

УДК 681.3

В.И. Куля, старший преподаватель,**В.А. Титков, ассистент***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**orgsouzsev@ukr.net***ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Анализируются современные тенденции организации высшего образования в условиях рыночных быстроизменяющихся условиях научно-производственной среды машиностроения. Обобщается и развивается структура гибкой, легко адаптируемой системы подготовки специалистов на основе идей искусственного интеллекта.

Ключевые слова: интеллектуальная система, учебный процесс, производство.

Основными направлениями инженерной деятельности являются проектирование, изготовление и эксплуатация приборов, машин. Широкое использование вычислительной техники во всех этих сферах деятельности современного инженера предъявляет к его профессиональной квалификации ряд дополнительных требований, заключающихся в овладении новыми информационными технологиями инженерного труда.

Информационные технологии интенсивно применяются на всех современных машино-, приборостроительных предприятиях (заводах, НИИ, КБ). На рисунке 1 приведен автоматизированный комплекс предприятия, интегрированный единым информационным пространством для поддержания всех стадий жизненного цикла изделий.

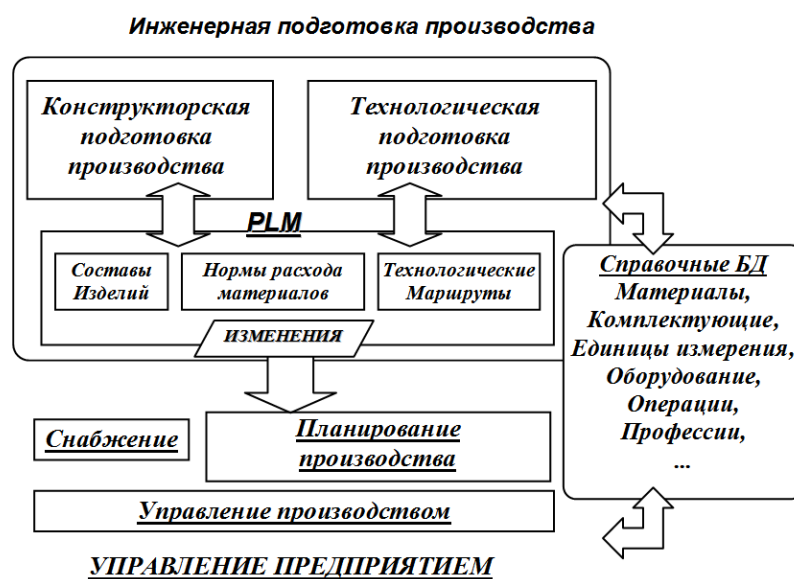


Рисунок 1 – Комплексная информационное пространство предприятия

Система PLM является центральным компонентом программного комплекса, который осуществляет управление информацией о структуре, вариантах конфигурации изделий и входимости компонентов в различные изделия; управление процессом разработки изделия, интеграцию систем автоматизированного проектирования (САПР):

- для конструкторской подготовки САПР К (CAD, CAE), APM WinMachine)
- для технологической подготовки САПР ТП (CAPP), САПР УП (CAM).

Применение комплексных автоматизированных систем в учебном процессе позволит готовить инженерные кадры, знания и умения которых отвечают современным требованиям применения компьютерных технологий в КБ, заводах и проектных организаций.

Однако сущность инженерной квалификации остается прежней и заключается не только и даже не столько во владении формализованными методами решения инженерных задач, сколько в развитой интуиции, так называемом инженерном чутье, опирающемся на знание фундаментальных физических свойств технических объектов и процессов и умение глубоко анализировать эти свойства. Такие

професійні якості завжди цінилися в інженері, а к настоящему времени их роль, в связи с широким внедрением ВТ в промышленности, в строительстве, еще более возросла. Чтобы строить адекватные математические модели, необходимо глубоко понимать физическую природу объектов моделирования. Чтобы принимать технически грамотные решения при работе с САПР или другими человеко-компьютерными комплексами, необходимо уметь правильно воспринимать и осмысливать результаты вычислений, учитывать трудно формализуемые факторы, всегда имеющиеся в инженерной деятельности.

Но при всей несомненной полезности автоматизация инженерного труда в учебных задачах не всегда приводит к повышению качества собственно инженерной подготовки. Студенты порой не получают в полном объеме даже тех знаний свойств технических объектов, которые им давало традиционное докомпьютерное обучение. К тому же относительная легкость получения результата с применением ЭВМ снижает интерес к самому результату. Так, целеустремленный поиск путем ряда проб оптимального или рационального решения в проектных задачах гораздо интересней и поучительней для будущего инженера, чем получение только одного оптимального проекта, который нельзя улучшить и не с чем сравнить.

Таким образом, в организации системы высшего образования имеется множество проблем, которые необходимо решать с применением современных средств компьютерных технологий. Комплексный подход на основе системного анализа, компьютерных сетей, интеллектуальных обучающих систем обеспечит интеграцию и обмен новейшими знаниями, методами и методиками. Центром такой системы становится конкретный обучаемый, который интерактивно взаимодействуя с интегрированной средой обучающую с

С начала 80-х годов интенсивно развивается новое направление в компьютеризации обучения – интеллектуальные обучающие системы (ИОС), основанные на работах в области искусственного интеллекта. Существенной частью ИОС являются модели обучаемого, процесса обучения, предметной области, на основе которых для каждого обучаемого может строиться рациональная стратегия обучения. Базы знаний ИОС могут содержать наряду с формализованными знаниями экспертные знания в предметных областях и в сфере обучения. Работы в области создания ИОС безусловно перспективны, но находятся пока на стадии лабораторных исследований и, несмотря на некоторые примеры успешного применения, на уровень массовой технологии еще не вышли.

При использовании технологии обработки знаний в обучении необходимо обеспечить высокую эффективность переноса разнородных знаний, что предполагает представление в базе знаний предметных знаний преподавателя, методических правил, педагогических суждений, а так же способов управления знаниями. Компьютерные системы, работающие по принципу инженерии предметных, педагогических и методических знаний преподавателей, когда программно поддерживаются содержание, стратегии и методики обучения представляют класс интеллектуальных систем как интеллектуальные обучающие системы, экспертно-обучающие системы (ЭОС) [1]. На их основе необходимо создавать интеллектуальные учебные среды

В таких системах ведущее место отводится функциям коммуникации, передачи знаний преподавателей, представленных в компьютере, студентам. При этом взаимодействие «преподаватель–компьютерная система» связано с динамическим перераспределением обучающих функций между преподавателем и компьютером, т.е. обеспечивается опосредованное воздействие преподавателей, через ЭОС на студентов.

Преподаватель формирует логические схемы учебного материала в базе знаний, а экспертная система управляет процессом обучения при взаимодействии с интеллектуальной системой.

Компьютерная система выполняет часть функций преподавателя по предъявлению учебного материала, контролю его усвоения, обнаружению ошибок у студентов, и пр.

ИОС используются для направленного формирования функциональной структуры деятельности у студентов, построения системы индивидуального опыта, адекватной требованиям профессии.

Анализ инженерных знаний в реальном мире показывает, что им присущ пассивный аспект: книги, таблицы, формулы, машиностроительные чертежи, графики и т.п. В автоматизированной интеллектуальной системе необходим активный аспект представления, поскольку необходимо не только запоминать, но и извлекать и производить рассуждения для поиска технологических решений. Численная формализация таких описаний малоэффективна. Напротив, использование символического языка, такого как язык математической логики, позволяет формулировать описания в форме, одновременно близкой и к естественному языку технолога и к языку программирования. Математическая логика позволяет рассуждать, базируясь на приобретенных знаниях: логические выводы действительно являются активными операциями получения новых знаний из усвоенных ранее.

Предлагается новая концепция организации обучения на базе экспертных систем (рисунок 2), в которой на основе логических моделей производится не только освоение приемов работы с предметными

автоматизированными системами САПР, но и развитие инженерного системного мышления, интуиции при проектировании объектов.

Центральным ядром системы является экспертная обучающая система, которая интерпретирует инженерные решения на основе базы знаний (БЗ), которую формирует преподаватель (см. рис 2).

Система является универсальной, обучение производится для всех этапов конструкторско-технологической подготовки производства. Обучение производится по двум направлениям:

1. Освоение приемов работы с предметными автоматизированными системами САПР (САПР К, САПР ТП, САПР УП);
2. Освоение объектов методик решения конструкторско-технологической задач.

В процессе обучения работы с конструкторской САПР (CAD) студент должен уметь создавать трехмерные ассоциативные геометрические модели деталей и сборочных единиц и целиком изделий, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы и оформлять чертежи и спецификации. Кроме этого должен применять инженерный анализ (CAE) для проверки конструкции и доводки ее характеристик до необходимых требований ТЗ. Для этого применяются следующие системы геометрического моделирования (конструирования):

CAD «КОМПАС-3D» – для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы.

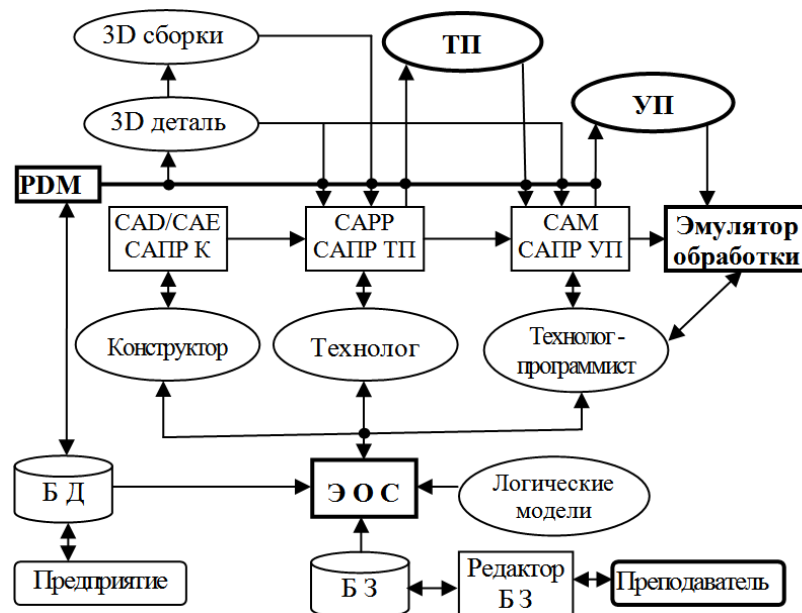


Рисунок 2 – Схема комплексной интеллектуальной системы обучения

APM WinMachine – инструментально-экспертная система для автоматизированного расчета и проектирования деталей машин, механизмов, элементов конструкций и узлов

CAD «PowerSHAPE» – мощный гибридный моделировщик для проектирования изделий сложных форм, дополненный возможностями обратного инжиниринга.

CAE «NASTRAN», «ANSYS» – системы виртуального моделирования и инженерного анализа конструкций.

ArtCAM – это программный пакет для пространственного моделирования / механообработки, который позволяет автоматически генерировать пространственные модели из плоского рисунка и получать изделия на станках с ЧПУ.

С помощью САПР ТП «ВЕРТИКАЛЬ» производится проектирование технологических процессов обработки деталей и сборки узлов.

Для автоматизированной подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ применяется следующие системы:

CAM «GEMMA-3D». В автоматизированном производстве обработка деталей осуществляется на станках с ЧПУ, уровень операционной технологии обработки по УП. Поэтому техпроцессы на уровне маршрутной технологии

CAM «PowerMILL» – система для подготовки высокоэффективных управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ.

CAM «FeatureCAM» – система предназначена для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ. Отличительной особенностью FeatureCAM от других CAM-систем является высокая степень автоматизации подготовки управляющих программ. В основе системы FeatureCAM лежит возможность автоматического распознавания типовых элементов твердотельной 3D-модели и автоматическая обработка этих элементов с применением заложенной в систему технологической базы знаний.

Полученные управляющие программы для станков с ЧПУ отлаживаются на компьютерном эмуляторе Swansoft CNC. Он позволяет производить программирование обработки и имитацию работы токарных, фрезерных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров для большинства СЧПУ. Разработка компании Nanjing Swansoft Technology Co (Япония). Вместо съема реальных данных с объектов и процессов производится их имитационное моделирование и дальнейшая обработка автоматизированными системами, которые производят анализ состояния оборудования или технологического процесса, их оценки и выдачи рекомендаций по их усовершенствованию или режимам эксплуатации. Таким образом, организуется виртуальное производство, в котором представлено большое многообразие станков с ЧПУ. Студенты обеспечены мощным обучающим комплексом для проведения экспериментов. Обучение организовано по следующей схеме: проектирование УП, виртуальная обработка, анализ результаты обработки, варьирования параметров проектирования УП без изменения модели детали, виртуальная обработка и т.д.

Все автоматизированные системы связаны между собой единым информационным пространством.

В результате конструирования созданные модели деталей и сборок передаются в подсистему технологической подготовки производства (САПР ТП, САПР УП). На выходе САПР ТП получают информационные модели ТП изготовления деталей и сборки узлов, изделий. На основе входной информации модели ТП изготовления деталей (маршрутный уровень техпроцесса) и геометрической модели детали производится проектирование УП.

Интегрированная информационная структура обучающей системы абсолютно такая же, как на реальном предприятии. Таким образом, студент обучается в среде виртуального предприятия.

Укрупненная модель интеллектуальной системы представляется девяткой:

$$S = \langle W, H, E, O, Q_A, Q_S, T, P, R \rangle, \quad (1)$$

где W – словарь (системной и предметной областей); H – множество синтаксических правил построения формул; E – множество элементарных сущностей, O – множество структурированных объектов, Q_A – алгоритмы обучения и адаптации системы, Q_S – алгоритм комплексной стратегии поиска инженерных решений; T – множество моделей задач; P – множество программных универсальных процедур; R – множество отношений (классификационные, структурные, логико-трансформационные, временного порядка, пространственные и другие).

Процесс обучения происходит на вычислительной сети, которая состоит из двух типов узлов: объекты и отношения. Конструирование вычислительной сети осуществляется на основе правил вывода с использованием логического подхода, основанного на методе доказательства теорем с помощью правила резолюций.

В результате обучения системы все переменные и отношения (блоки сети) связываются между собой в многоуровневую вычислительную сеть NET , которая состоит из подсетей – задач, т.к. каждой задаче T_i соответствует подсеть NET_i .

Сеть представляется следующим образом:

$$NET = \langle B, D, Q1, Q2 \rangle, \quad (2)$$

где B – множество блоков сети, представляющих отношения или функции, D – множество предметных переменных (данных), $Q1 (D, B)$ – отношения связи данных с блоками, $Q2 (B, B)$ – связи между блоками.

Вычислительная интерпретация сети состоит в том, что именам переменных соответствуют каналы данных, по которым передаются значения, блокам – процедуры преобразования данных, а отношениям – каналы управления данными и преобразователями информации. Схема решения Q (алгоритм) задачи может быть априорно известна и задается явно или неизвестна, тогда она формируется системой автоматически.

В зависимости от стратегии обучения и имитации поиска инженерных решений происходит активизация только тех типов узлов сети, выполнение которых указаны в рекомендациях методики. Стратегия решения строится из логической последовательности задач-инструкций. Элементами инструкции являются: действия, типы отношений, конструкторско-технологические объекты, предикатные условия, область распространения действий и прочие элементы знаний. Методические знания представлены на формальном языке модифицированной логики предикатов первого порядка, как и все остальные знания системы, то используется единый вычислительный формализм.

В программной инструментальной оболочке ЭОС реализуются следующие базовые процедуры и подзадачи: абстрагирования; конкретизации; группирования и упорядочивания множества; интерпретации аналитических формул; эвристической оценки вариантов синтеза обработок на уровнях

абстрагирования; выбора из базы данных необходимых параметров (унифицированных конструкторских объектов, материалов, оборудования, инструмента, параметров материала и других нормативно-справочных данных); качественной оценки структур техпроцесса на основе оценок предпочтения.

В БЗ ЭОС представлены наиболее существенных типы знаний:

- предметные знания, относящиеся к конкретному курсу (области обучения), например, проблемам искусственного интеллекта или информационному обеспечению предприятий
- стратегические и методические знания, относящиеся к организации, планированию и управлению процессом подготовки студентов, например, общие цели, стратегии и сценарии обучения, правила комбинирования различных дисциплин и форм занятий, способы составления учебных планов и пр.
- метазнания о способах компьютерной интеграции знаний.

Модель процесса обучения обеспечивает формирование информационной модели, предъявление информации и оценку качества деятельности студента. Здесь присутствуют знания о планировании и организации процесса обучения, об общих и частных методиках обучения.

В ЭОС применяются средства гипермедиа [2]. В области автоматизации проектирования разработано много учебного медиа материала, который представляется в виде сложной иерархической сети, отражающей структуру предмета. Узлы этой сети представляют различные элементы знаний – понятия, факты, особенности предмета, а дуги отражают взаимосвязи фрагментов знаний. В узлах могут находиться тексты, рисунки, графики и т.п.; вся эта информация может представляться в динамике с помощью звука, анимации или видеофрагментов. Передвигаясь по сети студент самостоятельно изучает предметную область, постепенно осваивая ее структуру. Средства мультимедиа повышает эффективность учебного процесса при освоении САПР за счет виртуальной имитации реального производственного процесса путем гибридного сочетания различных форм, моделей и средств представления знаний (вербальных, компьютерной графики, видео, звуковых, тактильных и пр.).

Блок «Редактор БЗ» обеспечивает взаимодействие преподавателя с базой знаний предметной области. С его помощью преподаватель оперативно пополняет базу знаний, определяет различные уровни обучения, разрабатывает средства для проверки знаний обучаемых. Интерфейс обучаемого осуществляется за счет взаимодействия с базой знаний, который адаптируется для каждого студента с учетом текущего уровня его подготовки, предпочтительной стратегии обучения, типичных ошибок.

Общение обучаемого с системой осуществляется на ограниченном естественном языке в форме диалога. Словарь включает лексические единицы системных действий и объектов, необходимых при обучении и при работе с системой. Действиям и объектам механизма имитационного моделирования мыслительной деятельности технолога поставлены в соответствии слова (фразы) языка рассуждения

ЭОС обеспечивают диагностику, отладку и коррекцию поведения обучаемого. Такая система не только диагностирует и указывает студенту его ошибки, но и анализирует их причины, строит гипотезы, правила и планы исправления ошибок, дает советы, исходя из предварительно определенных стратегий обучения и имеющейся модели обучаемого.

ЭОС обеспечивает различные интерактивные режимы обучения:

- а) тренинг;
- б) выполнение реальных тестовых заданий и задач, по результатам решения которых можно судить об уровне подготовки и ошибках обучаемого;
- в) вопросно-ответные процедуры, в ходе которых обучаемого побуждают к формированию цепочек рассуждений, причем могут использоваться такие модели, которые позволяют обучаемому самому открывать некоторые правила или оценивать факты.

При комплексной автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства особую роль играют модели деталей, которая связывает все этапы проектирования. В САПР используются трехмерные геометрические модели деталей, информационные модели техпроцессов. Для управления процессом обучения необходимы структурно-логические модели деталей, техпроцессов и управляющих программ, которые имеют двухсторонние ассоциативные связи с конструкторско-технологическими моделями САПР.

Деталь характеризуется набором общих сведений и состоит из множеств поверхностей, размерных, точностных и пространственных связей между ними, а также из множества конструкторско-технологических элементов (КТЭ) и отношений взаимного расположения [3].

Логическая модель детали представляется следующим формальным правилом:

$$\begin{aligned} & \text{Список}(N_{КТЭ}, КТЭ(ID_{КТЭ}, \text{Имя}, Tun_{КТЭ})) \& \\ & \text{Список}(N_{Отн}, Отн_{КТЭ}(Tun_{Отн}, КТЭ(ID_{КТЭ}), КТЭ(ID_{КТЭ})) \& \\ & \text{Список}(N_{Отн}, Разм(Tun_{разм}, П(ID_{П}), П(ID_{П})) \& \\ & \text{Список}(N_{Отн}, Твр(Tun_{вр}, П(ID_{П}), П(ID_{П})) \rightarrow Sd(ID_{dem}), \end{aligned} \quad (3)$$

где $\text{Список}()$, $КТЭ()$, $Отн_{КТЭ}()$, $Разм()$, $Твр()$ – предикаты, описывающие множества однородных элементов, конструкторско-технологических элементов, пространственных отношений между КТЭ,

размерных связей между поверхностями, точности взаимного расположения поверхностей, N – размер списка, $Tun_КТЭ$ – карман, отверстие, плоскость, канавка, паз, колодец и т.п.; $Отн_КТЭ$ – пространственно-конструктивные отношения между КТЭ (внутри, на, вложен, и т.п.).

Схема использования логических моделей предметных объектов следующая. Преподаватель формирует множество логических моделей деталей, которые будут являться объектом обучения. Кроме этого задаются логические правила, связывающие элементы модели деталей с проектными процедурами. В результате система автоматически синтезирует методику создания геометрической модели с помощью САПР, по которой происходит обучение пользователя на примерах построения конкретных деталей. В режиме контроля знаний та же самая методика применяется для сравнения и оценки действий обучаемого при выполнении контрольных заданий создания моделей деталей. Кроме логико-структурной модели в конструкторской подготовке в БЗ создается функциональная модель деталей и сборочных единиц, с помощью которой ЭОС обучает и консультирует конструктора, предлагая проектные решения.

Уровень автоматизации технологических задач в современных САПР ТП низкий. При проектировании техпроцессов очень много слабо формализуемых технологических задач, которые относятся к логическому типу. На входе в САПР поступает геометрическая модель детали и параллельно в ЭОС активируется логическая ее модель. Логика решения технологических задач определяется логикой детали, логикой схемой формообразования и базирования. Эксперты технологи формируют логические правила решения технологических задач (назначения видов обработки, выбора базовых поверхностей, назначение схемы базирования, назначение инструмента, оборудования и т.п.) по схеме: КТЭ → элементы ТП. ИЭС работает в режиме обучения решения технологических задач и в режиме интеллектуального высококвалифицированного консультанта технолога.

В автоматизированных системах с высоким уровнем автоматизации многие задачи выполняются в автоматическом режиме. В этом случае скрыта логика проектирования, связь, зависимость выходных параметров объекта от входных и промежуточных параметров. Многие вычисления, которые считаются нередко рутинной работой, обладают большим обучающим эффектом, так как позволяют проследить и понять связь значений варьируемых переменных технического объекта с его характеристиками.

САПР АРМ WinMachine предназначена для проектирования привода вращательного движения произвольной структуры. На входе системы начальные и конечные параметры привода в целом, на выходе – все расчетные характеристики, рабочие чертежи элементов привода, сборочный чертеж редуктора и текстовый файл отчета. В автоматическом режиме решаются следующие задачи: задание кинематической схемы в специальном редакторе, расчет зубчатых передач, валов и осей и подшипников качения.

Система позволяет выполнить как проектировочный, так и проверочный расчет привода.

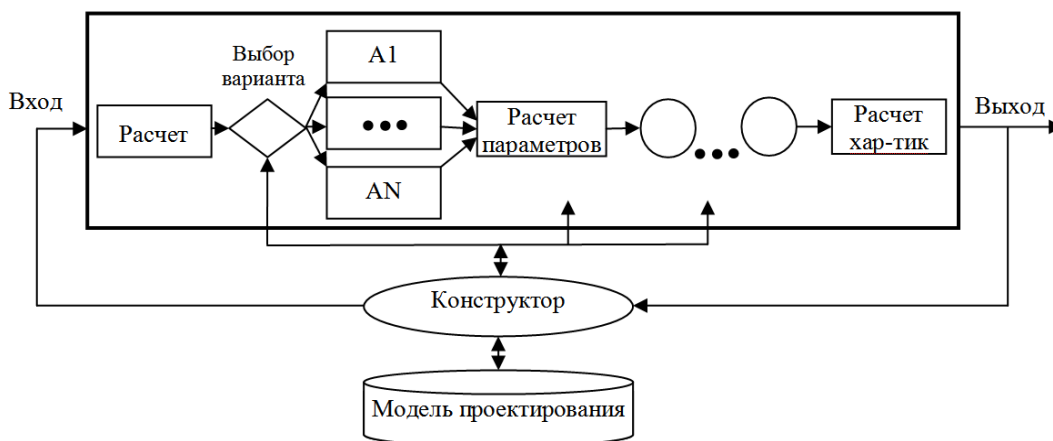


Рисунок 3 – Логическая схема автоматизированной системы проектирования

В базе знаний для таких систем формируется логическая структура, которая адекватно отражает последовательность проектных процедур, преобразующих входные данные в выходные. Устанавливается взаимосвязь выходных характеристик технического объекта от процесса проектирования по следующей схеме: вход – структура объекта – функции объекта – параметры объекта – выходные характеристики.

ЭОС раскрывает внутренний, скрытый процесс автоматизированного проектирования, объясняет и консультирует. Система выполняет роль эксперта-консультанта. В режиме наблюдателя ЭОС помогает конструктору задавать кинематику, выбирать предложенные варианты на промежуточных этапах, а

также управляет анализом рассчитанных выходных характеристик, обоснованно и целенаправленно направляет корректировку входных данных для получения обходимых конструкторских решений.

Предлагаемая интеллектуальная обучающая система для подготовки конструкторов и технологов позволяет интегрировать знания по предметной области, методики решения инженерных задач, а также методами автоматизированной конструкторско-технологической подготовке производства.

Применение этой методики ориентирует разработчиков методических и программно-информационных средств для поддержки учебного процесса на создание не отдельных фрагментов, а учебных комплексов, обеспечивающих полноценную проработку учебного материала от знакомства с теорией до решения нетиповых задач.

Библиографический список используемой литературы

1. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. / В.А. Петрушин. — Киев: Наукова думка, 1992. — 420 с.
2. Вишняков Ю.М. Проблемы интеграции интеллектуальных гипермедийных обучающих сред в виртуальные образовательные структуры / Ю.М. Вишняков, С.И. Родзин // Новости искусственного интеллекта. — 2000. — № 3. — С. 89–101.
3. Новоселов Ю.К. Логические модели распределенных технологических баз знаний при комплексной автоматизации технологических систем / Ю.К. Новоселов, В.И. Куля // Вестник НТУ «ХПУ». Высокие технологии в машиностроении: сб. науч. тр. — Харьков, 2002.— Вып. 1 (5) — С. 282–287.

Поступила в редакцию 27.03.2012 г.

Куля В.І., Тітков В.А. Інтегровані інтелектуальні навчальні системи в машинобудуванні

Аналізуються сучасні тенденції організації вищої освіти в умовах ринкових швидкоплинних умовах науково-виробничого середовища машинобудування. Узагальнюється і розвивається структура гнучкою, легко адаптованою системи підготовки фахівців на основі ідей штучного інтелекту.

Ключові слова: інтелектуальна система, навчальний процес, виробництво.

Kulya V.I., Titkov V.A. Integrated intelligent tutoring systems engineering

Analyzes are the current trends in the organization of higher education in a rapidly changing market conditions, the scientific and engineering work environment. We generalize and develop the structure of a flexible, adaptable training system based on the ideas of artificial intelligence.

Keywords: intelligent, educational process, production.