графа соответствует выше приведенному списку элементов знаний).

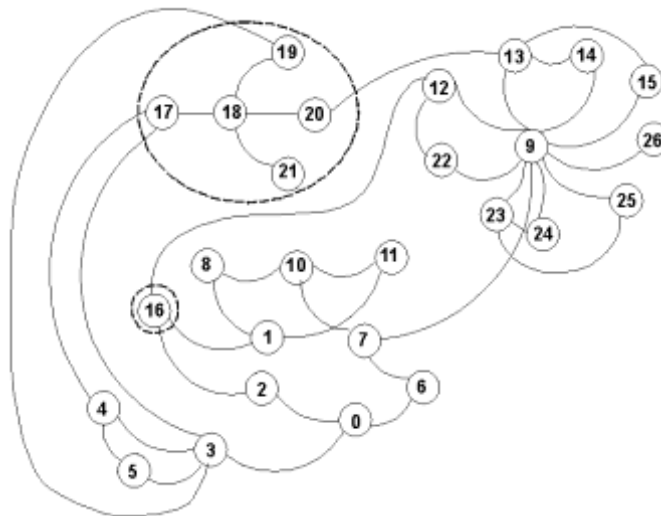


Рис. 5. Граф элементов знаний для раздела "Статика".

В качестве другого примера ниже приведен граф раздела "Расчет механизмов". Его элементы выбраны такими:

- расчетная схема (0),
- принципы построения расчетных схем (1),
- звено (2),
- механизм (3),
- понятие закона движения (4),

- понятие скорости (5),
- понятие ускорения (6),
- понятие мгновенного центра скоростей звеньев (7),
- понятие углового ускорения звена (8),
- понятие угловой скорости звена (9),
- понятие силы (10),
- понятие плеча силы (11),
- понятие момента (12),
- необходимые и достаточные условия равновесия системы сил, приложенной к твердому телу (13),
- условия равновесия системы сил (14),
- понятие силы инерции (15),
- понятие момента инерции (16),
- принцип Даламбера (17),
- основные сведения о прочностных расчетах (18),
- расчет кривошипа на статическую прочность (19),
- понятие эквивалентного сложного напряжения (20),
- понятие допускаемого напряжения (21),
- условие прочности (22),
- изгибающий момент (23),
- осевой момент сопротивления (24),
- приведенный момент (25),
- нормальные напряжения изгиба (26),
- крутящий момент (27),
- касательные напряжения кручения (28).

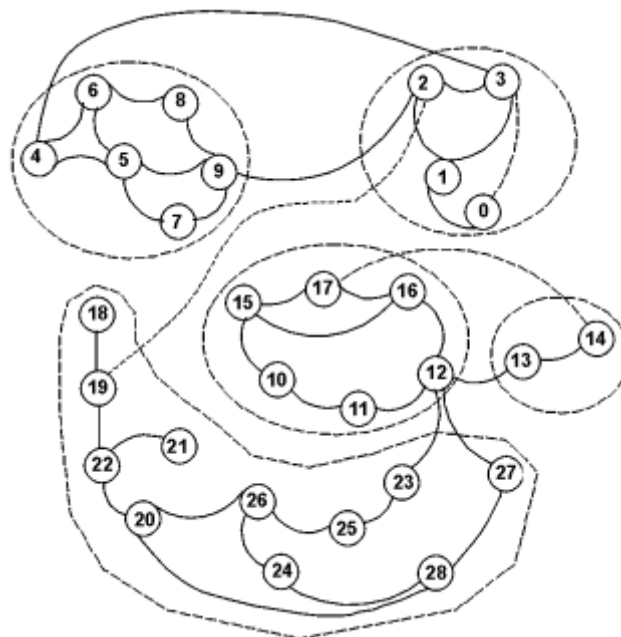


Рис. 6. Граф элементов знаний для раздела "Расчет механизмов".

Важно подчеркнуть, что, вообще говоря, выделение элементов знания не является однозначным; каждый преподаватель, предлагая свой принцип построения теоретического материала, выбирает свою систему элементов знания и характер отношений между ними. Однако, после того, как граф построен, могут быть использованы общие методы анализа графа элементов знаний и с их помощью может выполняться контроль потока усвоения знаний обучаемым [7].

2.2. Структура окон и взаимосвязь элементов знаний.

Реализация 1 – курс лекций. Общая схема ссылок-переходов показана на рис. 7 и содержит путь от главной стартовой страницы учебника к стартовой странице локальной версии и далее к реализации "Курс лекций".



Рис. 7. Общая схема навигации (реализация 1).

Структура окон реализации "Курс лекций" однофреймовая. Связь каждой лекции с главной страницей и приложениями электронного учебника осуществляется через стартовую страницу (рис. 7), содержащую содержание, согласно которому обучаемый может перейти к любой лекции курса. Кроме того, стартовая страница содержит кнопки перехода "Главная", "Конспект", "Тесты", "Практикум", нажатие на каждую из которых позволит перейти к главной стартовой странице электронного Интернет-учебника, приложению "Теоретический материал" (реализация "Конспект-справочник"), приложениям "Тесты и задачи" и "Практикум" локальной версии соответственно.

Взаимосвязь между лекциями внутри реализации "Курс лекций" осуществляется благодаря кнопкам "Вперед" и "Назад"; кнопка "Содержание" позволяет обучаемому перейти от изучения любой лекции к стартовой странице реализации 1 данного приложения.

Реализация 2 – конспект-справочник. Путь гипертекстовых переходов от главной страницы учебника к локальной версии и далее к реализации

"Конспект-справочник" показан на рис. 8.



Рис. 8. Общая схема навигации (реализация 2).

Для представления раздела была выбрана трехфреймовая (трехоконная) конструкция, схема которой показана на рис. 9.

Фрейм 1 содержит четыре кнопки: "Главная", "Курс лекций", "Тесты" и "Практикум", которые осуществляют переходы к главной стартовой странице и соответствующим приложениям электронного учебника.

Фрейм 2 представляет собой выполненное в виде списка гипертекстовых ссылок оглавление того раздела, с которым в настоящий момент работает обучаемый. Указание на любой элемент - гипертекстовую ссылку - оглавления (фрейма 2) приведет к тому, что во фрейм 3 (рабочее поле) загрузится теоретический материал, соответствующий выбранному элементу во фрейме 2.

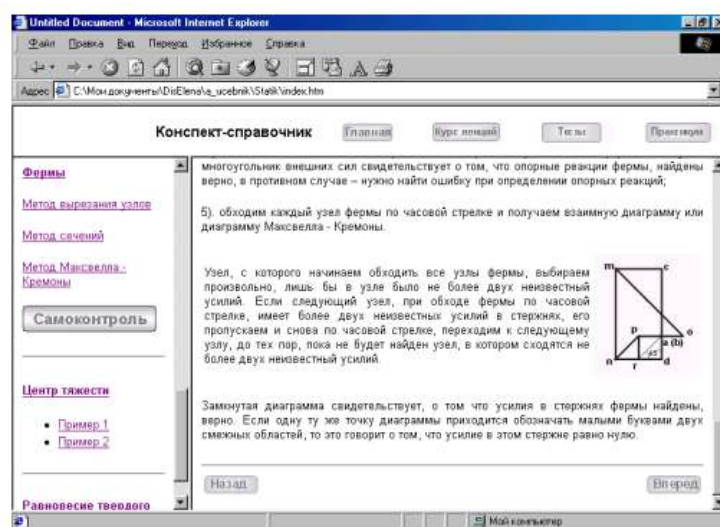


Рис. 9. Трехфреймовая конструкция реализации "Конспект-справочник".

Кроме того, имеется "внутренняя" связь элементов знаний каждого из разделов конспекта-справочника, которая осуществляется благодаря кнопкам "Вперед" и "Назад", расположенным во фрейме 3 (по окончании изучения теоретического материала элемента).

2.3. Технология.

Электронный учебник построен как система, состоящая из набора взаимосвязанных HTML–страниц, существенно обогащенных нетекстовыми компонентами (графические иллюстрации, компьютерные анимации). Так реализованы и дистанционная и локальная версии.

Рассмотрим общие аспекты программной реализации приложения "Теоретический материал" учебника и технологию создания дистанционной версии в системе дифференцированного Интернет-обучения "Гекадем".

2.3.1. Получение гипертекстового html-формата.

Основным стандартом, предназначенным для создания гипертекстовых документов в среде WWW, является HTML (HyperText Markup Language, или язык гипертекстовой разметки).

HTML – документы могут быть созданы следующим образом:

- 1.) при помощи любого текстового редактора;
- 2.) средствами MS Office (FrontPage; конвертация из Word, Excel, PowerPoint в формат HTML);
- 3.) преобразованием документа в формате PDF, используя программу Adobe Acrobat и специальные надстройки (плагины) к ней;
- 4.) при помощи специализированных HTML–редакторов или конверторов (1st Page, Macromedia Dreamweaver и др).

В основном, при разработке учебника использовались средства MS Office и Macromedia Dreamweaver.

2.3.2. Создание компьютерных иллюстраций.

Web–графика, используемая в созданном Интернет–учебнике, представлена стандартными форматами jpg, gif. Подготовка таких файлов может осуществляться в пакетах Corel Draw, Corel Photo Paint, Adobe Illustrator, Adobe PhotoShop, Paint и др.

Для создания компьютерных анимаций также существует широкий круг возможностей. Рассмотрим вопрос создания компьютерных анимированных моделей, построенных на основании математических моделей и иллюстрирующих полный цикл движения механических объектов, в частности, механизмов.

А.) Создание компьютерных анимированных моделей при помощи математического пакета Maple. Возможности Maple в области разработки анимационной графики позволяют создать двухмерные и трехмерные анимированные компьютерные модели реальных механизмов, наглядно

показать обучающимся те или иные законы движения или взаимодействия тел, вывести графические зависимости (в том числе, анимированные) параметров от времени и др.

В области теоретической механики Maple позволяет осуществить показ принципов работы механизмов, решать задачи кинематики (построение траекторий, векторов скоростей и ускорений точек, мгновенных центров скоростей звеньев), задачи динамики и мн. др.

Основным отличием анимированных моделей, полученных в среде пакета Maple, является их построение на основании *математических моделей*.

Последовательность действий для получения каждой анимированной компьютерной модели в среде математического пакета Maple показана на рис.10 и предполагает этапы:



Рис. 10. Получение анимированных моделей в пакете Maple.

- 1) *постановка задачи*, включающая исходные и выходные параметры;
- 2) *построение математической модели механизма*, которое в зависимости от решаемой задачи включает описание геометрических, кинематических, силовых, динамических параметров;
- 3) *программа на языке программирования Maple*. На основании построенной математической модели на встроенном языке программирования Maple готовится программа, результатом выполнения которой является получение

компьютерной анимированной модели, содержащейся в файле с расширением mws.

4). *конвертация*: для использования полученной анимированной модели в составе HTML–страницы, необходимо перевести ее в Web-совместимый формат, например, gif-формат.

Разработаны и применяются в учебнике компьютерные анимированные модели кривошипно-шатунного механизма, механизмов спарника, эллипсографа, кулисных механизмов (с качающейся и вращающейся кулисой), синусного механизма, планетарных механизмов с внешним и внутренним зацеплением зубьев.

Б.) Моделирование движения механизмов с использованием САПР Solid Works и программного комплекса Dynamic Designer Motion.

В качестве альтернативной среды компьютерного моделирования можно назвать систему автоматизированного проектирования Solid Works 2001 совместно с программным комплексом Dynamic Designer Motion (Adams).

Рассмотрим получение анимированной трехмерной твердотельной модели на примере кривошипно–шатунного механизма.

Первый этап – создание трехмерных моделей деталей механизма.

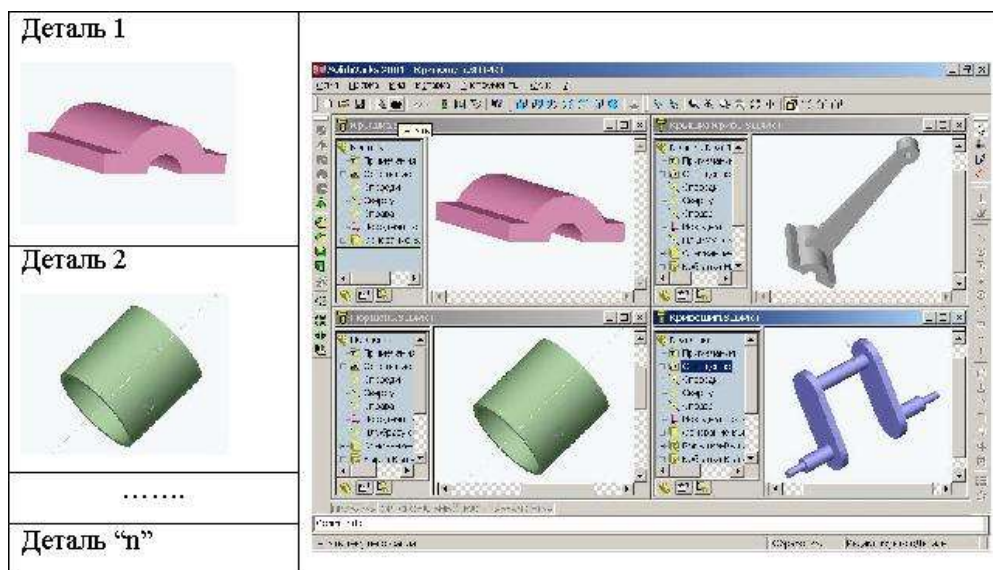


Рис. 11. Построение трехмерных моделей деталей.

Для создания трехмерных моделей деталей механизма необходимо:

- создать плоский эскиз*, получаемый при помощи простейших двумерных примитивов, задающих контур;
- “определить” контур* (задать размеры, соотношения: параллельность, перпендикулярность, концентричность, равенство и др.);
- построить трехмерные изображения деталей* (редактирование

контура путем выдавливания вдоль направляющей, вращением вдоль оси, построением оболочек, отверстий, фасок и др.).

Второй этап - объединение деталей в "сборку" (рис. 12, а).

Разработанные модели деталей механизма собираются в "сборки" при помощи наложения на них так называемых "сопряжений" (или условий совпадения, параллельности, перпендикулярности, концентричности и т.д.), ограничивающих их относительную подвижность.

Результат - пространственная твердотельная параметрическая модель механизма (рис. 12, б), которая потом передается в партнерские системы, например, Dynamic Designer Motion.



Рис. 12. К созданию пространственной модели механизма.

Третий этап – создание анимированной модели: при помощи модуля Dynamic Designer Motion создают анимированную модель, для чего добавляются параметры анимации: выбирается ведущее звено, задается вид его движения, число кадров анимации, время ее воспроизведения.

Полученную анимированную модель можно сохранить в виде файла в формате *.avi и использовать в качестве демонстрационного ролика, либо в формате *.wrl (VRML, язык описания виртуальной реальности), который дает возможность публикации в сети Интернет.

Четвертый этап – вывод графических результатов. Возможности программ Solid Works и Dynamic Designer Motion позволяют вывести на экран графики кинематических, динамических и других параметров.

2.3.3. Реализация в системе дифференцированного Интернет-обучения "Гекадем".

Дистанционная версия созданного электронного Интернет-учебника структурно строится из набора учебных блоков (рис. 13).

Возможности системы позволяют каждому учебному блоку ставить в соответствие несколько элементов знаний. Так, в созданном электронном Интернет-учебнике по теоретической механике каждому учебному блоку в

общем случае соответствуют наборы таких элементов знаний, как лекции, расчетно-графические работы (РГР), семинары, модули входного/выходного контролей.

В случае необходимости система предоставляет возможность изменить порядок следования учебных блоков, постоянно развивать курс, обновлять учебный материал.

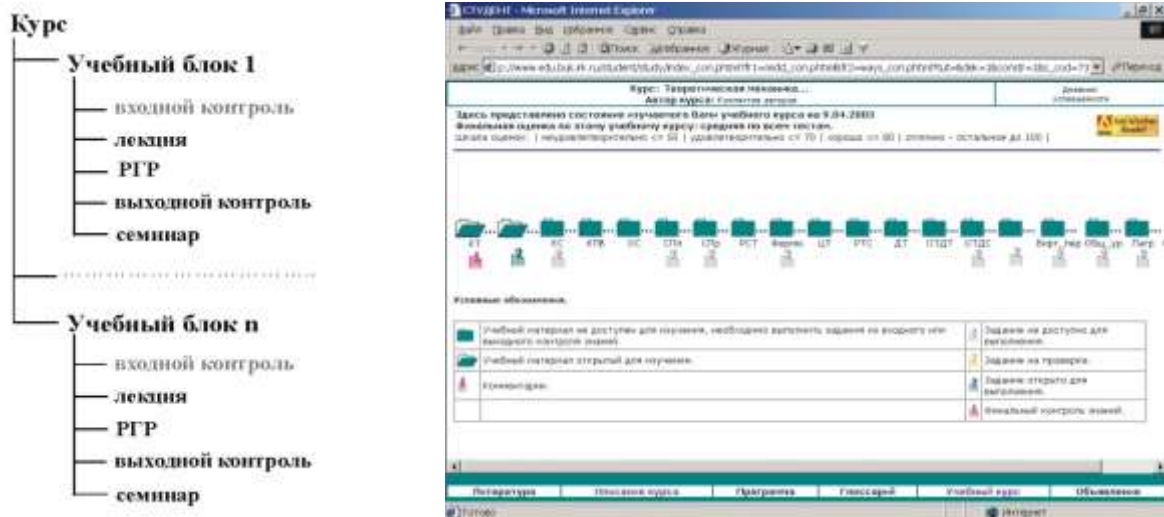


Рис. 13. Структура дистанционной версии курса.

Для эффективной работы с учебными материалами система позволяет сформировать массив элементов знаний (личную библиотеку преподавателя), где хранится весь материал курса в виде дискретных единиц (файлов, небольших по объему сайтов), из которых и будет формироваться наполнение учебных блоков создаваемого курса (рис. 14).



Рис. 14. Формирование механических курсов на основе общего массива элементов знаний.

Существует возможность формировать различные структуры курсов, готовить версии курса для определенных условий (рис. 14).

Курс выполнен так, что приложения электронного учебника находятся в тесной взаимосвязи: материалы для приложений находятся в одном массиве элементов знаний (личной библиотеке преподавателя); элементы приложений вместе образуют учебные блоки.

Следует обратить внимание, что в качестве материала к учебному блоку могут быть использованы файлы любого типа (текст, графика, звук, видео, гипертекст и т.п.), а также ссылки на Интернет-сайты.

3. ПРИЛОЖЕНИЕ "ТЕСТЫ И ЗАДАЧИ".

3.1. Структура, содержание.

Теоретическая механика как наука предназначена и не мыслится без решения практических задач – учебных, демонстрационных, типовых, исследовательских, тестовых. Решение задач позволяет получить целостное представление о предметной области, усвоить курс, приобрести необходимые навыки. Поэтому одной из важнейших составляющих электронного Интернет-учебника по теоретической механике является приложение "Тесты и задачи".

Приложение содержит 215 тестовых заданий по пяти разделам теоретической механики для технических ВУЗов, из которых составлено 12 тестов к учебным блокам. В состав локальной версии электронного Интернет-учебника дополнительно входят модули для самоконтроля знаний, содержащие 82 тестовых задания.

Общее количество тестов и задач в приложении равно 297. Структура основных 215 заданий представлена в Таблице 1.

Таблица 1.

Набор тестов и задач приложения по разделам и темам

№	Название раздела	Название темы (учебного блока)	Число заданий
1.	Кинематика	Кинематика точки (<i>основной тест</i>)	15
		Кинематика плоского движения (<i>основной тест</i>)	15
		Кинематика сложного движения (<i>основной тест</i>)	15
2.	Статика	Плоская система сил (<i>основной тест</i>)	15
		Пространственная система сил (<i>основной тест</i>)	15
		Фермы (<i>основной тест</i>)	15
3.	Динамика точки	Комплексный тест (<i>дополнительный тест 2-ой очереди</i>)	-
	Динамика системы	Теорема о движении центра масс (<i>дополнительный тест 2-ой очереди</i>)	-

		Теорема об изменении количества движения (<i>дополнительный тест 2-ой очереди</i>)	-
		Теорема об изменении главного момента количеств движения (<i>дополнительный тест 2-ой очереди</i>)	-
		Теорема об изменении кинетической энергии системы (<i>основной тест</i>)	15
5.	Аналитическая механика	Принцип Даламбера (<i>основной тест</i>)	15
		Принцип виртуальных перемещений (<i>основной тест</i>)	15
		Общее уравнение динамики (<i>основной тест</i>)	15
		Уравнения Лагранжа второго рода (<i>основной тест</i>)	15
6.	Базовый тест	(<i>основной тест</i>)	50
Итого:			215

3.2. Технология.

Для создания систем контроля знаний существует широкий круг возможностей, начиная от прямого программирования и применения автоматизированных обучающих систем до использования современных Интернет-средств (Java, JavaScript, CGI). Потенциально реализация приложения "Тесты и задачи" может основываться на работе с формами (элементами HTML-страниц, куда пользователь может вводить информацию), причем обработку вводимой информации можно организовать на стороне сервера или на стороне клиента (компьютере обучаемого) в зависимости от решаемой задачи.

Программная реализация модуля самоконтроля. Компьютерная проверка знаний обучаемого сопряжена с проблемой идентификации обучаемого и может быть решена с использованием технологии, основанной на взаимодействии с сервером. Задача проведения самоконтроля знаний обучаемого изначально не требует санкционированного доступа обучаемого к материалам и может быть решена локально, без взаимодействия с Web-сервером, что упростит задачу и повысит быстродействие системы. Для реализации в приложении "Тесты и задачи" системы самоконтроля была использована схема "HTML+JavaScript", основанная на организации в HTML-документе форм и их обработке непосредственно на компьютере обучаемого.

Реализация в системе дифференцированного Интернет-обучения "Гекадем". Возможности системы "Гекадем" позволяют осуществлять индивидуальное и групповое обучение и использовать следующие процедуры

проверки знаний: практикум, семинар, индивидуальные задания, *on-line* тестирование.

Приложение "Тесты и задачи" было реализовано в системе формирования *on-line* тестов, предусматривающей разработку тестов следующих типов:

- "да/нет";
- "упорядочивание списка";
- "multiple choice" (многовариантный выбор);
- "ввод собственного ответа".

Тесты первых трех типов система проверяет сама и выставляет студенту оценку. Проверка тестов типа "ввод собственного ответа" производится тьютором.

Такое разнообразие представленных видов задач оправдано целью охватить как теоретические, так и практические положения курса теоретической механики для технических ВУЗов. Широкий набор видов заданий дает возможность формировать предметные навыки и закрепить полученные знания. Для контроля знаний предпочтительнее использовать задания открытого типа, однако, компьютерная проверка такого типа задач затруднительна, и, в основном, были использованы задания закрытого типа.

4. ПРИЛОЖЕНИЕ "ПРАКТИКУМ".

4.1. Постановка проблемы. Варианты компьютерных практикумов.

Опыт применения компьютерных обучающих средств показал, что наиболее сложные проблемы появляются при обучении студентов технических специальностей практической работе, особенно в области естественнонаучных и инженерных дисциплин, где недостаточно только теоретических знаний, а нужна систематическая практика.

К таким областям можно отнести и курс теоретической механики для технических ВУЗов, для успешного освоения которого большое значение имеет не только наглядность при изложении материала, но и получение навыков в решении задач, проведении экспериментов и обработке полученных данных.

Проведенный обзор показал, что существует достаточное количество работ, посвященных описанию компьютерных средств, служащих для проведения практических работ и получения обучаемым навыков, необходимых для технических специальностей.

Среди них можно выделить направления:

- *виртуальные эксперименты*: в ходе работы обучаемый выполняет измерение на виртуальных приборах, вычисляет значения величин, обрабатывает результаты "виртуальных опытов" - строит графические зависимости, диаграммы, гистограммы и др., определяет погрешности измерений, т.е. приобретает навыки экспериментальной работы, знакомится с

экспериментальными методиками, рассматривает схемы и принципы работы механизмов, изучает характеристики основных законов [10].

Применение виртуальных практических работ дает дополнительные возможности по сравнению с обычными лабораторными или практическими работами: они более наглядны; допускают более широкое изменение параметров, чем реальные; позволяют рассмотреть процессы в условиях, с трудом достижимых или даже вообще недостижимых в реальности [10].

Общий вывод, который можно сделать на основе опыта использования компьютерных экспериментов, таков. Многие явления с помощью компьютера делаются более наглядными. Результаты компьютерных экспериментов хорошо сопоставимы с теоретическими выводами. Лучшие результаты получаются, когда одновременно с компьютерным экспериментом идет натурный, т.к. появляется возможность сравнить их результаты, оценить качество соответствующей модели, глубину представлений о сути явления.

Дальнейшее направление работы над совершенствованием приложения "Практикум" планируется в совмещении двух видов практикумов – виртуального эксперимента и расчетного практикума.

4.2. Структура и содержание расчетного практикума по теоретической механике.

Расчетный практикум по теоретической механике содержит расчетно-графические работы (табл. 2), разработанные в соответствии с этапами комплексного расчета механизмов.

Таблица 2.

Перечень расчетно-графических работ (РГР) приложения "Практикум"

<i>РГР № 1.</i>	Общие принципы составления расчетных схем.
<i>РГР № 2.</i>	Применение темы "Кинематика точки" к расчету механизмов.
<i>РГР № 3.</i>	Применение темы "Кинематика плоского движения" к расчету механизмов.
<i>РГР № 4.</i>	Применение темы "Кинематика сложного движения" к расчету механизмов.
<i>РГР № 5.</i>	Применение темы "Принцип Даламбера" к расчету механизмов.
<i>РГР № 6.</i>	Уравновешивание вращающихся масс.
<i>РГР № 7.</i>	Прочностной расчет кривошипа (ознакомительная).

В РГР № 1 дается представление о назначении, принципе работы, структуре механизма. Изучается понятие "расчетная схема". Приводятся общие принципы построения расчетных схем: для каждого этапа расчета составляется своя расчетная схема, отражающая главные факторы в

поставленной задаче. Выбор расчетной схемы является первым шагом в проведении расчета.

РГР №№ 2 - 4 учат обучаемого определять основные кинематические характеристики (скорости и ускорения точек, угловые скорости и ускорения звеньев механизма) методами теоретической механики, строить расчетные схемы для задач кинематики, анализировать и обрабатывать полученные результаты (которые будут являться входными параметрами для динамического расчета).



Рис. 15. Соответствие РГР этапам комплексного расчета.

В РГР № 5 обучаемый составляет расчетную схему для динамического расчета с помощью принципа Даламбера (метода кинетостатики), производит динамический расчет, анализирует выходные параметры.

В РГР № 6 показано решение задач статического и динамического уравновешивания центробежных сил инерции, возникающих при вращении неуравновешенных масс, посредством установки противовесов. Найденные силы инерции противовесов используются в качестве данных, необходимых для осуществления прочностного расчета кривошипа (коленчатого вала).

РГР № 7 "Прочностной расчет кривошипа" носит ознакомительный характер, т.к. этап прочностных расчетов элементов механизма выходит за рамки курса теоретической механики и является первым шагом к изучению общинженерных дисциплин и специальных курсов. Эта РГР призвана дать обучаемым целостное представление о комплексном расчете механизмов.

Структура компьютерной расчетно-графической работы. Каждая расчетно-графическая работа приложения "Практикум" включает:

1. название работы, цель работы, описание структуры документа;
2. краткая теория по изучаемой теме, основные формулы;
3. методические указания по выполнению работы;
4. условие задачи, варианты заданий;
5. примеры решения и результаты.

4.3. Технология.

Приложение "Практикум" электронного учебника состоит из работ, каждая из которых выполнена в табличном процессоре Microsoft Excel в виде отдельного файла, состоящего из нескольких листов, содержащих текстовый материал, иллюстрации (рисунки, диаграммы), формулы, расчеты (рис. 16).

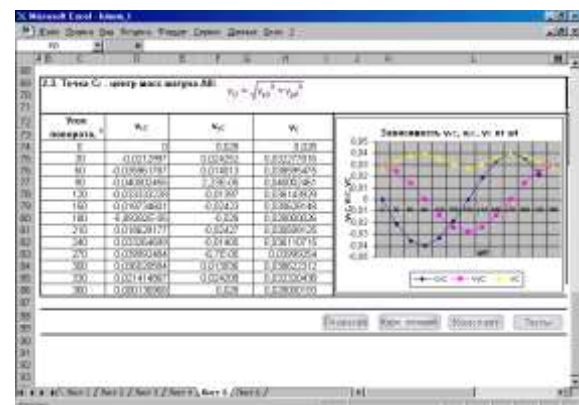
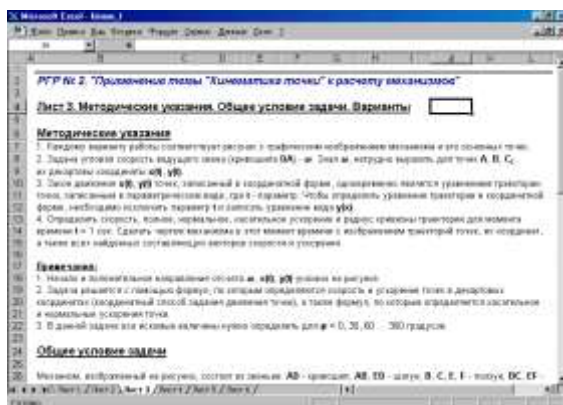
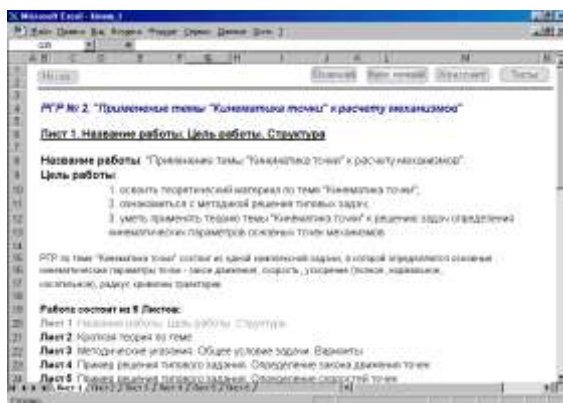


Рис. 16. Общий вид окон расчетно-графической работы.

Рассмотрим структуру и содержание расчетно-графической работы на примере РГР № 2 "Применение темы "Кинематика точки" к расчету механизмов":

Лист 1. Название работы. Цель работы. Структура.

Лист 2. Краткая теория по теме.

Лист 3. Методические указания. Общее условие задачи. Варианты.

Лист 4. Пример решения. Определение закона движения.

Лист 5. Пример решения. Определение скоростей.

Лист 6. Пример решения. Определение ускорений.

Листы 1 - 3 носят информативный характер, листы 4 - 6 являются расчетными. При этом каждый расчетный лист содержит название работы, данные о студенте (фамилия, имя, отчество, группа, вариант), исходные данные, расчетную схему, расчет и анализ результатов.

В локальной версии приложение "Практикум" представляет собой объединенную в отдельный блок совокупность работ, встроенную в состав электронного учебника.

Навигация к приложению "Практикум" локальной версии электронного Интернет-учебника осуществляется следующим образом (рис. 17): от главной стартовой страницы электронного Интернет-учебника переходим по гипертекстовой ссылке к стартовой странице локальной версии. Выбрав ссылку на приложение "Практикум", загружаем стартовую страницу этого приложения.



Рис. 17. Схема навигации (приложение "Практикум").

В самом приложении навигация происходит следующим образом: стартовая страница приложения "Практикум" (рис. 17, рис. 18) содержит оглавление расчетно-графических работ, по которому обучаемый может перейти непосредственно к выбранной им работе. Причем и со стартовой

страницы приложения, и с любого листа каждой из расчетно-графических работ имеется возможность перехода на главную стартовую страницу учебника и к любому приложению локальной версии посредством кнопок перехода "Главная", "Курс лекций", "Конспект", "Тесты".

В пределах одной расчетно-графической работы возможны переходы между отдельными листами (рис. 17).

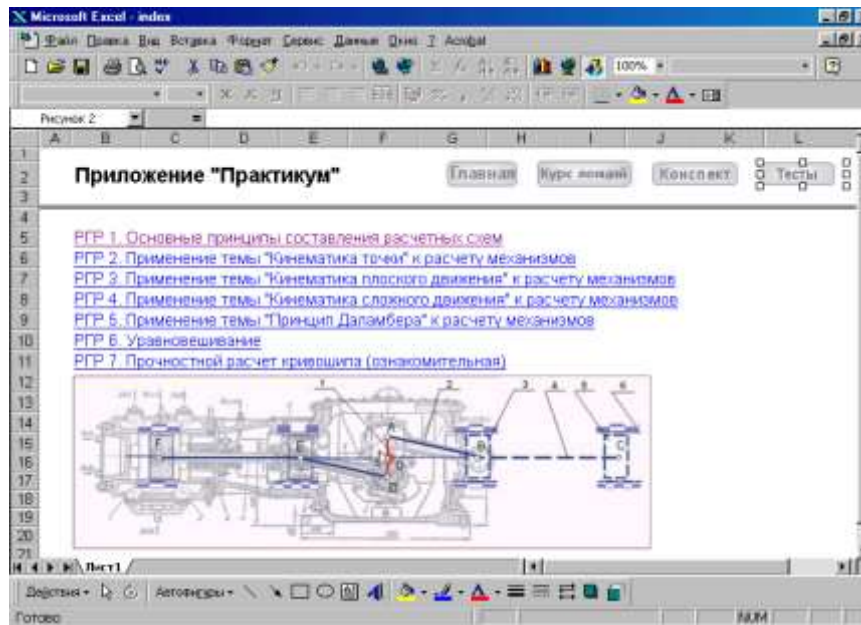


Рис. 18. Стартовая страница приложения "Практикум".

Дистанционная версия приложения "Практикум" реализована в системе дифференцированного Интернет-обучения "Гекадем" в соответствии с технологией, рассмотренной в п. 2.3.3.: каждая РГР (отдельный Excel-файл) помещается в библиотеку преподавателя системы "Гекадем", из которой в дальнейшем встраивается в общую структуру дистанционного курса по теоретической механике и доступ к ним осуществляется выбором соответствующей ссылки.

РГР приложения "Практикум" проверяются преподавателем (тьютором), сопровождающим курс, автоматическая проверка их системой "Гекадем" не предусмотрена.

Заключение.

В работе приведен обзор перспективных направлений в области создания компьютерных обучающих программ и с его использованием построена концепция дистанционной обучающей системы, выполненной в виде электронного Интернет-учебника. Созданная система реализует учебник по теоретической механике для технических ВУЗов, объединяющий две версии (локальную и дистанционную) и содержащий комплекс приложений, включающих теоретический материал с примерами решения типовых задач, проверку знаний обучаемого посредством выполнения тестовых заданий и решения задач, а также компьютерных расчетно-графических работ.

Рассмотрены также аспекты программной реализации приложений учебника, включающие обоснование выбора основных форматов и программных средств. Приведена методика создания компьютерных анимированных моделей механических объектов, в частности, механизмов, иллюстрирующих полный цикл движения. Описаны основные этапы реализации дистанционной версии электронного учебника в системе дифференцированного Интернет-обучения "Гекадем".

Предложенная и апробированная в работе концепция в дальнейшем может быть использована для создания других электронных Интернет-учебников, в частности, для создания дистанционных курсов по "родственным" механическим дисциплинам.

Литература.

1. <http://www.pmuc.ru/distedu/disedu5.html>
2. Курганская Г.С. Система дифференцированного обучения через Интернет. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2000. – 103 с.
3. Курганская Г.С. Дисс. на соискание ученой степени докт. физ.-мат. наук. – Иркутск., 2002 г.
4. <http://www.resc.ru/analiz.html>
5. Ю.Н.Ионова. Методическое, алгоритмическое, программное обеспечение электронного учебника по теоретической механике: Дисс. канд. физ.-мат. наук. – М., 1995. 151 с.
6. Зайнутдинова Л.Х. Создание и применение электронных учебников (на примере общетехнических дисциплин). – Астрахань: Изд-во ЦНТЭП, 1999. 363 с.
7. В.Е.Павловский, Е.С.Нечаева, Ю.Н.Ионова. Методика тестирования знаний в компьютерной обучающей системе. Препринт Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, 2000, № 25.
8. www.hecadem.irk.ru
9. http://www.edu.buk.irk.ru/courses/phtml/cr_tests/main.phtml
10. <http://confdo.kgtu.runnet.ru/doc/tolstik.htm>
11. <http://www.bitpro.ru/ITO/2001/ito/II/1/II-1-17.htm>