

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

**Б.С. Сункуев
В.Л. Шарстнев
А.Г. Кириллов**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН**

**Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов специальности
«Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности
и бытового обслуживания» учреждений,
обеспечивающих получение высшего образования**

Библиотека ВГТУ



**Витебск
2004**

УДК 67/68
ББК 37.2
С89

Авторы: Б.С. Сункуев – разделы 1-7, 12, 13, В.Л. Шарстнев – разделы 9-11,
А.Г. Кириллов – раздел 8

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Московской государственной академии легкой промышленности В.В. Сторожев; начальник ОАО «Научно-производственное опытно-конструкторское бюро машиностроения» В.И. Зудов

С89 **Системы автоматизированного проектирования машин:**
Учебное пособие / Б.С. Сункуев, В.Л. Шарстнев, А.Г. Кириллов. –
Витебск: УО «ВГТУ», 2004. – 112 с.: ил.
ISBN 985-6655-99-4.

В учебном пособии изложены общие сведения о системах автоматизированного проектирования (САПР) машин, сведения о структуре САПР, математических моделях машин, построении кинематических и динамических моделей механизмов машин, прикладном программном обеспечении, используемом при реализации кинематических и динамических моделей, краткие сведения об ЭВМ, сведения о носителях информации, устройствах ввода-вывода информации и сопряжения с пользователем, используемых при автоматизированном проектировании машин. Учебное пособие предназначено для студентов специальности Т.05.05.00 (1-36 08 01), изучающих одноименную дисциплину.



УДК 67/68
ББК 37.2

ISBN 985-6655-99-4

© Сункуев Б.С., Шарстнев В.Л.,
Кириллов А.Г., 2004

Содержание

	Стр.
Введение	5
1 Общие сведения о системах автоматизированного проектирования	5
1.1 Содержание работ по проектированию новой техники	5
1.2 Предпосылки автоматизации проектных работ	7
1.3 Техничко-экономические показатели функционирования САПР	7
2 Структура САПР	8
2.1 Место САПР в системе автоматизированного производства	8
2.2 Подсистемы и виды обеспечения САПР	8
3 Математические модели машин и методы их решения	12
3.1 Понятие о математической модели, параметры объекта проектирования	12
3.2 Требования, предъявляемые к математическим моделям	13
3.3 Классификация математических моделей	13
3.4 Краткий обзор математических методов, применяемых при решении математических моделей машин	15
4 Общие сведения о кинематических моделях рычажных механизмов машин	17
4.1 Входные и выходные параметры	17
4.2 Принципы построения кинематических моделей механизмов	18
4.3 Методы решения кинематических моделей структурных групп рычажных механизмов	18
5 Кинематические модели структурных групп рычажных механизмов	19
5.1 Кинематическая модель механизма 1-го класса	19
5.2 Кинематическая модель группы Ассура 2-го класса 1-го вида	20
5.3 Кинематическая модель группы Ассура 2-го класса 2-го вида	23
5.4 Кинематическая модель группы Ассура 2-го класса 3-го вида	26
5.5 Математическая модель определения кинематических характеристик третьей точки звена	28
6 Общие сведения о динамических моделях рычажных механизмов машин	31
6.1 Входные и выходные параметры динамических моделей	31
6.2 Принципы построения динамических моделей механизмов	31
6.3 Методы решения динамических моделей	32

7	Динамические модели структурных групп рычажных механизмов	32
7.1	Динамическая модель группы Ассура 2-го класса 1-го вида	32
7.2	Динамическая модель группы Ассура 2-го класса 2-го вида	36
7.3	Динамическая модель группы Ассура 2-го класса 3-го вида	39
7.4	Динамическая модель механизма 1-го класса	42
8	Прикладное программное обеспечение, используемое при реализации кинематической и динамической моделей механизмов	46
8.1	Процедуры кинематического анализа структурных групп механизмов	47
8.2	Процедуры динамического анализа структурных групп механизмов	50
8.3	Пример разработки программы кинематического и динамического анализа механизмов	53
9	Краткие сведения об ЭВМ, используемые в САПР	60
9.1	Составные части и устройство ЭВМ. Основные технические характеристики	60
9.2	Режимы работы вычислительных средств (ВС)	73
9.3	Типы ЭВМ и их технические параметры	75
10	Внешние запоминающие устройства ЭВМ	76
10.1	Основные параметры ВЗУ	76
10.2	Накопители на гибких магнитных дисках	77
10.3	Накопители на жестких магнитных дисках	78
10.4	Накопители на оптических дисках	79
10.5	Накопители на магнитных лентах	81
11	Устройства ввода-вывода информации в ЭВМ и сопряжения с пользователем	81
11.1	Устройства ввода информации	81
11.2	Устройства вывода информации	84
11.3	Устройства сопряжения с пользователем	93
12	Устройства ввода графической информации	95
12.1	Дигитайзеры	95
12.2	Сканеры	98
12.3	Виды сканеров	98
13	Графопостроители	100
13.1	Назначение и структура	100
13.2	Классификация графопостроителей	101
13.3	Планшетные графопостроители	103
13.4	Рулонные графопостроители	107
13.5	Технические характеристики графопостроителей	110
	Литература	111

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов специальности «Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания», изучающих одноименную дисциплину.

Основное внимание уделено изложению процедур автоматизированного расчета кинематики и динамики рычажных исполнительных механизмов машин, так как эти расчеты являются наиболее трудоемкими в процессе проектирования машин отрасли и недостаточно изложены в технической литературе.

Учебное пособие может быть полезным студентам при выполнении курсового и дипломного проектов.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Система автоматизированного проектирования (САПР) – это комплекс мер автоматизированного проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом пользователей (специалистов), выполняющих автоматизированное проектирование [1].

Процесс проектирования заключается в преобразовании первичных описаний, оптимизации заданных характеристик объекта и алгоритмов функционирования. Результатом проектирования является проект, представляющий совокупность проектных и рабочих документов, отражающих проектные решения на промежуточных и конечных стадиях проектирования. Проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта, алгоритмы его функционирования, алгоритмы процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляется взаимодействием человека и ЭВМ, называется автоматизированным.

1.1 Содержание работ по проектированию новой техники

Разработка новой техники осуществляется в процессе проведения опытно-конструкторских работ. Согласно [2] работы по проектированию машин подразделяются на стадии, включающие разработку следующих конструкторских документов или их совокупностей:

- исходные требования;
- техническое задание;
- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочая конструкторская документация.

Каждый из перечисленных конструкторских документов (их совокупностей) раскрывает с различной степенью детализации основные свойства (параметры) машины и представляет собой графические и текстовые материалы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство машины и содержат необходимые данные для ее разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. К рабочей конструкторской документации относятся: чертеж детали, сборочный чертеж, чертеж общего вида, монтажный чертеж, схема, спецификация, пояснительная записка, технические условия, программа и методика испытаний, инструкция по эксплуатации, паспорт, ведомость запасных инструментов и принадлежностей, ремонтные документы, таблица, расчет, техническое описание и т.д.

Рассмотрим содержание работ, выполняемых при разработке новой техники.

Информационный поиск.

На этом этапе выполняется анализ известных конструкций изделий аналогичного назначения по материалам патентов, периодических изданий, проспектов фирм-производителей оборудования, посредством изучения технической документации, технической литературы, посещения выставок, конференций и т.п. Цель анализа – создание патентоспособной конструкции машины. Автоматизация патентного поиска достигается созданием баз данных в рамках конкретного предприятия, отраслевых и государственных информационных сетей, организацией доступа к Интернету.

Проведение научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских (ОКР) работ.

Указанные работы проводятся с целью отыскания принципиальных конструкторских решений новой машины и включают в себя создание макетов и экспериментальных образцов новой машины, проведение экспериментальных исследований.

Целесообразно вместо макетов разрабатывать теоретические модели объектов проектирования и эксперименты заменять исследованием этих моделей, что значительно сокращает сроки проектирования и снижает стоимость проектных работ.

Разработка и оформление технической документации.

В процессе проектирования разрабатывается множество текстовой и графической документации. Состав и содержание технической документации регламентируется нормативными документами. Легче всего автоматизируется оформление и размножение технической документации посредством использования технических средств САПР: сканеров, принтеров, графопостроителей, множительной техники и т.п.

Выполнение поверочных расчетов конструкции.

С целью проверки работоспособности конструкции необходимо выполнить расчеты на прочность, жесткость, точность, виброустойчи-

вость и т.п. С целью автоматизации расчетов разрабатываются математические модели объектов, прикладные программы для ЭВМ.

1.2 Предпосылки автоматизации проектных работ

Необходимость автоматизации проектных работ явилась неизбежным следствием бурного развития техники во второй половине XX века.

Отметим некоторые обстоятельства, приведшие к появлению и развитию САПР.

Несоответствие между длительными сроками проектирования новой техники и необходимостью постоянного и быстрого ее обновления.

Сроки разработки новых машин очень велики и порой составляют 6... 10 лет. За это время происходит моральное старение техники. С другой стороны, техника усложняется, что в условиях низких темпов роста производительности конструкторского труда приводит к увеличению сроков ее проектирования.

Увеличение объема информации, необходимой для проектирования.

До 90 % в объеме проектных работ занимает поиск информации. За период с 1950 по 2000 г. объем информации, подлежащей обработке, увеличился в 30 раз. Качественное проектирование невозможно без использования новейших достижений техники. В связи с резким увеличением объема информации усложняется поиск нужной информации (патентов, изобретений, каталогов, периодических изданий и т.п.). В результате этого повышаются сроки проектирования.

Резкое повышение параметров машин.

Вследствие этого требуется проведение экспериментов, моделирование процессов на ЭВМ, научных исследований с целью поиска оптимальных технических решений.

Трудность координации работы большого коллектива проектировщиков.

Требуются многочисленные согласования между специалистами различного профиля, теряется единое представление об изделии. В результате неизбежно возникают ошибки, снижается качество изделия. Желательно, чтобы изделие разрабатывало не более 10 конструкторов, а лучше всего – один.

1.3 Техничко-экономические показатели функционирования САПР

Процесс автоматизации проектных работ, в первую очередь, происходил в тех отраслях, где производятся очень сложные и дорогие изделия (транспорт, станкостроение) или изделия, состоящие из стандартных элементов (радиоэлектроника). В настоящее время САПР широко внедрены и внедряются в различные области промышленности, накоплен большой опыт их функционирования в передовых отраслях

машиностроения, что позволяет отметить основные преимущества автоматизированного проектирования.

Повышение качества проектов.

Это происходит за счет увеличения числа просматриваемых решений, возможности выбора оптимального решения, повышения достоверности проектных решений, использования новых технических средств изготовления проектных документов.

Сокращение сроков проектирования.

Это возможность за счет автоматизации поиска информации и изготовления технической документации, сокращения сроков согласования документов с заказчиками.

Уменьшение стоимости разработки.

Достигается за счет сокращения числа разработчиков, занятых рутинной работой, замены натуральных экспериментов, моделированием на ЭВМ.

Повышение привлекательности труда конструктора достигается за счет вооружения конструктора новейшими техническими средствами, повышения творческого характера труда.

2. СТРУКТУРА САПР

2.1 Место САПР в системе автоматизированного производства

САПР является звеном автоматизированной системы технической подготовки производства (АСТПП), получившей развитие в бывшем СССР. Блок-схема АСТПП приведена на рис. 2.1. Она включает три звена: САПР на этапах разработки конструкции изделия, АСУТП - автоматизированную систему управления технической подготовкой производства, ГАП - гибкое автоматизированное производство. Зарубежным аналогом АСТПП является CAE - «Computer Aided Engineering» (США, Япония). CAE включает в себя системы: «Computer Aided Design» (CAD), выполняющую функции САПР и «Computer Aided Manufacturing» (CAM), выполняющую функции АСУТПП и ГАП.

2.2 Подсистемы и виды обеспечения САПР

Рассмотрим структуру САПР по двум признакам: по подсистемам и по видам обеспечения.

На рис. 2.2 приведена блок-схема структуры САПР по подсистемам. Подсистемой САПР называется выделенная по некоторым функциональным и организационным признакам часть САПР, которая обес

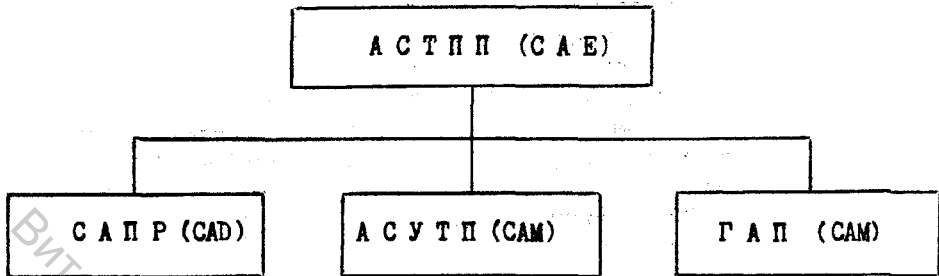


Рис. 2.1. Блок-схема автоматизированной системы подготовки производства

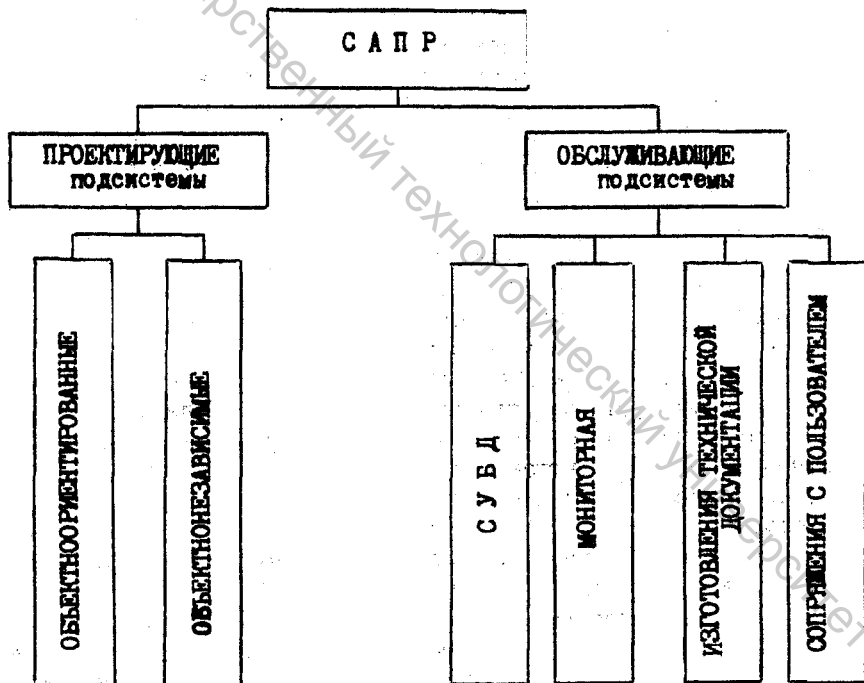


Рис. 2.2. Блок-схема САПР по подсистемам

печивает получение законченных проектных решений и соответствующих проектных документов. Проектирующие подсистемы предназначены для автоматизированного выполнения непосредственно проектных процедур. Обслуживающие подсистемы предназначены для решения задач управления техническими средствами САПР, изготовления документации, сопряжения пользователя с техническими средствами и т.п.

Подсистемы могут быть объектно-ориентированными и объектно-независимыми. Объектно-ориентированная подсистема осуществляет автоматизированное проектирование конкретного объекта или класса конкретных объектов на определенных стадиях проектирования.

Объектно-независимая подсистема является универсальной, пригодной для проектирования различных объектов. Обслуживающие подсистемы являются объектно-независимыми. СУБД – система (подсистема) управления базами данных. Она служит для создания, ведения и поддержания информации в САПР, ее ввода, корректировки, пополнения, удаления, сортировки, поиска, доступа к данным [3].

Подсистема сопряжения с пользователем – устройство отображения (визуализации) текстовой и графической информации без ее долговременной фиксации (дисплей).

Мониторная подсистема служит для распределения времени ЭВМ и внешних устройств, оперативной и внешней памяти между пользователями, работающими одновременно, вызова необходимых программ, организации взаимодействия пользователей с САПР в диалоговых режимах, управления вычислительными процессами. Мониторная подсистема является специализированной операционной системой САПР.

На рис. 2.3 приведена блок-схема структуры САПР по видам обеспечения. Обеспечение САПР – это средства, использование которых позволяет реализовать компоненты САПР с последующим объединением их в подсистемы, а затем – в систему в целом.

Информационное обеспечение (ИО) САПР содержит все данные, необходимые для проектирования: описание стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, типовых элементов, государственные и отраслевые стандарты, нормативные и директивные документы, описание изобретений, патентов, литературных данных и т.п. Техническое обеспечение (ТО) САПР состоит из следующих компонентов: ЭВМ с развитой периферией, т.е. с устройствами ввода информации в ЭВМ; средства передачи данных, средства отображения (дисплеи, принтеры, сканеры, графопостроители); средства организационной техники; измерительные и другие устройства, обеспечивающие функционирование подсистем САПР. Компоненты технического обеспечения создаются на базе серийных средств вычислительной техники общего назначения и специализированных технических средств.

Математическое обеспечение (МО) САПР представляет собой совокупность математических методов, математических моделей и алгоритмов, необходимых для проектирования.

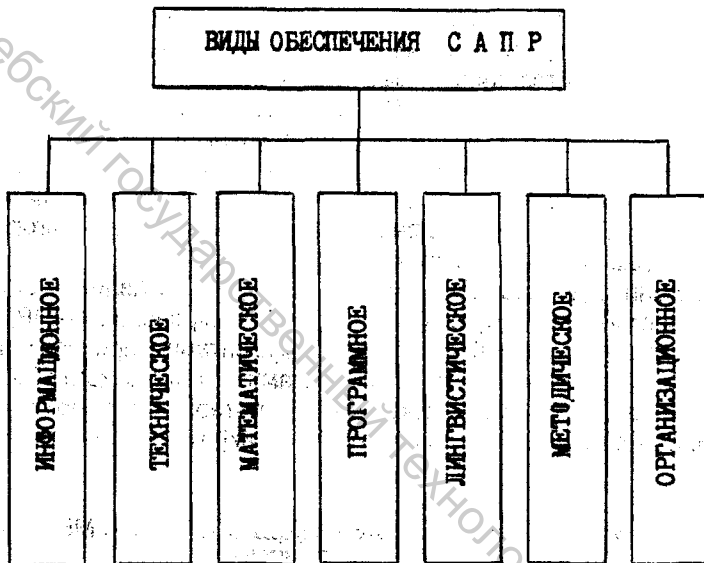


Рис. 2.3. Блок-схема структуры САПР по видам обеспечения

Программное обеспечение (ПО) САПР состоит из общего и прикладного. Компонентами общего ПО являются: операционные системы, трансляторы с алгоритмических языков, системы управления базами данных, программы, обеспечивающие функционирование технического комплекса САПР. Прикладное ПО – это совокупность прикладных программ, реализующих прикладные математические модели объектов, предназначенных для получения конкретных проектных решений. Лингвистическое обеспечение (ЛО) САПР – это совокупность языков высокого уровня, на которых пользователь формулирует задание ЭВМ и другим техническим средствам САПР. С помощью лингвистического обеспечения реализуется диалоговый режим в процессе проектирования. Методическое обеспечение САПР представляет собой совокупность документов, в которых полностью или со ссылкой на первоисточники изложены все вопросы построения конкретной САПР. В методическое обеспечение входят: описание проектируемого объекта; теория, математические модели, используемые при проектировании объекта, алгоритмы автоматизируемых проектных процедур.

Организационное обеспечение САПР представляет собой документы, регламентирующие порядок функционирования САПР, взаимодействие подразделений проектной документации при создании, эксплуатации и развитии САПР. Компонентами методического обеспечения являются: методические и руководящие материалы, положения, инструкции, приказы; штатные расписания, квалификационные требования и т.д.

3 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МАШИН И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

3.1 Понятие о математической модели, параметры объекта проектирования

Математическая модель – это математические выражения или геометрические образы, создаваемые для описания параметров объектов в процедурах автоматизированного проектирования. Параметры объекта проектирования – это величины, которые отражают свойства объекта в целом, воздействие внешней среды или свойства элементов объекта.

Входные параметры – это те параметры объекта, которые считаются заданными при проектировании. Обозначим эти параметры в виде множества $(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bar{X}$. Выходные параметры – это те параметры объекта, которые должны быть определены в процессе автоматизированного проектирования. Обозначим эти параметры в виде множества $(y_1, y_2, \dots, y_m) = \bar{Y}$. Объектом автоматизированного проектирования может быть машина в целом, а также ее составные части: конструктивные (станина, валы, передачи), кинематические (привод, передаточный ме-

ханизм, исполнительный механизм), технологические (устройство загрузки, механизм транспортирования и т.п.).

3.2 Требования, предъявляемые к математическим моделям

К математическим моделям объектов проектирования предъявляются требования универсальности, адекватности, точности и экономичности.

Универсальность математической модели характеризует полноту отображения в модели свойств реального объекта. Большинство используемых моделей отражают лишь некоторые свойства объекта. Точность математической модели оценивается степенью совпадения значений параметров y_p реального объекта и значений тех же параметров y_m рассчитанных с помощью математических моделей:

$$\varepsilon = \frac{y_m - y_p}{y_p}$$

Адекватность – это способность математической модели отображать заданные свойства объекта с погрешностью ε не выше заданной: $\varepsilon \leq [\varepsilon]$. Обычно адекватность имеет место лишь в ограниченной области изменения внешних параметров объекта. Эта область называется областью адекватности математической модели.

Экономичность математической модели характеризуется затратами вычислительных ресурсов (машинного времени T_m и оперативной памяти P_m) на ее реализацию. Чем меньше T_m и P_m , тем модель экономичнее. Для оценки экономичности математической модели часто используют и другие величины: среднее количество операций, выполняемых при одном обращении к модели; размерность системы уравнений, количество используемых переменных параметров и т.п. Приведенные требования к математическим моделям противоречивы. Компромиссное решение зависит от конкретной решаемой задачи проектирования.

3.3 Классификация математических моделей

Блок-схема классификации математических моделей объектов проектирования приведена на рис. 3.1. Структурные модели отражают структурные свойства объекта. Топологические математические модели отражают состав и взаимосвязи элементов объекта. Примерами топологических ММ могут служить компоновка оборудования, принципиальные структурные схемы и др. Эти модели имеют форму таблиц, матриц, графов, списков и т.д.

Геометрические математические модели отображают геометрические свойства объекта, например форму. Эти модели выражаются в виде геометрических фигур, образов (на экране дисплея, на твердом носи-

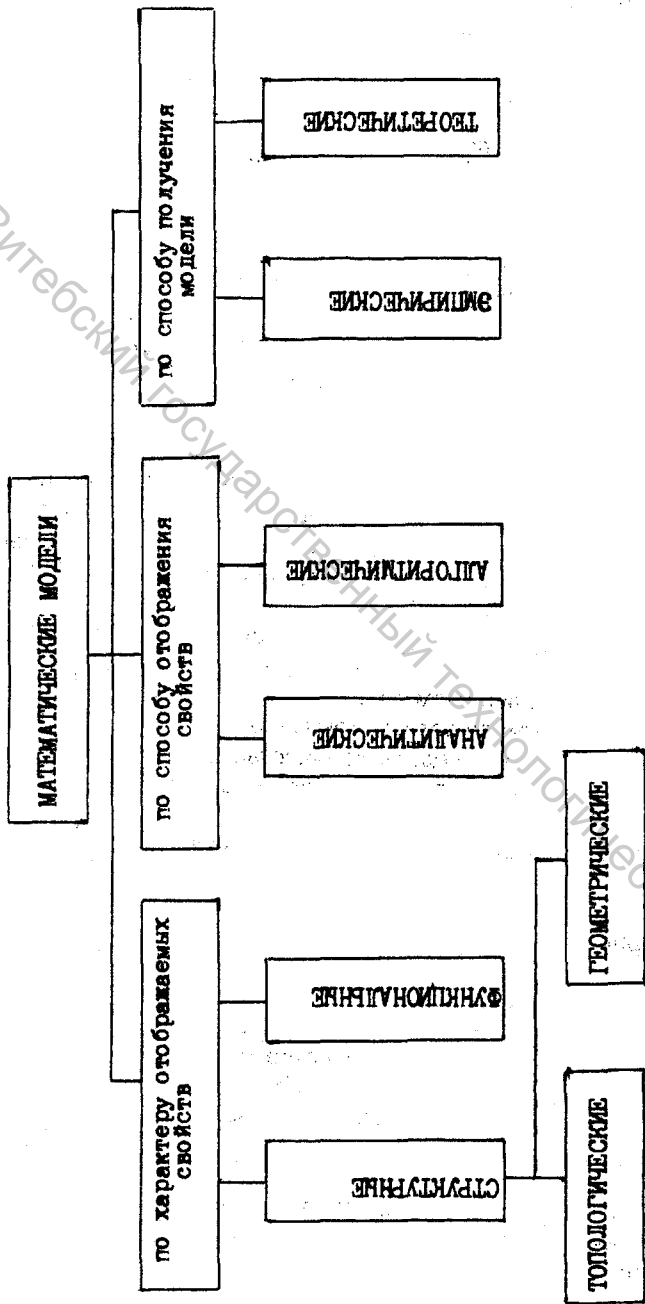


Рис. 3.1. Блок-схема классификации математических моделей

теле), уравнений линий, поверхностей, алгоритмов описания формы, геометрических элементов.

Функциональные математические модели отображают физические процессы, протекающие в объекте при его функционировании или изготовлении. Обычно функциональные модели представляют собой системы уравнений, связывающих входные и выходные параметры объекта с независимой переменной (например, временем t). Аналитические математические модели представляют собой явные выражения выходных параметров \bar{Y} как функций входных параметров \bar{X} и независимой переменной t , т.е. имеют вид:

$$\bar{Y} = F(\bar{X}, t).$$

Алгоритмические математические модели выражают связи выходных параметров с входными и независимыми в форме алгоритма. Типичной алгоритмической математической моделью является система уравнений $F(\bar{X}, \bar{Y}, t) = 0$, дополненная алгоритмом численного метода решения системы.

По способу получения различают теоретические и эмпирические математические модели.

Теоретические математические модели создаются в результате исследования закономерностей, свойственных рассматриваемому классу объектов и явлений.

Эмпирические математические модели составляются на основании изучения внешних проявлений свойств объекта с помощью экспериментального измерения входных и выходных параметров объекта и обработки результатов измерений.

3.4 Краткий обзор математических методов, применяемых при решении математических моделей машин

В рамках настоящего учебного пособия не представляется возможным хотя бы кратко изложить сущность всех математических методов, используемых при решении математических моделей. Поэтому ограничимся лишь теми, которые наиболее часто используются в практике автоматизированного проектирования машин и их составных частей.

Теория графов.

Теория графов [4] используется при анализе и синтезе топологических моделей объектов. Граф представляет собой фигуру, состоящую из точек вершин и соединяющих их линий (ребер). При представлении объекта его элементы изображаются в виде вершин, а связи между элементами – в виде ребер, соединяющих вершины. Вершины графа нумеруются цифрами $1, 2, \dots, n$, а ребра обозначаются латинскими буквами A, B, C, \dots . Простой граф содержит однотипные вершины и связи между ними.

Часто встречается задача синтеза топологических моделей объекта, т.е. выявления всех возможностей модификаций этих моделей, со-

держащих заданное число элементов и заданное число связей между ними. Эта задача может быть сведена к задаче перечисления простых графов, содержащих заданное число вершин и заданное число связей между вершинами. В теории механизмов задача перечисления плоских шарнирных кинематических цепей с одной степенью подвижности, содержащих заданное число звеньев была поставлена еще в XIX веке немецким ученым Альтом. Например, им было установлено, что количество модификаций плоских шарнирных кинематических цепей с подвижностью $w = 1$ и числом звеньев 10 равно 228. В дальнейшем подобная задача была решена с помощью теории графов и количество модификаций было уточнено, оно оказалось равным 232 [5].

Сложные графы содержат вершины и ребра различных видов, изображаемых различными цветами. Эти графы позволяют представлять более сложные топологические модели объектов, различающиеся типом элементов и видом связей между ними.

Численные методы решения трансцендентных уравнений с одним неизвестным.

Довольно часто математическая модель объекта может быть сведена к трансцендентному уравнению вида $F(y) = 0$, при этом имеется алгоритм вычисления y и известен интервал $[y_n, y_k]$ значений y , внутри которого находится искомое значение y (корень трансцендентного уравнения). Подобное уравнение решается численными методами касательных, хорд, итерации, изложенными в [6].

Численные методы решения систем нелинейных уравнений.

В ряде задач синтеза и анализа механизмов требуется решить систему нелинейных уравнений

$$\begin{aligned}f_1(y_1, y_2, \dots, y_n) &= 0, \\f_2(y_1, y_2, \dots, y_n) &= 0, \\f(y_1, y_2, \dots, y_n) &= 0.\end{aligned}$$

При этом известны некоторые значения $y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_n^{(0)}$ параметров, близкие к искомым значениям. Решение подобных систем в некоторых случаях возможно методами Ньютона, итерации и др., изложенными в [6].

Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.

Многие динамические модели объектов проектирования (механических систем, пневмопривода) выражаются в виде систем дифференциальных уравнений. Дифференциальные уравнения – это уравнения, содержащие неизвестные переменные (y_1, y_2, \dots, y_n) независимую переменную (время t), производные неизвестных переменных и их дифференциалы. Интеграл дифференциальных уравнений – одно или несколько уравнений, связывающих неизвестные переменные и независимую переменную, такие что данные дифференциальные уравнения обращаются в тождество при подстановке в них неизвестных функций и их производных, выраженных из этих уравнений.

Довольно часто ввиду сложности дифференциальных уравнений приходится применять приближенные методы их решения. Сущность численных методов решения [6] заключается в замене производных, отношениями конечных приращений, в результате чего дифференциальные уравнения переходят в алгебраические.

Методы минимизации нелинейных функций.

Довольно часто в процессах автоматизированного проектирования объекта ставится задача минимизации некоторой нелинейной функции параметров объекта

$$F(y_1, y_2, \dots, y_n) \quad (3.1)$$

при наличии ограничений на значения параметров объекта y_1, y_2, \dots, y_n , выражаемых в виде неравенств:

$$\begin{aligned} y_{1\min} &\leq y_1 \leq y_{1\max}, \\ y_{2\min} &\leq y_2 \leq y_{2\max}, \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} y_{n\min} &\leq y_n \leq y_{n\max}, \\ q_i(y_1, y_2, \dots, y_n) &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (3.3)$$

и равенств:

$$\lambda_j(y_1, y_2, \dots, y_n) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.4)$$

Функция (3.1) называется целевой, неравенства (3.2) – линейными ограничениями, неравенства (3.3) и равенства (3.4) – нелинейными ограничениями. Дополнительно должны быть заданы начальные значения $y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_n^{(0)}$ искомых параметров объекта, при которых удовлетворяются ограничения (3.2) – (3.4), а сама целевая функция (3.1) не принимает минимального значения. Задача минимизации целевой функции (3.1) с учетом ограничений (3.2) – (3.4) может быть решена с использованием численных методов, изложенных в [7], [8].

4 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КИНЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ МАШИН

Математические модели, в которых устанавливаются зависимости между параметрами кинематики звеньев механизмов, будем называть кинематическими моделями механизмов.

4.1 Входные и выходные параметры

Входными параметрами кинематической модели механизма являются: параметры схемы механизма [8], кинематические характеристики (положения, скорости, ускорения) ведущего звена (ведущих звеньев). Выходными параметрами являются кинематические характеристики (положения, скорости, ускорения) ведомых звеньев.

4.2 Принципы построения кинематических моделей механизмов

Можно выделить два принципа построения кинематических моделей - комплексный и блочный.

Комплексный принцип основан на рассмотрении механизма как единого объекта. Для этого объекта составляются аналитические зависимости (система уравнений) между входными и выходными параметрами.

Система нелинейных уравнений решается в простейших случаях (два уравнения) методом исключения неизвестных, в других случаях – численными методами [6]. Такой принцип нельзя считать рациональным, так как для каждого механизма требуется составление системы уравнений, что усложняет составление модели.

Блочный принцип основан на известном представлении механизма как совокупности структурных групп Ассур [9] последовательно присоединяемых к механизму (механизмам) 1-го класса, друг к другу и к стойке. В этом случае имеется возможность представить кинематическую модель механизма как совокупность кинематических моделей групп Ассур и механизма (механизмов) 1-го класса. При этом входные параметры кинематической модели каждой следующей группы являются выходными параметрами предшествующей.

Кинематические модели механизмов 1-го класса и присоединяемых групп Ассур достаточно просты. Ввиду ограниченности числа групп Ассур их кинематические модели могут быть составлены заранее и использоваться в качестве составляющих блоков кинематических моделей любых механизмов.

В дальнейшем будем рассматривать кинематические модели, составленные по блочному принципу.

4.3 Методы решения кинематических моделей структурных групп рычажных механизмов

Известные аналитические методы решения кинематических моделей структурных групп механизмов можно подразделить на следующие:

- алгебраические;
- метод векторных контуров;
- тригонометрический.

Алгебраические методы разработаны Н.П.Зиновьевым. Они основаны на аналитическом описании процедур, используемых при графическом построении положения звеньев групп Ассур. Например, метод засечек может быть сведен к аналитическому определению точек пересечения двух окружностей. Метод векторных контуров разработан академиком Н.Г.Бруевичем. Исследуемая структурная группа представляется в виде замкнутого векторного контура. Записываются уравнения замкнутости векторного контура в виде сумм проекций векторов на оси координат.

нат. Неизвестные параметры в случае двух уравнений решаются методом исключения из уравнений одного неизвестного, если же число уравнений превышает два, то используются численные методы.

Путем дифференцирования уравнений замкнутости получают систему уравнений, из которых определяются скорости и ускорения звеньев.

Тригонометрический метод разработан Озолем О.Г. Он основан на использовании простейших тригонометрических уравнений, в том числе – описывающих зависимости между углами в треугольниках, образуемых контурами звеньев. Поэтому метод называется также методом треугольников. Скорости и ускорения звеньев определяются путем прямого дифференцирования зависимостей, используемых при определении положений звеньев.

В настоящем учебном пособии при разработке кинематических моделей групп Ассур при определении положений звеньев воспользуемся тригонометрическим методом, дающим более простые выражения. При определении скоростей и ускорений воспользуемся методом векторных контуров, дающим более простые зависимости для скоростей и ускорений.

5 КИНЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

5.1 Кинематическая модель механизма 1-го класса

На рис. 5.1 приведена расчетная схема механизма 1-го класса. При составлении кинематической модели этого механизма входными параметрами являются:

x_1, y_1 – координаты неподвижного шарнира 1 в неподвижной системе координат $OxOy$;

l_{13} – длина отрезка 1-3 между шарниром 1 и точкой 3, в которой размещается центр шарнира присоединяемой группы Ассур;

$\varphi_{13}, \omega_{13}, \varepsilon_{13}$ – угловая координата отрезка 1-3, угловая скорость и угловое ускорение отрезка 1-3.

Выходными параметрами являются:

x_3, y_3 – координаты точки 3;

V_{x3}, V_{y3} – проекции на оси Ox и Oy вектора скорости точки 3;

a_{x3}, a_{y3} – проекции на оси Ox и Oy вектора ускорений точки 3.

Алгоритм решения модели.

1) $x_3 = x_1 + l_{13} \cos \varphi_{13}$;

2) $y_3 = y_1 + l_{13} \sin \varphi_{13}$;

3) $V_{x3} = dx_3/dt = \dot{x}_3 = -l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}$;

4) $V_{y3} = dy_3/dt = \dot{y}_3 = l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}$;

5) $a_{x3} = dV_{x3}/dt = \ddot{x}_3 = -l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}^2 - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13}$;

$$6) a_{y3} = dV_{y3}/dt = \ddot{y}_3 = -l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega^2_{13} + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13}.$$

5.2 Кинематическая модель группы Ассура 2-го класса 1-го вида

Входные и выходные параметры.

Расчетная схема группы приведена на рис. 5.2. Входными параметрами кинематической модели группы являются:

x_1, y_1 – координаты точки 1 крайнего элемента группы;

V_{x1}, V_{y1} – проекции на оси координат xOy вектора скорости точки 1;

a_{x1}, a_{y1} – проекции на оси координат xOy вектора ускорений точки 1;

l_{13} – расстояние от точки 1 до центра шарнира 3;

x_2, y_2 – координаты точки 2 второго крайнего элемента группы;

V_{x2}, V_{y2} – проекции на оси координат xOy вектора скорости точки 2;

a_{x2}, a_{y2} – проекции на оси координат xOy вектора ускорений точки 2;

l_{23} – расстояние между центром шарнира 2 и точкой 3;

N – указатель варианта сборки звеньев группы, целочисленная переменная, которой присваивают значение 0, если обход контура 1-3-2 происходит против часовой стрелки, иначе N присваивается значение 1.

Выходными параметрами являются:

x_3, y_3 – координаты центра шарнира 3;

V_{x3}, V_{y3} – проекции на оси системы координат xOy вектора скорости центра шарнира 3;

a_{x3}, a_{y3} – проекции на оси системы координат xOy вектора ускорения центра шарнира 3;

$\omega_{13}, \varepsilon_{13}$ – угловые скорость и ускорение звена 13;

$\omega_{23}, \varepsilon_{23}$ – угловые скорость и ускорение звена 23.

Алгоритм решения модели

По методу Озола О.Г. имеем:

$$1) l_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2};$$

$$2) \alpha = \arccos \frac{l_{12}^2 + l_{13}^2 - l_{23}^2}{2l_{12} \cdot l_{13}};$$

$$3) \varphi_{12} = \begin{cases} \arccos \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, & \text{если } y_2 \geq y_1; \\ 2\pi - \arccos \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, & \text{если } y_2 < y_1. \end{cases}$$

$$4) \varphi_{13} = \begin{cases} \varphi_{12} + \alpha, & \text{если } N = 0; \\ \varphi_{12} - \alpha, & \text{если } N = 1. \end{cases}$$

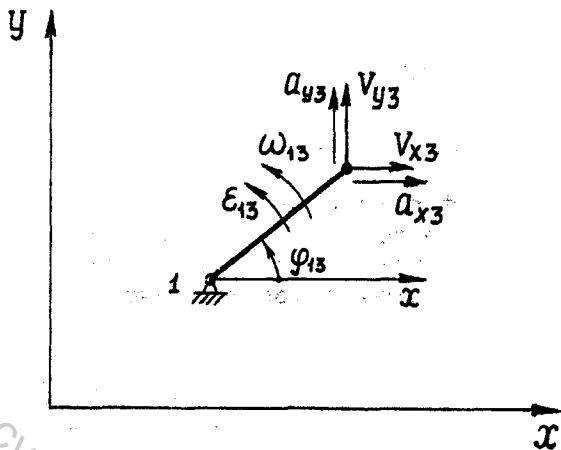


Рис. 5.1. Расчетная схема механизма I-го класса

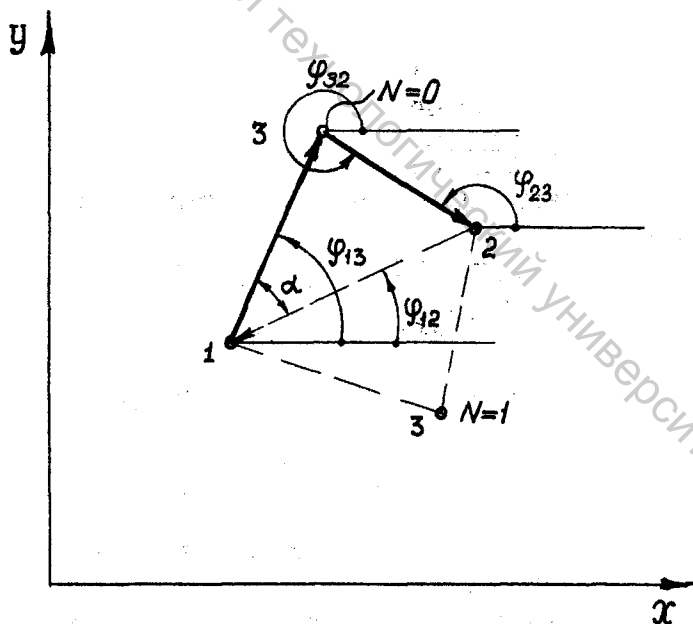


Рис. 5.2. Расчетная схема группы Ассур 2-го класса,
I-го вида

$$5) x_3 = x_1 + l_{13} \cos \varphi_{13};$$

$$6) y_3 = y_1 + l_{13} \sin \varphi_{13};$$

$$7) \varphi_{32} = \begin{cases} \arccos \frac{x_3 - x_2}{l_{23}}, & \text{если } y_2 \geq y_3; \\ 2\pi - \arccos \frac{x_3 - x_2}{l_{23}}, & \text{если } y_2 < y_3. \end{cases}$$

Простое дифференцирование выражений, приведенных выше, приводит к достаточно громоздким выражениям. Поэтому для определения скоростей и ускорений воспользуемся методом векторных контуров. Составим уравнение замкнутости векторного контура 1-3-2-1:

$$l_{13} \cos \varphi_{13} + l_{23} \cos \varphi_{32} + x_1 - x_2 = 0, \quad (a)$$

$$l_{13} \sin \varphi_{13} + l_{23} \sin \varphi_{32} + y_1 - y_2 = 0. \quad (б)$$

Продифференцируем по времени t уравнения (a) и (б):

$$-l_{13} \sin \varphi_{13} \cdot \omega_{13} - l_{23} (\sin \varphi_{32}) \cdot \omega_{32} + Vx_1 - Vx_2 = 0, \quad (c)$$

$$l_{13} \cos \varphi_{13} \cdot \omega_{13} + l_{23} (\cos \varphi_{32}) \cdot \omega_{32} + Vy_1 - Vy_2 = 0. \quad (d)$$

В уравнениях (c) и (d) неизвестными являются параметры ω_{13} и ω_{32} .

Приводим эти уравнения к виду:

$$A_1 \omega_{13} + B_1 \omega_{32} = C_1, \quad (e)$$

$$A_2 \omega_{13} + B_2 \omega_{32} = C_2, \quad (f)$$

где:

$$8) A_1 = -l_{13} \sin \varphi_{13}; \quad B_1 = -l_{23} \sin \varphi_{32}; \quad C_1 = Vx_2 - Vx_1;$$

$$9) A_2 = l_{13} \cos \varphi_{13}; \quad B_2 = l_{23} \cos \varphi_{32}; \quad C_2 = Vy_2 - Vy_1.$$

Решая (e) и (f) методом Крамера, получим:

$$10) \omega_{13} = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1};$$

$$11) \omega_{32} = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}; \quad \omega_{23} = \omega_{32}.$$

Для определения ускорений продифференцируем по t уравнения (c) и (d):

$$-l_{13} (\cos \varphi_{13}) \omega_{13}^2 - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13} - l_{23} (\cos \varphi_{32}) \omega_{32}^2 - l_{23} (\sin \varphi_{32}) \varepsilon_{32} + a_{x1} - a_{x2} = 0, \quad (g)$$

$$-l_{13} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13} - l_{23} (\sin \varphi_{32}) \omega_{32}^2 + l_{23} (\cos \varphi_{32}) \varepsilon_{32} + a_{y1} - a_{y2} = 0. \quad (h)$$

В уравнениях неизвестными параметрами являются ε_{13} и ε_{32} .

Приводим уравнения к виду:

$$D_1 \cdot \varepsilon_{13} + E_1 \cdot \varepsilon_{32} = G_1, \quad (k)$$

$$D_2 \cdot \varepsilon_{13} + E_2 \cdot \varepsilon_{32} = G_2, \quad (l)$$

где:

$$12) D_1 = -l_{13} \sin \varphi_{13}; \quad E_1 = -l_{23} \sin \varphi_{32}; \quad G_1 = a_{x2} - a_{x1} + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + l_{23} (\cos \varphi_{32}) \omega_{32}^2;$$

$$13) D_2 = l_{13} \cos \varphi_{13}; \quad E_2 = l_{23} \cos \varphi_{32}; \quad G_2 = a_{y2} - a_{y1} + l_{13} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + l_{23} (\sin \varphi_{32}) \omega_{32}^2.$$

Решая (к) и (л) методом Крамера получим:

$$14) \varepsilon_{13} = \frac{G_1 E_2 - G_2 E_1}{D_1 E_2 - D_2 E_1};$$

$$15) \varepsilon_{32} = \frac{D_1 G_2 - D_2 G_1}{D_1 E_2 - D_2 E_1}; \quad \varepsilon_{23} = \varepsilon_{32}.$$

Далее, дифференцируя по времени t выражения для x_3 и y_3 (см. п.п. 5 и 6 алгоритма), получим:

$$16) V_{x3} = V_{x1} - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13};$$

$$17) V_{y3} = V_{y1} + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13};$$

$$18) a_{x3} = a_{x1} - l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}^2 - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13};$$

$$19) a_{y3} = a_{y1} - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}^2 + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13}.$$

5.3 Кинематическая модель группы Ассура 2-го класса 2-го вида

Входные и выходные параметры

На рис. 5.3 приведена расчетная схема группы Ассура 2-го класса 2-го вида. При составлении кинематической модели входными параметрами группы являются:

x_1, y_1 – координаты шарнира 1 в неподвижной системе координат x_0y_0 ;

V_{x1}, V_{y1} – проекции на оси координат скорости точки 1;

a_{x1}, a_{y1} – проекции на оси координат ускорения точки 1;

l_{13} – длина звена 1-3;

x_2, y_2 – координаты точки 2, лежащей на оси направляющей крайнего элемента группы (в качестве точки 2 желательно выбирать неподвижную точку);

V_{x2}, V_{y2} – проекции на оси координат вектора скорости точки 2;

a_{x2}, a_{y2} – проекции на оси координат вектора ускорения точки 2;

φ_{32} – угловая координата оси направляющей 2-3, отсчитываемая от оси x ;

$\omega_{32}, \varepsilon_{32}$ – угловые скорость и ускорение направляющей 2-3.

Выходными параметрами кинематической модели являются:

x_3, y_3 – координаты шарнира 3 в неподвижной системе координат x_0y_0 ;

V_{x3}, V_{y3} – проекции на оси координат вектора скорости точки 3;

a_{x3}, a_{y3} – проекции на оси координат вектора ускорения точки 3;

l_{13} – длина звена 1-3;

$\omega_{31}, \varepsilon_{31}$ – угловые скорость и ускорение шатуна 1-3;

N – указатель варианта сборки звеньев группы, целочисленная переменная, которой присваивается значение 0, если обход контура 1-2-3 происходит против часовой стрелки, иначе N присваивается значение 1.

Кинематическая модель и алгоритм ее решения

По методу Озола О.Г. определим положение звеньев:

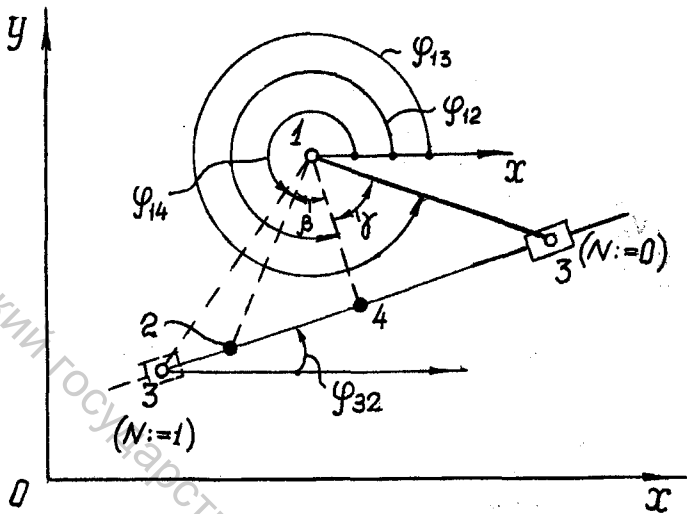


Рис. 5.3. Расчетная схема группы Ассур 2-го класса 2-го вида

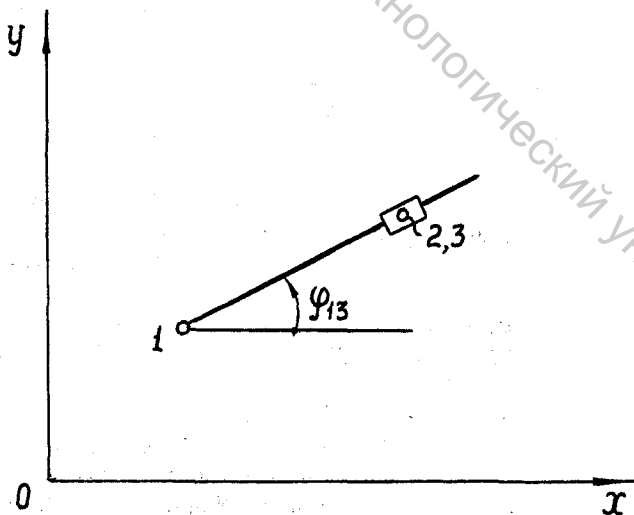


Рис. 5.4. Расчетная схема группы Ассур 2-го класса 3-го вида

$$1) l_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2};$$

$$2) \varphi_{12} = \begin{cases} \arccos \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, & \text{если } y_2 \geq y_1; \\ 2\pi - \arccos \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, & \text{если } y_2 < y_1. \end{cases}$$

$$\varphi_{23} + \frac{\pi}{2}, \quad \text{если } \varphi_{23} \leq \varphi_{12} \leq \pi + \varphi_{23};$$

$$3) \varphi_{14} = \begin{cases} \varphi_{23} + \frac{3}{2}\pi, & \text{если } \varphi_{23} \leq \frac{\pi}{2} \quad \text{если } 0 \leq \varphi_{12} < \varphi_{23}; \\ \varphi_{23} - \frac{\pi}{2}, & \text{если } \varphi_{23} > \frac{\pi}{2} \quad \pi + \varphi_{23} < \varphi_{12} < 2\pi. \end{cases}$$

$$4) \beta = \varphi_{14} - \varphi_{12};$$

$$5) l_{14} = l_{12} \cos \beta;$$

$$6) \gamma = \arccos \frac{l_{14}}{l_{13}};$$

$$7) \varphi_{13} = \begin{cases} \varphi_{14} + \gamma, & \text{если } N = 0; \\ \varphi_{14} - \gamma, & \text{если } N = 1. \end{cases}$$

$$8) x_3 = x_1 + l_{13} \cos \varphi_{13} \quad (\text{а})$$

$$9) y_3 = y_1 + l_{13} \sin \varphi_{13} \quad (\text{б})$$

$$10) l_{23} = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2}.$$

Для определения угловой скорости ω_{13} и скорости относительного скольжения ползуна V_{23} воспользуемся методом векторных контуров.

Составим уравнение замкнутости векторного контура 2-1-3-2:

$$x_1 - x_2 + l_{13} \cos \varphi_{13} - l_{23} \cos \varphi_{23} = 0; \quad (\text{в})$$

$$y_1 - y_2 + l_{13} \sin \varphi_{13} - l_{23} \sin \varphi_{23} = 0 \quad (\text{г})$$

Дифференцируя по t уравнения (в) и (г) получим:

$$Vx_1 - Vx_2 - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} - V_{23} \cos \varphi_{23} + l_{23} (\sin \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} = 0; \quad (\text{д})$$

$$Vy_1 - Vy_2 + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} - V_{23} \sin \varphi_{23} - l_{23} (\cos \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} = 0; \quad (\text{е})$$

Представим уравнения (д) и (е) в виде:

$$A_1 \omega_{13} + B_1 V_{23} = C_1, \quad (\text{ф})$$

$$A_2 \omega_{13} + B_2 V_{23} = C_2. \quad (\text{г})$$

где:

$$11) A_1 = -l_{13} \sin \varphi_{13}; \quad B_1 = -\cos \varphi_{23}; \quad C_1 = Vx_2 - Vx_1 - l_{23} (\sin \varphi_{23}) \cdot \omega_{23};$$

$$12) A_2 = l_{13} \cos \varphi_{13}; \quad B_2 = -\sin \varphi_{23}; \quad C_2 = Vy_2 - Vy_1 + l_{23} (\cos \varphi_{23}) \cdot \omega_{23}.$$

Решая (ф) и (г) методом Крамера, получим:

$$13) \omega_{13} = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}; \quad \omega_{31} = \omega_{13};$$

$$14) V_{23} = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}.$$

Для определения углового ускорения ε_{23} и линейного ускорения a_{23} продифференцируем по времени t уравнения (д) и (е):

$$a_{x1} - a_{x2} - l_{13} (\cos \varphi_{13}) \omega_{13}^2 - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13} - a_{23} (\cos \varphi_{23}) + V_{23} (\sin \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} + V_{23} (\sin \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} + l_{23} (\cos \varphi_{23}) \omega_{23}^2 + l_{23} (\sin \varphi_{23}) \varepsilon_{23} = 0, \quad (\text{ж})$$

$$a_{y1} - a_{y2} - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13} - a_{23} (\sin \varphi_{23}) - V_{23} (\cos \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} - V_{23} (\cos \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} + l_{23} (\sin \varphi_{23}) \omega_{23}^2 - l_{23} (\cos \varphi_{23}) \varepsilon_{23} = 0, \quad (\text{з})$$

Приведем уравнения (ж) и (з) к виду:

$$D_1 \cdot \varepsilon_{13} + E_1 \cdot a_{23} = G_1, \quad (\text{и})$$

$$D_2 \cdot \varepsilon_{13} + E_2 \cdot a_{23} = G_2. \quad (\text{к})$$

где:

$$15) D_1 = -l_{13} \cos \varphi_{13}; \quad E_1 = -\cos \varphi_{23}; \quad G_1 = a_{x2} - a_{x1} + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \omega_{13}^2 - 2V_{23} (\sin \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} - l_{23} (\cos \varphi_{23}) \omega_{23}^2 - l_{23} (\sin \varphi_{23}) \cdot \varepsilon_{23};$$

$$16) D_2 = l_{13} \cos \varphi_{13}; \quad E_2 = -\sin \varphi_{23}; \quad G_2 = a_{y2} - a_{y1} + l_{13} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + 2V_{23} (\cos \varphi_{23}) \cdot \omega_{23} - l_{23} (\sin \varphi_{23}) \omega_{23}^2 + l_{23} (\cos \varphi_{23}) \cdot \varepsilon_{23}.$$

Решая уравнения (и) и (к) методом Крамера получим:

$$17) \varepsilon_{13} = \frac{G_1 E_2 - G_2 E_1}{D_1 E_2 - D_2 E_1}; \quad \varepsilon_{31} = \varepsilon_{13};$$

$$18) a_{23} = \frac{D_1 G_2 - D_2 G_1}{D_1 E_2 - D_2 E_1}.$$

Для определения скоростей и ускорений точки 3 дифференцируем по t уравнения (а) и (б):

$$19) V_{x3} = V_{x1} - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13};$$

$$20) V_{y3} = V_{y1} + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13};$$

$$21) a_{x3} = a_{x1} - l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}^2 - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13};$$

$$22) a_{y3} = a_{y1} - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13}.$$

5.4 Кинематическая модель группы Ассура 2-го класса 3-го вида

Расчетная схема, входные и выходные параметры

На рис. 5.4 приведена расчетная схема группы Ассура 2-го класса 3-го вида. При составлении кинематической модели входными параметрами являются:

x_1, y_1 – координаты центра шарнира 1 в неподвижной системе координат xOy ;

V_{x1}, V_{y1} – проекции на оси координат вектора скорости шарнира 1;

a_{x1}, a_{y1} – проекции на оси координат вектора ускорения шарнира 1;

x_2, y_2 – координаты центра шарнира 2 в неподвижной системе координат xOy ;

V_{x2}, V_{y2} – проекции на оси координат вектора скорости шарнира 2;

a_{x2}, a_{y2} – проекции на оси координат вектора ускорения шарнира 2.

Выходными параметрами кинематической модели являются:

x_3, y_3 – координаты точки 3 кулисы, совпадающей с центром шарнира 2;

V_{x3}, V_{y3} – проекции на оси координат вектора скорости точки 3;

a_{x3}, a_{y3} – проекции на оси координат вектора ускорения точки 3;

$\omega_{31}, \varepsilon_{31}$ – угловые скорость и ускорение кулисы 1-3.

Кинематическая модель и алгоритм ее решения

Определение положений звеньев

$$1) l_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2};$$

$$\arccos \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, \quad \text{если } y_2 \geq y_1;$$

$$2) \varphi_{12} = \begin{cases} \arccos \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, & \text{если } y_2 \geq y_1; \\ 2\pi - \arccos \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, & \text{если } y_2 < y_1. \end{cases}$$

$$3) x_3 = x_2; \quad y_3 = y_2;$$

$$4) \varphi_{13} = \varphi_{12};$$

Определение ω_{13} и V_{12} .

Выразим x_2 и y_2 соответственно через x_1, y_1 и l_{12} :

$$x_2 = x_1 + l_{12} \cos \varphi_{13}, \quad (\text{а})$$

$$y_2 = y_1 + l_{12} \sin \varphi_{13}. \quad (\text{б})$$

Дифференцируя (а) и (б) по времени t , получим:

$$V_{x2} = V_{x1} + V_{12} \cos \varphi_{13} - l_{12} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}; \quad (\text{в})$$

$$V_{y2} = V_{y1} + V_{12} \sin \varphi_{13} + l_{12} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}. \quad (\text{г})$$

Запишем (в) и (г) в виде:

$$A_1 V_{12} + B_1 \omega_{13} = C_1, \quad (\text{д})$$

$$A_2 V_{12} + B_2 \omega_{13} = C_2. \quad (\text{е})$$

где:

$$5) A_1 = -\cos \varphi_{13}; \quad B_1 = l_{12} \sin \varphi_{13}; \quad C_1 = V_{x1} - V_{x2};$$

$$6) A_2 = -\sin \varphi_{13}; \quad B_2 = -l_{12} \cos \varphi_{13}; \quad C_2 = V_{y1} - V_{y2}.$$

Решая (д) и (е) методом Крамера, получим:

$$7) V_{12} = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1};$$

$$8) \omega_{13} = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}; \quad \omega_{31} = \omega_{13}.$$

Определение ε_{13}, a_{12} .

Дифференцируя по времени t уравнения (в) и (г), получим:

$$a_{x2} = a_{x1} + a_{12} \cos \varphi_{13} - V_{12} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} - V_{12} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} - l_{12} (\cos \varphi_{13}) \omega_{13}^2 - l_{12} (\sin \varphi_{13}) \varepsilon_{13}; \quad (\text{ж})$$

$$a_{y2} = a_{y1} + a_{12} \sin \varphi_{13} + V_{12} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} + V_{12} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} - l_{12} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + l_{12} (\cos \varphi_{13}) \varepsilon_{13}. \quad (\text{з})$$

Представим уравнения (ж) и (з) в виде:

$$D_1 \cdot a_{12} + E_1 \cdot \varepsilon_{13} = G_1, \quad (\text{и})$$

$$D_2 \cdot a_{12} + E_2 \cdot \varepsilon_{13} = G_2, \quad (\text{к})$$

где:

$$9) D_1 = -\cos \varphi_{13}; E_1 = l_{12} \sin \varphi_{13};$$

$$G_1 = a_{x1} - a_{x2} - 2V_{12} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} - l_{12} (\cos \varphi_{13}) \omega_{13}^2;$$

$$10) D_2 = -\sin \varphi_{13}; E_2 = -l_{12} \cos \varphi_{13};$$

$$G_2 = a_{y1} - a_{y2} + 2V_{12} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13} - l_{12} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2.$$

Решая уравнения (и) и (к) методом Крамера получим:

$$11) a_{12} = \frac{G_1 E_2 - G_2 E_1}{D_1 E_2 - D_2 E_1};$$

$$12) \varepsilon_{13} = \frac{D_1 G_2 - D_2 G_1}{D_1 E_2 - D_2 E_1}; \quad \varepsilon_{31} = \varepsilon_{13}.$$

Определение $V_{x3}, V_{y3}, a_{x3}, a_{y3}$

$$13) l_{13} = l_{12};$$

$$14) x_3 = x_1 + l_{13} \cos \varphi_{13}, \quad (\text{л})$$

$$15) y_3 = y_1 + l_{13} \sin \varphi_{13}. \quad (\text{м})$$

В выражениях (л) и (м) $l_{13} = \text{const}$.

Дифференцируя (л) и (м) по времени t , получим:

$$16) V_{x3} = V_{x1} - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \omega_{13};$$

$$17) V_{y3} = V_{y1} + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13};$$

$$18) a_{x3} = a_{x1} - l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \omega_{13}^2 - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13};$$

$$19) a_{y3} = a_{y1} - l_{13} (\sin \varphi_{13}) \omega_{13}^2 + l_{13} (\cos \varphi_{13}) \cdot \varepsilon_{13}.$$

5.5 Математическая модель определения кинематических характеристик третьей точки звена

При составлении кинематических моделей механизмов часто требуется определять кинематические характеристики третьей точки звена при заданных кинематических характеристиках двух других точек.

Входные и выходные параметры

На рис. 5.5 приведена расчетная схема. Входными параметрами модели являются:

x_1, y_1 – координаты точки 1 в неподвижной системе координат x_0y_0 ;

V_{x1}, V_{y1} – проекции на оси системы координат x_0y_0 вектора скорости точки 1;

a_{x1}, a_{y1} – проекции на оси системы координат вектора ускорения точки 1;

x_2, y_2 – координаты точки 2 в неподвижной системе координат x_0y_0 вектора скорости точки 1;

V_{x2}, V_{y2} – проекции на оси системы координат x_0y_0 вектора скорости точки 2;

a_{x2}, a_{y2} – проекции на оси системы координат x_0y_0 вектора ускорения точки 2.

x_{rel3}, y_{rel3} – координаты точки 3 в подвижной системе координат $x_{rel} - y_{rel}$, жестко привязанной к отрезку 1-2.

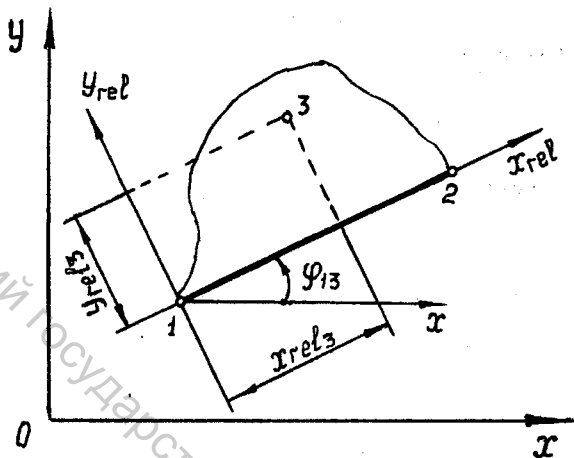


Рис. 5.5. Расчетная схема к определению кинематических характеристик точки 3 звена

Выходными параметрами модели являются:

x_3, y_3 – координаты точки 3 в неподвижной системе координат x_0y_0 ;

V_{x3}, V_{y3} – проекции на оси координат x_0y_0 вектора скорости точки 3;

a_{x3}, a_{y3} – проекции на оси координат x_0y_0 вектора ускорения точки 3

Математическая модель и алгоритм ее решения

Представим координаты x_3, y_3 точки 3 в функции $x_1, y_1, x_{rel3}, y_{rel3}$ и

φ_{12} :

$$x_3 = x_1 + x_{rel3} \cos \varphi_{12} + y_{rel3} \cos \left(\varphi_{12} + \frac{\pi}{2} \right), \quad (a)$$

$$y_3 = y_1 + x_{rel3} \sin \varphi_{12} + y_{rel3} \sin \left(\varphi_{12} + \frac{\pi}{2} \right). \quad (б)$$

С учетом $\cos \left(\varphi_{12} + \frac{\pi}{2} \right) = -\sin \varphi_{12}$,

$\sin \left(\varphi_{12} + \frac{\pi}{2} \right) = \cos \varphi_{12}$ уравнения (а) и (б) принимают вид:

$$x_3 = x_1 + x_{rel3} \cos \varphi_{12} - y_{rel3} \sin \varphi_{12}, \quad (в)$$

$$y_3 = y_1 + x_{rel3} \sin \varphi_{12} + y_{rel3} \cos \varphi_{12}, \quad (г)$$

$$\text{где:} \quad \cos \varphi_{12} = \frac{x_2 - x_1}{l_{12}}, \quad (д)$$

$$\sin \varphi_{12} = \frac{y_2 - y_1}{l_{12}}, \quad (е)$$

$$1) \quad l_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$

Подставляя (д) и (е) в уравнения (в) и (г), получим

$$2) \quad x_3 = x_1 + \frac{x_{rel3}}{l_{12}}(x_2 - x_1) - \frac{y_{rel3}}{l_{12}}(y_2 - y_1); \quad (ж)$$

$$3) \quad y_3 = y_1 + \frac{x_{rel3}}{l_{12}}(y_2 - y_1) + \frac{y_{rel3}}{l_{12}}(x_2 - x_1); \quad (з)$$

Дифференцируя дважды уравнения (ж) и (з) по времени t , получим:

$$4) \quad V_{x3} = V_{x1} + \frac{x_{rel3}}{l_{12}}(V_{x2} - V_{x1}) - \frac{y_{rel3}}{l_{12}}(V_{y2} - V_{y1});$$

$$5) \quad V_{y3} = V_{y1} + \frac{x_{rel3}}{l_{12}}(V_{y2} - V_{y1}) + \frac{y_{rel3}}{l_{12}}(V_{x2} - V_{x1});$$

$$6) \quad a_{x3} = a_{x1} + \frac{x_{rel3}}{l_{12}}(a_{x2} - a_{x1}) - \frac{y_{rel3}}{l_{12}}(a_{y2} - a_{y1});$$

$$7) \quad a_{y3} = a_{y1} + \frac{x_{rel3}}{l_{12}}(a_{y2} - a_{y1}) + \frac{y_{rel3}}{l_{12}}(a_{x2} - a_{x1}).$$

6 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ МАШИН

Математические модели, в которых устанавливаются зависимости между параметрами динамики механизмов, будем называть динамическими моделями механизмов.

6.1 Входные и выходные параметры динамических моделей

Входными параметрами динамических моделей механизмов являются:

- силы, действующие на звенья (силы инерции, силы полезного и вредного сопротивления, силы тяжести);
- координаты точек приложения действующих сил.

Выходными параметрами динамических моделей механизмов являются:

- силы реакций в кинематических парах;
- удельные давления в кинематических парах;
- коэффициенты износа кинематических пар;
- опасные напряжения в сечениях звеньев и т.п.

6.2 Принципы построения динамических моделей механизмов

Можно выделить два принципа построения динамических моделей механизмов: комплексный и блочный. Комплексный принцип состоит в том, что рассматривается система всех сил, действующих на звенья механизма. Для этой системы составляются уравнения равновесия по принципу Даламбера. Полученную систему уравнений, линейную относительно неизвестных сил реакций, решают одним из методов (Крамера, Гаусса, симплекс-методом). Существенным недостатком метода является то, что для каждого механизма приходится составлять свою систему уравнений, что резко усложняет составление динамических моделей и их решение. Блочный принцип состоит в том, что последовательно рассматриваются системы сил, действующих на группы Ассура, входящие в структуру механизма. При этом входные параметры динамической модели каждой следующей группы являются выходными параметрами динамической модели предыдущей группы. Этот принцип используется в вузовском курсе теории механизмов и машин, где системы уравнений решаются графическим методом. В САПР системы уравнений решаются аналитическим методом.

Совершенно очевидно, что блочный принцип построения приводит к более простым решениям, так как сводится к использованию ограниченного количества динамических моделей групп Ассура.

6.3 Методы решения динамических моделей

Наиболее известными являются векторный и координатный методы решения динамических моделей механизмов.

Векторный метод заключается в использовании уравнений замкнутости силовых векторных контуров [10].

Координатный метод [11] основан на представлении сил и точек их приложения в прямоугольной системе координат, при этом силы представляются в виде проекции на оси координат.

Например, силы инерции $P_{и}$ звена представляются в виде проекций на оси x и y , определяемых из равенств:

$$P_x = -m \cdot a_{xs}, \quad P_y = -m \cdot a_{ys},$$

где: m – масса звена, a_{xs} , a_{ys} – проекции на оси x и y вектора ускорения центра s масс звена.

Момент силы инерции определяется из равенства $M_{и} = -I_s \cdot \varepsilon$,

где I_s – момент инерции звена относительно центра масс, ε – угловое ускорение звена.

Момент силы P , заданной проекциями P_x и P_y , приложенной в точке B с координатами x_B , y_B , относительно точки A с координатами x_A , y_A , определяется из равенства (рис. 6.1):

$$M_A^P = -P_x(y_B - y_A) + P_y(x_B - x_A).$$

В дальнейшем будем использовать координатный метод решения динамических моделей, так как он хорошо согласуется с используемым методом решения кинематических моделей.

7 ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

7.1 Динамическая модель группы Ассура 2-го класса 1-го вида

Входные и выходные параметры.

Расчетная схема группы приведена на рис. 7.1. На рисунке заданные силы показаны в виде векторов, изображенных сплошными линиями, искомые силы – в виде векторов, изображенных пунктирными линиями.

Входными параметрами динамической модели являются:

x_1 , y_1 – координаты точки 1 приложения реакции звена, присоединяемого к группе (на рис. 11.1 не показано), на звено 1-3 в системе координат x_0y_0 ;

x_2 , y_2 – координаты точки 2 приложения реакции звена, присоединяемого к группе (на рис. 11.1 не показано), на звено 2-3 в системе координат x_0y_0 ;

x_3 , y_3 – координаты центра шарнира 2 в системе координат x_0y_0 ;

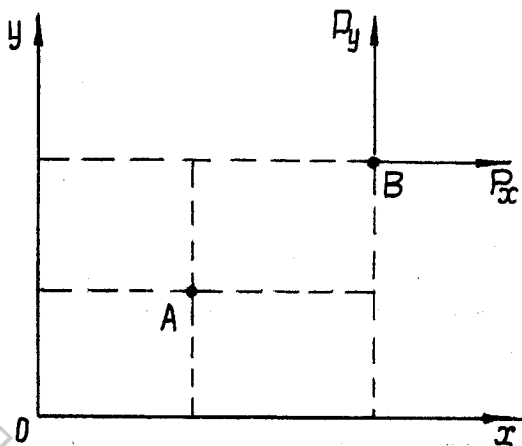


Рис. 6.1. К определению момента силы P относительно точки B

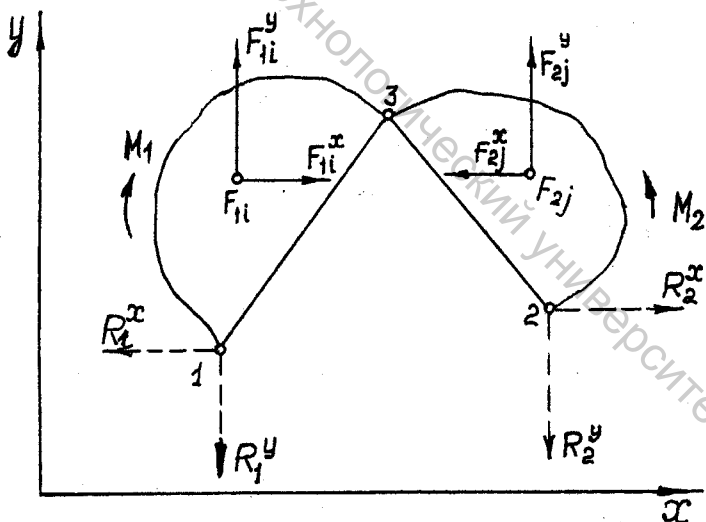


Рис. 7.1. Расчетная схема к динамическому моделированию механизма Ассуре 2-го класса I-го вида

F_{1i}^X, F_{1i}^Y - проекции на оси x и y векторов заданных сил, приложенных к звену 1-3, представленные в виде массива, $i = 1, 2, \dots, N_1$,

N_1 - число заданных сил;

X_{F1i}, Y_{F1i} - координаты точек приложения заданных сил F_{1i}^X, F_{1i}^Y ;

F_{2j}^X, F_{2j}^Y - проекции на оси x и y векторов заданных сил, приложенных к звену 2-3, представленные в виде массива, $j = 1, 2, \dots, N_2$; N_2 - число заданных сил;

X_{F2j}, Y_{F2j} - координаты точек приложения заданных сил F_{2j}^X, F_{2j}^Y .

M_1, M_2 - заданные моменты сил, приложенные соответственно к звеньям 1-3 и 1-2 (например, моменты сил инерции).

Выходными параметрами динамической модели группы являются:

R_1^X, R_1^Y - проекции на оси координат реакции звена, присоединяемого к группе, на звено 1-3;

R_2^X, R_2^Y - проекции на оси координат реакции звена, присоединяемого к группе, на звено 2-3;

R_3^X, R_3^Y - проекции на оси координат реакции звена 2-3 на звено 1-3 (на рис. 11.1 не показаны), точка приложения реакции - точка 3.

Динамическая модель и алгоритм ее решения.

Составим уравнение моментов заданных сил, действующих на звено 1-3 группы, относительно точки 1:

$$1) M_1^{1-3} = M_1 + \sum_{i=1}^{N_1} [F_{1i}^Y (x_{F1i} - x_1) - F_{1i}^X (y_{F1i} - y_1)].$$

Составим уравнение моментов всех сил, действующих на звено 1-3 относительно точки 1:

$$M_1^{1-3} + R_3^Y (x_3 - x_1) - R_3^X (y_3 - y_1) = 0. \quad (a)$$

Представим это уравнение в виде

$$A_1 R_3^Y + B_1 R_3^X = C_1, \quad (б)$$

где:

$$2) A_1 = x_3 - x_1; B_1 = y_1 - y_3; C_1 = -M_1^{1-3}.$$

Составим уравнение моментов заданных сил, действующих на звено 2-3, относительно точки 2:

$$3) M_2^{2-3} = M_2 + \sum_{j=1}^{N_2} [F_{2j}^Y (x_{F2j} - x_2) - F_{2j}^X (y_{F2j} - y_2)].$$

Составим уравнение моментов всех сил, действующих на звено 2-3, относительно точки 2:

$$M_2^{2-3} - R_3^Y (x_3 - x_2) + R_3^X (y_3 - y_2) = 0; \quad (в)$$

В уравнении (в) учтено, что проекции реакции звена 1-3 на звено 2-3 противоположны по знаку R_3^X, R_3^Y .

Представим уравнение (в) в виде:

$$A_2 R_3^Y + B_2 R_3^X = C_2, \quad (г)$$

где:

$$4) A_2 = x_2 - x_3; B_2 = y_3 - y_2; C_2 = -M_2^{2-3}.$$

Решая уравнения (б) и (г) методом Крамера относительно R_3^x, R_3^y , получим:

$$5) R_3^y = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1};$$

$$6) R_3^x = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}.$$

Составим сумму проекций на ось x всех сил, действующих на звено 1-3:

$$R_1^x + R_3^x + \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^x = 0.$$

Из уравнения определим

$$7) R_1^x = -R_3^x - \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^x.$$

Составим сумму проекций на ось y всех сил, действующих на звено 2-3:

$$R_1^y + R_3^y - \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^y = 0.$$

Из уравнения определим

$$8) R_1^y = -R_3^y - \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^y.$$

Составим сумму проекций на ось x всех сил, действующих на звено 2-3:

$$R_2^x - R_3^x + \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^x = 0.$$

Из уравнения определим

$$9) R_2^x = R_3^x - \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^x.$$

Составим сумму проекций на ось y всех сил, действующих на звено 2-3:

$$R_2^y - R_3^y + \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^y = 0.$$

Из уравнения определим:

$$10) R_2^y = R_3^y - \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^y.$$

7.2 Динамическая модель группы Ассура 2-го класса 2-го вида

Входные и выходные параметры

Расчетная схема динамической модели группы приведена на рис. 7.2. На рисунке заданные силы показаны в виде векторов, изображенных сплошными линиями, искомые силы – в виде векторов, изображенных пунктирными линиями.

Входными параметрами динамической модели являются:

x_1, y_1 – координаты точки 1 приложения реакции звена, присоединяемого к группе (на рис. 12.1 не показано), на звено 1-2 в системе координат xOy ;

x_2, y_2 – координаты центра шарнира 2 в системе координат xOy ;

φ_3 – угловая координата направляющей ползуна;

F_{1i}^x, F_{1i}^y – проекции на оси x и y векторов заданных сил, приложенных к звену 1-2, представленные в виде массива, $i = 1, 2, \dots, N_1$,

N_1 – число заданных сил;

x_{F1i}, y_{F1i} – координаты точек приложения заданных сил F_{1i}^x, F_{1i}^y ;

F_{2j}^x, F_{2j}^y – проекции на оси x и y векторов заданных сил, приложенных к ползуну, представленные в виде массива, $j = 1, 2, \dots, N_2$; N_2 – число заданных сил;

x_{F2j}, y_{F2j} – координаты точек приложения заданных сил F_{2j}^x, F_{2j}^y .

M_1, M_2 – заданные моменты сил, приложенные соответственно к шатуну 1-2 и ползуну (например, моменты сил инерции).

Выходными параметрами динамической модели группы являются:

R_1^x, R_1^y – проекции на оси x и y реакции звена, присоединяемого к группе, на шатун 1-2;

R_2^x, R_2^y – проекции на оси x и y реакции ползуна на шатун 1-2;

R_E^x, R_E^y – проекции на оси x и y реакции R_E направляющей на ползун;

x_E, y_E – координаты точки E приложения реакции R_E .

Динамическая модель и алгоритм ее решения

Составим сумму проекций на оси x и y заданных сил, действующих на группу:

$$1) F_{гп}^x = \left(\sum_{i=1}^{N_1} F_{1i}^x \right) + \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^x;$$

$$2) F_{гп}^y = \left(\sum_{i=1}^{N_1} F_{1i}^y \right) + \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^y.$$

Составим сумму проекций на направляющую ползуна всех сил (заданных и неизвестных), действующих на группу:

$$R_1^x \cos \varphi_3 + R_1^y \sin \varphi_3 + F_{гп}^x \cos \varphi_3 + F_{гп}^y \sin \varphi_3 = 0 \quad (a)$$

Представим уравнение (a) в виде:

$$A_1 R_1^x + B_1 R_1^y = C_1, \quad (б)$$

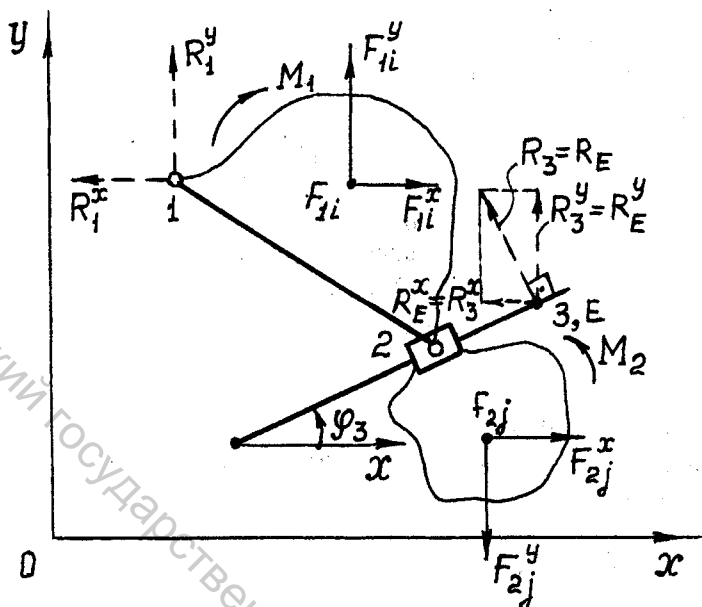


Рис. 7.2. Расчетная схема динамической модели группы Ассур 2-го класса 2-го вида

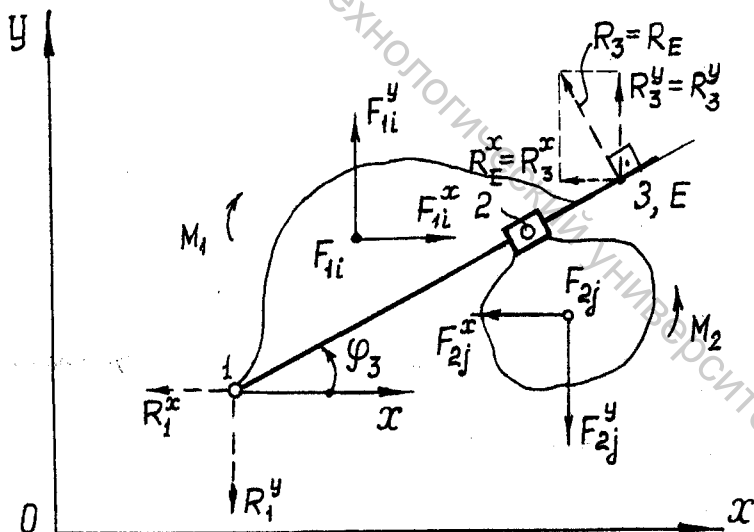


Рис. 7.3. Расчетная схема динамической модели группы Ассур 2-го класса 3-го вида

где:

$$3) A_1 = \cos \varphi_3; B_1 = \sin \varphi_3; C_1 = -F_{rp}^X \cos \varphi_3 - F_{rp}^Y \sin \varphi_3.$$

Составим сумму моментов заданных сил, действующих на шатун, относительно точки 2:

$$4) M_2^{1-2} = M_1 + \sum_{i=1}^{N_1} [F_{li}^Y (x_{Fli} - x_2) - F_{li}^X (y_{Fli} - y_2)].$$

Составим сумму моментов всех сил (заданных и неизвестных), действующих на шатун, относительно точки 2:

$$M_2^{1-2} + R_1^Y (x_1 - x_2) - R_1^X (y_1 - y_2) = 0. \quad (в)$$

Представим уравнение (в) в виде:

$$A_2 R_1^X + B_2 R_1^Y = C_2, \quad (г)$$

где:

$$5) A_2 = y_2 - y_1; B_2 = x_1 - x_2; C_2 = -M_2^{1-2}.$$

Решая систему уравнений (б) и (г) относительно R_1^X, R_1^Y методом Крамера, получим:

$$6) R_1^X = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1},$$

$$7) R_1^Y = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}.$$

Составим сумму проекций на ось x всех сил, действующих на группу Ассура:

$$R_1^X + F_{rp}^X + R_3^X = 0.$$

Из уравнения определим

$$8) R_3^X = -R_1^X - F_{rp}^X; \quad R_E^X = R_3^X.$$

Составим сумму проекций на ось y всех сил, действующих на группу Ассура:

$$R_1^Y + F_{rp}^Y + R_3^Y = 0.$$

Из уравнения определим:

$$9) R_3^Y = -F_{rp}^Y - R_1^Y; \quad R_E^Y = R_3^Y.$$

Составим сумму моментов заданных сил, действующих на ползун, относительно точки 2:

$$10) M_2^{\text{ползун}} = M_2 + \sum_{j=1}^{N_2} [F_{2j}^Y (x_{F2j} - x_2) - F_{2j}^X (y_{F2j} - y_2)].$$

Составим сумму моментов всех сил (заданных и неизвестных), действующих на ползун, относительно точки 2:

$$M_2^{\text{ползун}} + R_3^Y (x_3 - x_2) - R_3^X (y_3 - y_2) = 0. \quad (д)$$

Выразим угол φ_3 через координаты точки 3:

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \quad (\text{е})$$

Из уравнения (е) определим

$$y_3 - y_2 = (x_3 - x_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3. \quad (\text{ж})$$

Подставим (ж) в уравнение (д):

$$M_2^{\text{ползуи}} + R_3^y (x_3 - x_2) - R_3^x (x_3 - x_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 0.$$

Из этого уравнения определим x_E :

$$11) x_3 = x_2 - \frac{M_2^{\text{ползуи}}}{R_E^y - R_E^x \operatorname{tg} \varphi_3}; \quad x_E = x_3.$$

Из уравнения (е) определим y_3 :

$$12) y_3 = y_2 + (x_E - x_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3; \quad y_E = y_3.$$

Составим сумму проекций на ось x сил, действующих на шатун:

$$R_1^x + R_2^x + \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^x = 0.$$

Из полученного уравнения определим

$$13) R_2^x = -R_1^x - \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^x.$$

Составим сумму проекций на ось y сил, действующих на шатун:

$$R_1^y + R_2^y + \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^y = 0.$$

Из полученного уравнения определим:

$$14) R_2^y = -R_1^y - \sum_{i=1}^{N_1} F_{ii}^y.$$

7.3 Динамическая модель группы Ассур 2-го класса 3-го вида

Входные и выходные параметры

Расчетная схема динамической модели группы приведена на рис. 7.3. На рисунке заданные силы показаны в виде векторов, изображенных сплошными линиями, искомые силы – в виде векторов, изображенных пунктирными линиями.

Входными параметрами динамической модели являются:

x_1, y_1 – координаты центра шарнира 1 в неподвижной системе координат xOy ;

x_2, y_2 – координаты центра шарнира 2 в неподвижной системе координат xOy ;

φ_3 – угловая координата направляющей камня 2;

F_{ii}^x, F_{ii}^y – проекции на оси x и y векторов заданных сил, приложенных к кулисе, представленные в виде массива, $i = 1, 2, \dots, N_1$,

N_1 – число заданных сил;

x_{F1i}, y_{F1i} – координаты точек приложения заданных сил F_{1i}^X, F_{1i}^Y ;

F_{2j}^X, F_{2j}^Y – проекции на оси x и y векторов заданных сил, приложенных к камню, представленные в виде массива, $j = 1, 2, \dots, N_2$; N_2 – число заданных сил;

x_{F2j}, y_{F2j} – координаты точек приложения заданных сил;

M_1, M_2 – заданные моменты сил, приложенные соответственно к кулисе и камню (например, моменты сил инерции).

Выходными параметрами динамической модели группы являются:

R_1^X, R_1^Y – проекции на оси x и y реакции звена, присоединяемого к группе, на кулису;

R_2^X, R_2^Y – проекции на оси x и y реакции звена, присоединяемого к группе, на камень;

R_E^X, R_E^Y – проекции на оси x и y реакции R_E камня на кулису;

x_E, y_E – координаты точки приложения реакции R_E .

Динамическая модель и алгоритм ее решения

Составим сумму проекций на ось кулисы 1-2 всех сил, действующих на кулису:

$$R_1^X \cos \varphi_3 + R_1^Y \sin \varphi_3 + \sum_{i=1}^{N_1} (F_{1i}^X \cos \varphi_3 + F_{1i}^Y \sin \varphi_3) = 0 \quad (\text{а})$$

Представим уравнение (а) в виде:

$$A_1 R_1^X + B_1 R_1^Y = C_1, \quad (\text{б})$$

где:

$$1) A_1 = \cos \varphi_3; B_1 = \sin \varphi_3; C_1 = - \sum_{i=1}^{N_1} (F_{1i}^X \cos \varphi_3 + F_{1i}^Y \sin \varphi_3).$$

Составим сумму моментов заданных сил, действующих на группу, относительно точки 2:

$$2) M_2^{rp} = M_1 + M_2 + \sum_{i=0}^{N_1} [F_{1i}^Y (x_{F1i} - x_2) - F_{1i}^X (y_{F1i} - y_2)] + \sum_{j=1}^{N_2} [F_{2j}^Y (x_{F2j} - x_2) - F_{2j}^X (y_{F2j} - y_2)].$$

Составим уравнение моментов всех сил, действующих на группу, относительно точки 2:

$$M_2^{rp} + R_1^Y (x_1 - x_2) - R_1^X (y_1 - y_2) = 0; \quad (\text{в})$$

Представим уравнение (в) в виде:

$$A_2 R_1^X + B_2 R_1^Y = C_2, \quad (\text{г})$$

где:

$$3) A_2 = y_2 - y_1; B_2 = x_1 - x_2; C_2 = -M_2^{rp}.$$

Решая систему уравнений (б) и (г) по методу Крамера, получим:

$$4) R_1^X = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1};$$

$$5) R_1^y = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}.$$

Составим уравнение проекций на ось x всех сил, действующих на кулису:

$$R_1^x + R_3^x + \sum_{i=1}^{N_1} F_{li}^x = 0.$$

Из этого уравнения определим

$$6) R_3^x = -R_1^x - \sum_{i=1}^{N_1} F_{li}^x; \quad R_E^x = R_3^x.$$

Составим уравнение проекций на ось y всех сил, действующих на кулису:

$$R_1^y + R_3^y + \sum_{i=1}^{N_1} F_{li}^y = 0.$$

Из этого уравнения определим

$$7) R_3^y = -R_1^y - \sum_{i=1}^{N_1} F_{li}^y; \quad R_E^y = R_3^y.$$

Составим сумму моментов заданных сил, действующих на кулису, относительно точки 1:

$$8) M_1^{квл} = M_1 + \sum_{i=1}^{N_1} [F_{li}^y (x_{Fli} - x_1) - F_{li}^x (y_{Fli} - y_1)].$$

Составим уравнение моментов всех сил, действующих на кулису, относительно точки 1:

$$M_1^{квл} + R_3^y (x_3 - x_1) - R_3^x (y_3 - y_1) = 0. \quad (д)$$

Выразим $\operatorname{tg} \varphi_3$ через координаты точки 3:

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1}. \quad (е)$$

Подставим выражение $(y_3 - y_1)$, полученное из (е) в уравнение (д)

$$M_1^{квл} + R_3^y (x_3 - x_1) - R_3^x (x_3 - x_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 0.$$

Из последнего уравнения определим

$$9) x_3 = x_1 - \frac{M_2^{квл}}{R_3^y - R_3^x \operatorname{tg} \varphi_3}.$$

Из уравнения (е) определим:

$$10) y_3 = y_1 + (x_3 - x_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3.$$

Составим уравнение проекций на ось x всех сил, действующих на камень:

$$R_2^x - R_3^x + \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^x = 0,$$

из которого определим:

$$11) R_2^X = R_3^X - \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^X.$$

Составим уравнение проекций на ось y всех сил, действующих на камень:

$$R_2^y - R_3^y + \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^y = 0,$$

из которого определим:

$$12) R_2^y = R_3^y - \sum_{j=1}^{N_2} F_{2j}^y.$$

7.4 Динамическая модель механизма 1-го класса

Входные и выходные параметры

Расчетная схема динамической модели механизма первого класса представлена на рис. 7.4. На рисунке заданные силы показаны сплошными линиями, искомые - пунктиром.

Входными параметрами динамической модели являются:

x_1, y_1 – координаты центра неподвижного шарнира 1 в неподвижной системе координат x - y ;

x_2, y_2 – координаты точки 2, лежащей на линии действия уравновешивающей силы P_{yp} в неподвижной системе координат x - y ;

на рис. 7.5 а, б показано, что для случая, когда привод ведущего звена осуществляется ременной (клиноременной) передачей, линия действия P_{yp} совпадает с нейтральной осью ведущей ветви ремня, а в качестве точки 2 может быть выбрана точка касания этой линии с осевой окружностью шкива; на рис. 7.6 а, б показано, что для случая, когда привод ведущего звена осуществляется зубчатой передачей, линия действия P_{yp} совпадает с линией зацепления, а в качестве точки 2 может быть выбран полюс зацепления;

$\varphi_3 = \varphi_{yp}$ – угол между осью x и линией действия P_{yp} ;

F_{ii}^X, F_{ii}^Y – проекции на оси x и y неподвижной системы координат заданных сил F_{ii} , приложенных к ведущему звену (такowymi могут быть сила реакции со стороны присоединяемой группы Асура, сила инерции и т.п.),

$X_{F_{1i}}, Y_{F_{1i}}$ – координаты точек приложения заданных сил F_{1i} ;

N – число заданных сил, приложенных к звену;

M_1 – суммарный момент сил, приложенный к звену (например, момент сил инерции).

Выходными параметрами динамической модели группы являются:

R_1^X, R_1^Y – проекции на оси x и y неподвижной системы координат реакции со стороны стойки на звено 1-2;

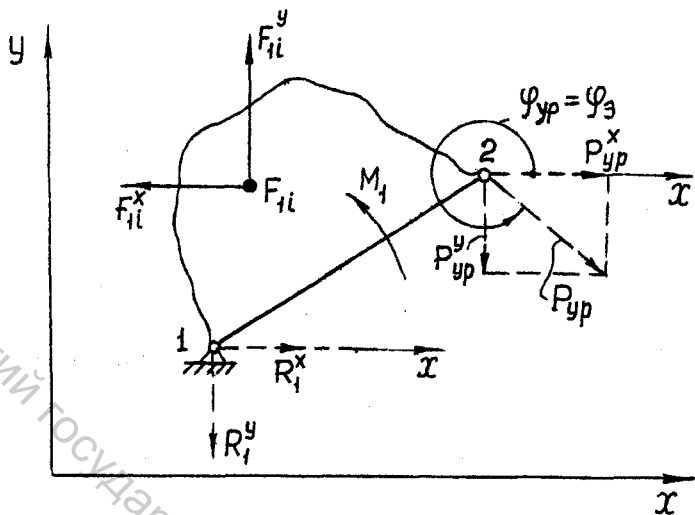


Рис. 7.4. Расчетная схема динамической модели механизма I - го класса

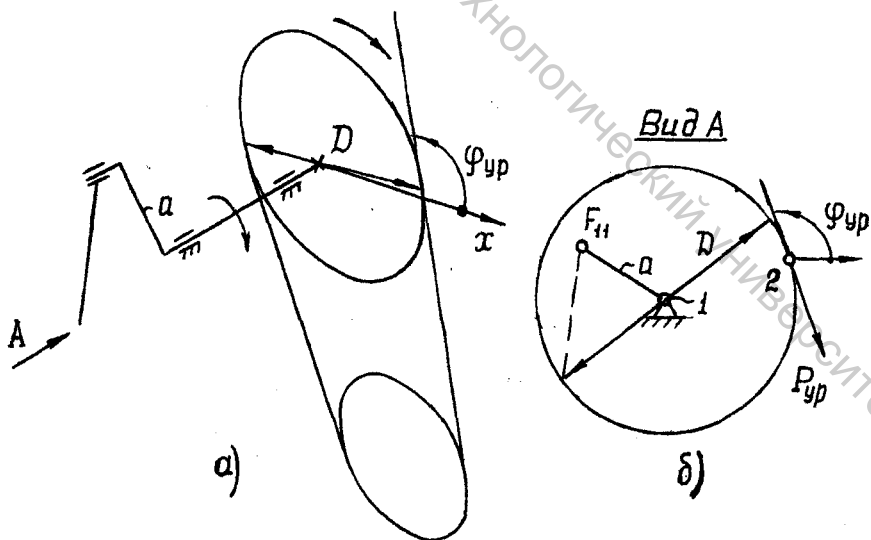


Рис. 7.5. К определению линии действия уравновешивающей силы привода с ременной передачей

Витебский государственный технологический университет

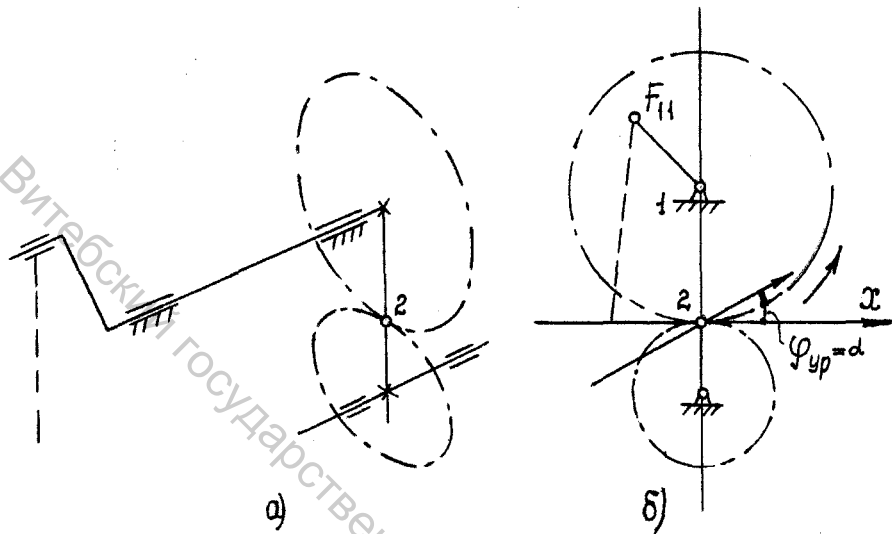


Рис. 7.6. К определению линии действия уравновешивающей силы привода с зубчатой передачей

P_{yp}^x, P_{yp}^y - проекции на оси x и y неподвижной системы координат уравнивающей силы P_{yp} .

Динамическая модель и алгоритм ее решения

Составим сумму моментов заданных сил, приложенных к звену, относительно точки 1:

$$1) M_1^{1-2} = M_1 + \sum_{i=1}^N [F_{li}^y (x_{FH} - x_1) - F_{li}^x (y_{FH} - y_1)].$$

Составим уравнение моментов всех сил, приложенных к звену, относительно точки 1:

$$M_1^{1-2} + P_{yp}^y (x_2 - x_1) - P_{yp}^x (y_2 - y_1) = 0; \quad (a)$$

Выразим P_{yp}^x, P_{yp}^y через P_{yp} и угол φ_{yp} :

$$P_{yp}^x = P_{yp} \cdot \cos \varphi_{yp}, \quad (б)$$

$$P_{yp}^y = P_{yp} \cdot \sin \varphi_{yp}, \quad (в)$$

Подставив (б) и (в) в (а) определим:

$$2) P_{yp} = \frac{-M_1^{1-2}}{(x_2 - x_1) \cos \varphi_{yp} - (y_2 - y_1) \sin \varphi_{yp}}.$$

Затем из (б) и (в) определим:

$$3) P_{yp}^x = P_{yp} \cdot \cos \varphi_{yp},$$

$$4) P_{yp}^y = P_{yp} \cdot \sin \varphi_{yp}.$$

Составим уравнение проекций на ось x всех сил, действующих на звено:

$$R_1^x + P_{yp}^x + \sum_{i=1}^N F_{li}^x = 0,$$

из которого определим:

$$5) R_1^x = -P_{yp}^x - \sum_{i=1}^N F_{li}^x.$$

Составим уравнение проекций на ось y всех сил, действующих на звено:

$$R_1^y + P_{yp}^y + \sum_{i=1}^N F_{li}^y = 0,$$

из которого определим:

$$6) R_1^y = -P_{yp}^y - \sum_{i=1}^N F_{li}^y.$$

8. Прикладное программное обеспечение, используемое при реализации кинематической и динамической моделей механизмов

Реализация процедур выполнена на языке Turbo Pascal 7.0 и функционирует в среде операционной системы MS DOS. Разработанные процедуры кинематического и силового анализа объединены в библиотечный модуль «*assur.tpu*».

Описание процедуры включает заголовок и тело процедуры. Заголовок состоит из имени и параметров. Имя процедуры – это уникальный в пределах модуля «*assur.tpu*» идентификатор, может быть одним из следующих: “P1”, “P21”, “P22”, “P23”, “PS1”, “PS21”, “PS22”, “PS23”, “Point3”, “Angle”.

При описании параметров могут использоваться две формы. Рассмотрим эти формы на примере процедуры *ANGLE*:

```
PROCEDURE ANGLE(X1, Y1, X2, Y2:real; var FI:real);
```

Первая предполагает указание списка параметров и их типа, в данном случае:

```
X1, Y1, X2, Y2:real;
```

В этом случае значения X1, Y1, X2, Y2 передаются в процедуру при вызове. Передача значений может осуществляться несколькими способами:

- подстановкой численных значений:

```
ANGLE(0, 0, 10, 10, alfa);
```

- подстановкой идентификаторов переменных, значения которых известны:

```
ANGLE(xA, yA, xB, yB, alfa);
```

- подстановкой формул, включающих как численные значения, так и значения идентификаторов переменных:

```
ANGLE(xA, yA, xA+10, yA+10, alfa);
```

Во второй форме перед списком параметров указывается слово *VAR*:

```
VAR FI:real;
```

В этом случае значение *FI* вычисляется в процессе выполнения процедуры. «Получить» вычисленное значение можно только одним способом: используя идентификатор переменной (в рассмотренном примере таким идентификатором является *alfa*).

Количество и тип формальных параметров должны быть равны количеству и типу фактических параметров. В рассмотренном примере в процедуру передаются 4 параметра и возвращается 1 параметр вещественного типа (*real*), поэтому ошибкой будет обращение к процедуре с другим количеством или типом параметров. Исключением является передача целочисленного параметра (*integer*) вместо вещественного (*real*).

8.1. Процедуры кинематического анализа структурных групп механизмов

Процедура «P1».

Предназначена для кинематического анализа группы Ассура I класса (ведущее звено, совершающее вращательное движение). Расчетная схема приведена на рис. 5.1.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

```
PROCEDURE P1(X1,Y1,L13,Fi13,W13,E13:real;  
var X3,Y3,VX3,VY3,AX3,AY3:real);
```

При обращении к процедуре необходимо формальные параметры заменить фактическими. Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.2):

```
p1(xo,yo,oa,fi,woa,eoa,xa,ya,vxa,vya,axa,aya);
```

Перечислим входные параметры процедуры.

xo,yo – координаты шарнира O, заданные в разделе констант: *const xo=0; yo=0.*

oa – длина звена OA, также задается в разделе констант: *const oa=2.5;*

fi – угол поворота кривошипа, является переменной величиной, поэтому описывается в разделе переменных: *var fi:real;*

woa, eoa – угловая скорость и угловое ускорение звена OA, описываются в разделе констант: *const woa=400; eoa=0;*

Выходные параметры процедуры описываются в разделе переменных и должны иметь тип, совпадающий с типом формальных параметров процедуры "p1":

```
var xa,ya,vxa,vya,axa,aya:real;
```

xa,ya,vxa,vya,axa,aya – кинематические параметры шарнира A.

Процедура «P21». Предназначена для кинематического анализа группы Ассура II класса 1 вида. Расчетная схема приведена на рис. 5.2.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

```
PROCEDURE P21(X1,Y1,VX1,VY1,AX1,AY1,L13,  
X2,Y2,VX2,VY2,AX2,AY2,L23:real; N:integer;  
var X3,Y3,VX3,VY3,AX3,AY3,W13,E13,W23,E23:real);
```

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.3):

```
p21(xa,ya,vxa,vya,axa,aya,ab,xc,yc,0,0,0,0,cb,0,  
xb,yb,vxb,yyb,axb,ayb,wab,eab,wcb,ecb);
```

Входные параметры процедуры.

xa,ya,vxa,vya,axa,aya – параметры подвижного шарнира A, определенные при выполнении процедуры "p1".

ab – длина звена AB, задается в разделе констант: *const ab=6;*

xc,yc – координаты центра неподвижного шарнира C, задаются в разделе констант:

```
const xc=7; yc=1;
```

Поскольку шарнир С является неподвижным и его скорость и ускорение равны нулю, удобно для краткости подставить нули непосредственно в процедуру, а не описывать их в разделе констант, например:

```
const vxc=0; vyc=0; axc=0; ayc=0;
```

cb – длина звена CB, задается в разделе констант: *const cb=6;*

Вариант сборки принят равным нулю.

Выходные параметры процедуры описываются в разделе переменных:

```
xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb,wab,eab,wcb,ecb:real;
```

xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb – кинематические параметры шарнира В;

wab,eab – угловая скорость и угловое ускорение звена 2;

wcb,ecb – угловая скорость и угловое ускорение звена 3.

Процедура «P22». Предназначена для кинематического анализа группы Ассур II класса 2 вида. Расчетная схема приведена на рис. 5.3.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

```
PROCEDURE P22(X1,Y1,VX1,VY1,AX1,AY1,L13,  
X2,Y2,VX2,VY2,AX2,AY2,Fi32,W32,E32:real; N:integer;  
var X3,Y3,VX3,VY3,AX3,AY3,W31,E31:real);
```

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.4):

```
p22(xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd,de,xo,yo,0,0,0,0,alfa,0,0,0,
```

```
xe,ye,vxe,vye,axe,aye,wde,ede);
```

Входные параметры процедуры.

xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd – параметры подвижного шарнира D, определенные при выполнении процедуры "point3".

de – длина звена DE, задается в разделе констант: *const de=9;*

xo,yo – координаты центра неподвижного шарнира O, задаются в разделе констант: *const xo=0; yo=0;*

Поскольку шарнир O является неподвижным, проекции его скорости и ускорения заданы равными нулю.

alfa – угол наклона направляющей ползуна 5, задается в разделе констант: *const alfa=0.5;*

Так как направляющая является неподвижной, ее угловая скорость и угловое ускорение равны нулю.

Вариант сборки принят равным нулю.

Выходные параметры процедуры описываются в разделе переменных:

```
xø,yø,vxø,vyø,axø,ayø,wde,ede:real;
```

wde,ede - угловая скорость и угловое ускорение звена 4.

Процедура «P23». Предназначена для кинематического анализа группы Ассур II класса 3 вида. Расчетная схема приведена на рис. 5.4.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

```
PROCEDURE P22(X1,Y1,VX1,VY1,AX1,AY1,
```


X2,Y2,VX2,VY2,AX2,AY2:real;
var X3,Y3,VX3,VY3,AX3,AY3,W31,E31:real);

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.5):
p23(xg,yg,0,0,0,0,xf,yf,vxf,vyf,axf,ayf,
xf1,yf1,vxf1,vyf1,axf1,ayf1,wgf1,egf1);

Входные параметры процедуры:

xg,yg – координаты центра неподвижного шарнира G, задаются в разделе констант:

const xg=22; yg=3;

xf,yf,vxf,vyf,axf,ayf – параметры подвижного шарнира F, определенные при выполнении процедуры "point3".

Выходные параметры процедуры описываются в разделе переменных:

xf1,yf1,vxf1,vyf1,axf1,ayf1,wgf1,egf1:real;

xf1,yf1,vxf1,vyf1,axf1,ayf1 – кинематические параметры точки F', расположенной на звене 7 под шарниром F.

wgf1,egf1 - угловая скорость и угловое ускорение звена 7.

Процедура «Point3». Служит для расчета параметров точки по двум заданным, если все три точки принадлежат одному и тому же звену. Расчетная схема приведена на рис. 5.5.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

PROCEDURE Point3(X1,Y1,VX1,VY1,AX1,AY1,
X2,Y2,VX2,VY2,AX2,AY2,Xrel3,Yrel3:real;
var X3,Y3,VX3,VY3,AX3,AY3:real);

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.6):
point3(xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb,xc,yc,0,0,0,0,xreld,yreld,
xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd);

Входные параметры процедуры:

xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb – параметры подвижного шарнира B, определенные при выполнении процедуры "p21".

xc,yc – координаты центра неподвижного шарнира C, задаются в разделе констант: *const xc=7; yc=1;*

xreld, yreld – координаты шарнира D в относительной системе координат, связанной со звеном 3. Эти координаты рассчитываются по формулам:

xreld:=bd(cb*cb+bd*bd-cd*cd)/(2*cb*bd);*

yreld:=sqrt(sqr(bd)-sqr(xreld));

В данном случае параметр *xreld* определяется по теореме косинусов из $\triangle CBD$,

yreld – по теореме Пифагора.

Кроме того, они описываются в разделе переменных: *var xreld,yreld:real;*

Выходные параметры процедуры описываются в разделе переменных:

$x_d, y_d, v_{x_d}, v_{y_d}, a_{x_d}, a_{y_d}: \text{real};$

Процедура «Angle». Служит для расчета угла наклона звена, заданного двумя точками, к оси x .

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

PROCEDURE ANGLE($X_1, Y_1, X_2, Y_2: \text{real}; \text{var } F1: \text{real};$

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.6):

angle(xg, yg, xf, yf, ksi);

Входные параметры процедуры.

xg, yg – параметры неподвижного шарнира G .

xf, yf – параметры подвижного шарнира F , определенные при выполнении процедуры "point3".

Выходной параметр процедуры:

ksi – угол ψ .

8.2. Процедуры динамического анализа структурных групп механизмов

Процедура «PS21». Предназначена для расчета кинетостатических силовых характеристик группы Ассура II класса 1 вида. Расчетная схема приведена на рис. 7.1.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

PROCEDURE PS21($A: \text{FORCE}; \text{dig1}, \text{dig2}: \text{INTEGER}; \text{VAR}$
 $R1X, R1Y, R2X, R2Y, R3X, R3Y: \text{real};$

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.8):

with sila do

begin

$x1:=xa*k2; y1:=ya*k2; x2:=xc*k2; y2:=yc*k2; x3:=xb*k2; y3:=yb*k2;$

$f1x[1]:=px2; f1y[1]:=py2; xf1[1]:=xs2*k2; yf1[1]:=ys2*k2;$

$f2x[1]:=px3; f2y[1]:=py3; xf2[1]:=xs3*k2; yf2[1]:=ys3*k2;$

$f2x[2]:=-rx34; f2y[2]:=-ry34; xf2[2]:=xd*k2; yf2[2]:=yd*k2;$

$m1:=mi2; m2:=mi3;$

end;

ps21(sila, 1, 2, rx12, ry12, rx03, ry03, rx32, ry32);

Входные параметры процедуры.

xa, ya, xc, yc, xb, yb – координаты шарниров A, C и B (с помощью коэффициента $k2$ выполнен перевод единиц измерения);

$px2, py2$ – проекции силы инерции, действующей на звено 2;

$xs2, ys2$ – координаты точки приложения силы инерции звена 2;

$px3, py3$ – проекции силы инерции, действующей на звено 3;

$xs3, ys3$ – координаты точки приложения силы инерции звена 3;

$rx34, ry34$ – проекции реакции, действующей на звено 4 со стороны звена 3;

x_d, y_d – точка приложения этой реакции;

$mi2$ – момент сил инерции, действующих на звено 2;

$mi3$ – момент сил инерции, действующих на звено 3;

dig1=1 – число сил, действующих на звено 2;
dig2=2 – число сил, действующих на звено 3;
Выходные параметры:
rx12, ry12, rx03, ry03, rx32, ry32 – проекции реакций.

Процедура «PS22». Предназначена для расчета кинетостатических силовых характеристик группы Ассура II класса 2 вида. Расчетная схема приведена на рис. 7.2.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:
PROCEDURE PS22(A:FORCE; dig1,dig2:INTEGER; VAR
R1X,R1Y,R2X,R2Y,REX,REY,XE,YE:real);

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.9):

with sila do

begin

x1:=xd*k2; y1:=yd*k2; x2:=xe*k2; y2:=ye*k2; fi3:=alfa;
f1x[1]:=px4; f1y[1]:=py4; xf1[1]:=xs4*k2; yf1[1]:=ys4*k2;
f1x[2]:=-rx46; f1y[2]:=-ry46; xf1[2]:=xf*k2; yf1[2]:=yf*k2;
f2x[1]:=px5; f2y[1]:=py5; xf2[1]:=xe*k2; yf2[1]:=ye*k2;
m1:=mi4; m2:=0;

end;

ps22(sila, 2, 1, rx34, ry34, rx45, ry45, rx05, ry05, xe1, ye1);

Входные параметры процедуры.

xd, yd, xe, ye – координаты шарниров А и Е;

alfa – угол наклона направляющей к оси х;

rx4, ry4 – проекции силы инерции, действующей на звено 4;

xs4, ys4 – координаты точки приложения силы инерции звена 4;

rx67, ry67 – проекции реакции, действующей на звено 7 со стороны звена 6;

xf, yf – точка приложения этой реакции;

rx5, ry5 – проекции силы инерции, действующей на звено 5;

xe, ye – координаты точки приложения силы инерции звена 5;

mi4 – момент сил инерции, действующих на звено 4;

dig1=2 – число сил, действующих на звено 4;

dig2=1 – число сил, действующих на звено 5;

Выходные параметры:

rx34, ry34, rx45, ry45, rx05, ry05 – проекции реакций;

xe1, ye1 – точка приложения реакции R05.

Процедура «PS23». Предназначена для расчета кинетостатических силовых характеристик группы Ассура II класса 2 вида. Расчетная схема приведена на рис. 7.3.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:
PROCEDURE PS23(A:FORCE; dig1,dig2:INTEGER; VAR
R1X,R1Y,R2X,R2Y,REX,REY:real);

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.10):

with sila do

begin

$x1:=xg*k2$; $y1:=yg*k2$; $x2:=xf*k2$; $y2:=yf*k2$; $fi3:=ksi$;
 $f1x[1]:=px7$; $f1y[1]:=py7$; $xf1[1]:=xs7*k2$; $yf1[1]:=ys7*k2$;
 $f2x[1]:=px6$; $f2y[1]:=py6$; $xf2[1]:=xf*k2$; $yf2[1]:=yf*k2$;
 $m1:=mi7$; $m2:=0$;

end;

ps23(sila, 1, 1, rx07, ry07, rx46, ry46, rx67, ry67);

Входные параметры процедуры.

xg, yg, xf, yf – координаты шарниров G и F;

ksi – угол наклона направляющей к оси x;

$px7, py7$ – проекции силы инерции, действующей на звено 7;

$xs7, ys7$ – координаты точки приложения силы инерции звена 7;

$px6, py6$ – проекции силы инерции, действующей на звено 6;

$xs6, ys6$ – координаты точки приложения силы инерции звена 6;

$mi7$ – момент сил инерции, действующих на звено 4;

$dig1=1$ – число сил, действующих на звено 7;

$dig2=1$ – число сил, действующих на звено 6;

Выходные параметры:

$rx07, ry07, rx46, ry46, rx67, ry67$ – проекции реакций;

Процедура «PS1». Предназначена для расчета кинетостатических силовых характеристик группы Ассура I класса. Расчетная схема приведена на рис. 7.4.

Ее объявление в библиотечном модуле имеет вид:

PROCEDURE PS1(A:FORCE; dig:INTEGER; VAR R1X,R1Y,URX,URY:real);

Рассмотрим пример обращения к данной процедуре (рис. 8.11):

with sila do

begin

$x1:=xo*k2$; $y1:=yo*k2$; $x2:=xa*k2$; $y2:=ya*k2$;

$fi3:=fi+pi/2$; $m1:=0$;

$f1x[1]:=px1$; $f1y[1]:=py1$; $xf1[1]:=xs1*k2$; $yf1[1]:=ys1*k2$;

$f1x[2]:=-rx12$; $f1y[2]:=-ry12$; $xf1[2]:=xa*k2$; $yf1[2]:=ya*k2$;

end;

ps1(sila, 2, rx01, ry01, px_ur, py_ur);

Входные параметры процедуры.

xo, yo, xa, ya – координаты шарниров O и A;

$fi3$ – угол наклона линии действия уравновешивающей силы к оси x;

$px1, py1$ – проекции силы инерции, действующей на звено 1;

$xs1, ys1$ – координаты точки приложения силы инерции звена 1;

$rx12, ry12$ – проекции реакции R12 ;

xa, ya – точка приложения этой реакции;

$dig=2$ – число сил, действующих на звено 1;

Выходные параметры:

$rx01, ry01, px_ur, py_ur$ – проекции реакций и уравновешивающей силы;

8.3. Пример разработки программы кинематического и динамического анализа механизмов

Рассмотрим в качестве примера составление программы расчета рычажного механизма, изображенного на рис. 8.1.

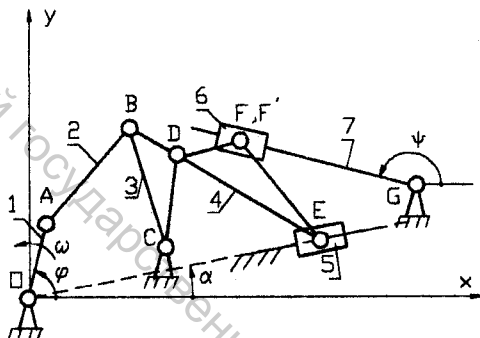


Рис. 8.1. Кинематическая схема плоского рычажного механизма

Разбиваем механизм на группы Ассур. Первая в порядке присоединения (рис. 8.2) – группа I класса (ведущее звено, совершающее вращательное движение). Для ее кинематического анализа используется процедура P1, при обращении к ней определяются координаты, проекции скорости и ускорения точки A.

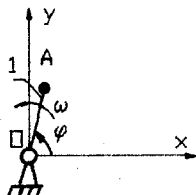


Рис. 8.2. Группа I

Затем к звеньям 1 и 0 (стойке) присоединяется группа II класса I вида (рис. 8.3). Для ее кинематического анализа используется процедура P21, при обращении к ней определяются координаты, проекции скорости и ускорения точки B, угловые скорости и ускорения звеньев 2 и 3. Для определения координат, проекций скорости и ускорения точки D, принадлежащей звену 3, используется процедура Point3 (расчетная схема приведена на рис. 8.6).

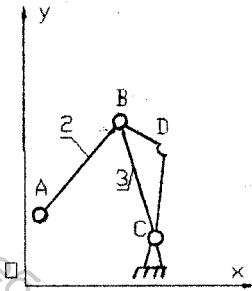


Рис. 8.3. Группа II(1)

Далее к механизму присоединяется группа II класса 2 вида (рис.8.4). Для ее кинематического анализа используется процедура P22, при обращении к которой определяются координаты, проекции скорости и ускорения точки E, угловые скорость и ускорение звена 4. Для определения координат, проекций скорости и ускорения точки F, принадлежащей звену 4, используется процедура Point3.

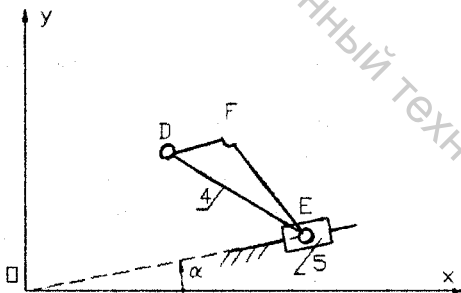


Рис. 8.4. Группа II(2)

Далее к механизму присоединяется группа II класса 3 вида (рис.8.5). Для ее кинематического анализа используется процедура P23, при обращении к которой определяются координаты, проекции скорости и ускорения точки F, угловые скорость и ускорение звена 7. Для определения угла наклона звена 7 к оси x используется процедура Angle (расчетная схема приведена на рис. 8.7).

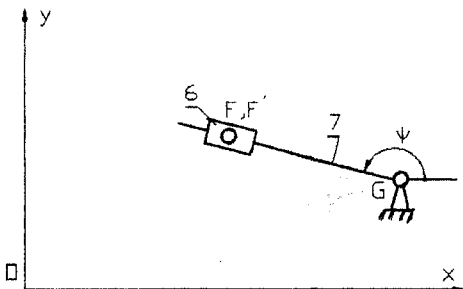


Рис. 8.5. Группа II(3)

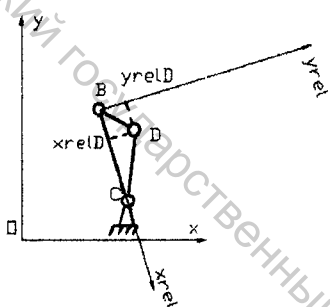


Рис. 8.6. Расчет параметров точки D

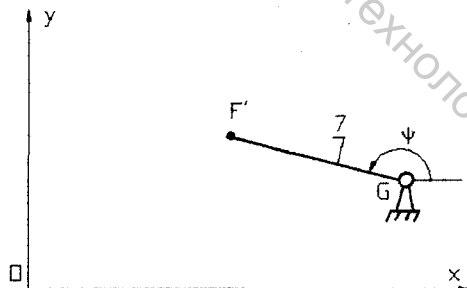


Рис. 8.7. Расчет угла Ψ

После определения параметров всех подвижных точек и звеньев механизма с помощью обращений к процедурам Point3 рассчитывают параметры центров масс. Далее выполняют расчет сил и моментов сил инерции. Динамический анализ начинают с последней присоединенной группы II(3) (рис. 8.8).

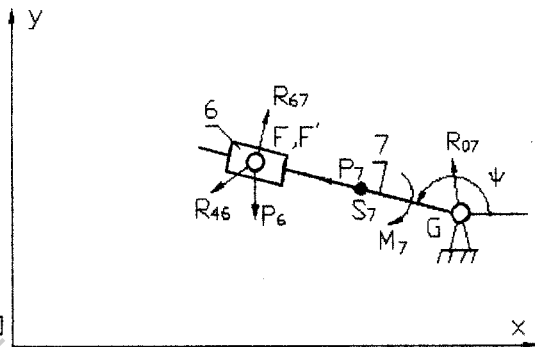


Рис. 8.8. Динамический анализ группы II(3)

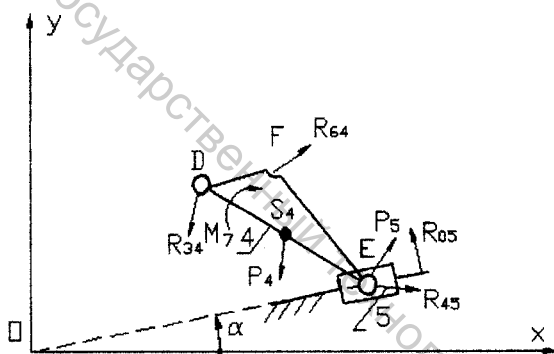


Рис. 8.9. Динамический анализ группы II(2)

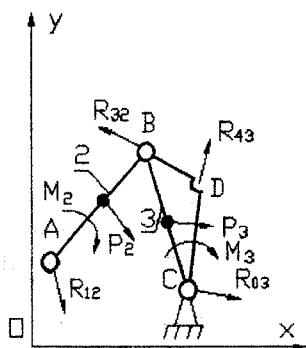


Рис. 8.10. Динамический анализ группы II(1)

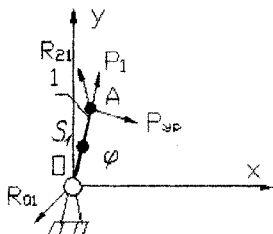


Рис. 8.11. Динамический анализ группы I(1)

Ниже приведена программа кинематического и динамического анализа рычажного механизма.

```

program nitepr;
uses assur;
const
  oa=2.5; ab=6; cb=6; bd=4; cd=5; de=9; df=6; ef=5;
  xo=0; yo=0; xc=7; yc=1; xg=22; yg=3; {Длины звеньев, мм}
  woa=400; eoa=0; {Угловая скорость и ускорение кривошипа, с-1}
  m=12; {Число положений механизма}
  k1=1e-6; k2=1e-3; {Козэффициенты для перевода единиц
измерения}
  alfa=0.5; {Угол наклона направляющей к оси x, рад}
  m1=5; m2=12; m3=20; m4=30; m5=10; m7=10; {Массы звеньев, г}
  m6=10;
  i1=3; i2=36; i3=70; i4=100; i7=10; {Моменты инерции звеньев,
г*мм^2}
var
  i:integer; sila:force;
  xreld,yreld,xrelf,yrelf,
  xe1,ye1, xa,ya,vxa,vya,axa,aya, xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb,
  xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd, xe,ye,vxe,vye,axe,aye, xf,yf,vxf,vyf,axf,ayf,
  xf1,yf1,vxf1,vyf1,axf1,ayf1,
  xs1,ys1,vxs1,vys1,axs1,ays1, xs2,ys2,vxs2,vys2,axs2,ays2,
  xs3,ys3,vxs3,vys3,axs3,ays3, xs4,ys4,vxs4,vys4,axs4,ays4,
  xs7,ys7,vxs7,vys7,axs7,ays7,
  wab,eab,wcb,ecb,wde,ede,wgf1,egf1, fi, ksi,
  px1,py1,px2,py2,px3,py3,px4,py4,px5,py5,px6,py6,px7,py7,
  mi1,mi2,mi3,mi4,mi7,
  rx70,ry70,rx76,ry76,rx64,ry64,rx43,ry43,rx45,ry45,
  rx50,ry50,rx21,ry21,rx23,ry23,rx30,ry30,rx10,ry10,
  px_ur,py_ur:real;

begin

```

```

writeln('fi ksi');
xreld:=bd*(cb*cb+bd*bd-cd*cd)/(2*cb*bd);
yreld:=sqrt(sqr(bd)-sqr(xreld));
xrelf:=-df*(df*df+de*de-ef*ef)/(2*df*de);
yrelf:=sqrt(sqr(df)-sqr(xrelf));
fi:=0;
for i:=1 to m do begin
  { кинематический анализ }
  p1(xo,yo,oa,fi,woa,еoa,xa,ya,vxa,vya,axa,aya);
  p21(xa,ya,vxa,vya,axa,aya,ab,xc,yc,0,0,0,0,cb,0,
  xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb,wab,eab,wcb,ecb);
  point3(xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb,xc,yc,0,0,0,0,xreld,yreld,
  xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd);
  p22(xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd,de,xo,yo,0,0,0,0,alfa,0,0,0,
  xe,ye,vxe,vye,axe,aye,wde,ede);
  point3(xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd,xe,ye,vxe,vye,axe,aye,xrelf,yrelf,
  xf,yf,vxf,vyf,axf,ayf);
  p23(xg,yg,0,0,0,0,xf,yf,vxf,vyf,axf,ayf,
  xf1,yf1,vxf1,vyf1,axf1,ayf1,wgf1,egf1);
  angle(xg,yg,xf,yf,ksi);
  writeln(fi*180/pi:5:1,ksi*180/pi:7:1);

```

```

{ определение ускорений центров масс }
point3(xo,yo,0,0,0,0,xa,ya,vxa,vya,axa,aya,oa/2,0,
xs1,ys1,vxs1,vys1,axs1,ays1);
point3(xa,ya,vxa,vya,axa,aya,xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb,ab/2,0,
xs2,ys2,vxs2,vys2,axs2,ays2);
point3(xb,yb,vxb,vyb,axb,ayb,xc,yc,0,0,0,0,cb/2,0,
xs3,ys3,vxs3,vys3,axs3,ays3);
point3(xd,yd,vxd,vyd,axd,ayd,xe,ye,vxe,vye,axe,aye,de/2,0,
xs4,ys4,vxs4,vys4,axs4,ays4);
point3(xg,yg,0,0,0,0,xf1,yf1,vxf1,vyf1,axf1,ayf1,3,0,
xs7,ys7,vxs7,vys7,axs7,ays7);

```

```

{ определение сил инерции и моментов сил инерции }
px1:=-m1*axs1*k1; py1:=-m1*ays1*k1;
px2:=-m2*axs2*k1; py2:=-m2*ays2*k1;
px3:=-m3*axs3*k1; py3:=-m3*ays3*k1;
px4:=-m4*axs4*k1; py4:=-m4*ays4*k1;
px5:=-m5*axe*k1; py5:=-m5*aye*k1;
px6:=-m6*axf*k1; py6:=-m6*ayf*k1;
px7:=-m7*axs7*k1; py7:=-m7*ays7*k1;
mi1:=0; mi2:=-i2*eab*k1*k2;
mi3:=-i3*ecb*k1*k2; mi4:=-i4*ede*k1*k2;

```

mi7:=-i7*egf1*k1*k2;

{ силовой анализ }

with sila do

begin

x1:=xg*k2; y1:=yg*k2; x2:=xf*k2; y2:=yf*k2; fi3:=ksi;
f1x[1]:=px7; f1y[1]:=py7; xf1[1]:=xs7*k2; yf1[1]:=ys7*k2;
f2x[1]:=px6; f2y[1]:=py6; xf2[1]:=xf*k2; yf2[1]:=yf*k2;
m1:=mi7; m2:=0;

end;

ps23(sila, 1, 1, rx07, ry07, rx46, ry46, rx67, ry67);

with sila do

begin

x1:=xd*k2; y1:=yd*k2; x2:=xe*k2; y2:=ye*k2; fi3:=alfa;
f1x[1]:=px4; f1y[1]:=py4; xf1[1]:=xs4*k2; yf1[1]:=ys4*k2;
f1x[2]:=-rx46; f1y[2]:=-ry46; xf1[2]:=xf*k2; yf1[2]:=yf*k2;
f2x[1]:=px5; f2y[1]:=py5; xf2[1]:=xe*k2; yf2[1]:=ye*k2;
m1:=mi4; m2:=0;

end;

ps22(sila, 2, 1, rx34, ry34, rx45, ry45, rx05, ry05, xe1, ye1);

with sila do

begin

x1:=xa*k2; y1:=ya*k2; x2:=xc*k2; y2:=yc*k2; x3:=xb*k2; y3:=yb*k2;
f1x[1]:=px2; f1y[1]:=py2; xf1[1]:=xs2*k2; yf1[1]:=ys2*k2;
f2x[1]:=px3; f2y[1]:=py3; xf2[1]:=xs3*k2; yf2[1]:=ys3*k2;
f2x[2]:=-rx34; f2y[2]:=-ry34; xf2[2]:=xd*k2; yf2[2]:=yd*k2;
m1:=mi2; m2:=mi3;

end;

ps21(sila, 1, 2, rx12, ry12, rx03, ry03, rx32, ry32);

with sila do

begin

x1:=xo*k2; y1:=yo*k2; x2:=xa*k2; y2:=ya*k2;
fi3:=fi+pi/2; m1:=0;
f1x[1]:=px1; f1y[1]:=py1; xf1[1]:=xs1*k2; yf1[1]:=ys1*k2;
f1x[2]:=-rx12; f1y[2]:=-ry12; xf1[2]:=xa*k2; yf1[2]:=ya*k2;
end;

ps1(sila, 2, rx01, ry01, px_ur, py_ur);

writeln('px_ur=' , px_ur:7:2, ' py_ur=' , py_ur:7:2);

writeln;

fi:=fi+2*pi/m;

end;

end.

9 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭВМ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В САПР

Персональный компьютер (ПК, РС – Personal Computer) - устройство для программируемой обработки данных. РС позволяет проводить без участия человека сложные последовательности вычислительных операций.

Обычно персональные компьютеры состоят из устройств:

- системный блок (для размещения основных элементов компьютера);
- клавиатура (для ввода символов в компьютер);
- монитор (для отображения текстовой и графической информации).

9.1 Составные части и устройство ЭВМ. Основные технические характеристики

Корпус РС

В корпусе располагаются все основные узлы компьютера:

- электронные схемы, управляющие работой компьютера (микропроцессор, оперативная память, контроллеры устройств и т. д.);
- блок питания, преобразующий электропитание сети в постоянный ток низкого напряжения, подаваемый на электронные схемы компьютера;
- накопители (или дисководы) для гибких магнитных дисков, используемых для чтения и записи на гибкие магнитные диски (дискеты);
- накопитель на жестком магнитном диске, предназначенный для чтения и записи на несъемный жесткий магнитный диск (винчестер);
- различные устройства, подключаемые к компьютеру через специальные гнезда (разъемы), находящиеся обычно на задней стенке корпуса.

Типы корпусов

Slimline (тонкий) – по своему строению принадлежит к компактным корпусам. Они незаменимы там, где дорог каждый сантиметр рабочего стола. В таком корпусе использовано фактически все внутреннее пространство. И хотя конструкция корпуса экономит место, при необходимости замены составного элемента приходится разбирать практически весь системный блок.

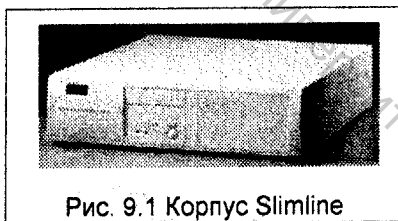


Рис. 9.1 Корпус Slimline

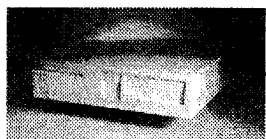


Рис.9.2 Корпус Desktop

Desktop (письменный стол) – до недавнего времени наиболее часто применяемый корпус. Самый большой недостаток – они занимают много места на рабочем столе. Как правило ширина таких корпусов около 45 см. а высота – около 20 см.

Tower (башня) – значительно экономит место на рабочем столе. В общем, это Desktop поставленный набок. Существует несколько модификаций таких корпусов отличающихся друг от друга по высоте: Mini-Tower (около 40 см. в высоту), Midi-Tower (около 50 см.), Big-Tower (около 60 см.).

Корпус типа ATX. В июле 1995 г. корпорацией Intel была предложена новая спецификация на конструкцию корпуса PC (и материнской платы). В настоящее время эта спецификация принята всеми ведущими производителями PC. Появление спецификации ATX обусловлено, с одной стороны, повышением требований к скорости работы процессора и, соответственно, теплорегулированию внутри корпуса, а также увеличению количества микросхем на материнской плате (появление систем all-in-one, то есть когда на материнской карте интегрированы видео и звуковые карты, контроллеры приводов и др.). С другой стороны, появились требования более удобного и простого доступа к внутренним элементам PC. Если вы открывали крышку корпуса PC и устанавливали новые компоненты (карты расширения, винчестер и др.), то наверняка столкнулись с массой неудобств: кабели периферийных устройств перекрывают доступ к модулям памяти, CPU блокирует возможность установки полноразмерных карт в слоты расширения и пр.

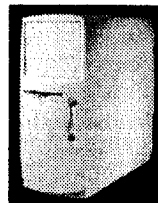


Рис 9.3 Корпус Tower

Согласно стандарту ATX материнская плата развернута на 90°, вследствие чего все слоты расширения становятся пригодными для использования полноразмерных плат, а CPU оказывается под блоком питания, и вентилятор блока питания дополнительно обдувает процессор.

- Внешне корпус ATX похож на корпус типа Desktop и Tower, однако:
- Корпус ATX оборудован новым блоком питания, отличающимся от своих предшественников размерами, конструкцией и наличием нового разъема для подключения к материнской плате
 - Все слоты расширения поддерживают полноразмерные платы

- Наличие интегрированных портов уменьшает количество кабелей и проводов внутри корпуса, что облегчает доступ к компонентам материнской платы

- Все порты ввода/вывода располагаются на одной стороне материнской платы в один ряд и выходят на заднюю стенку корпуса (здесь же могут размещаться видео, аудио и игровой порт)

- Разъемы интерфейсов дисководов и винчестеров расположены рядом с посадочными местами для 3,5" приводов, следовательно, можно использовать более короткие кабели

В настоящее время появилось большое количество ATX-корпусов типа Desktop, Mini-Tower, Tower.

Материнская плата

Материнская плата является основной составной частью каждого PC. Это самостоятельный элемент, который управляет внутренними связями и взаимодействует через прерывания с другими внешними устройствами. В этом отношении материнская плата является элементом внутри PC, влияющим на общую производительность компьютера. Супербыстрый винчестер или высокопроизводительная графическая карта несколько не



Рис.9.4 Материнская плата

смогут увеличить его производительность, если тормозится поток данных к материнской плате и от нее. Материнскую плату (Motherboard) также называют главной (Mainboard) или системной платой.

Размеры материнской платы нормированы. Также стандартизованы и отверстия внутри платы, которые соединяют ее с дном корпуса. Поэтому говорят не о размерах, а о типоразмерах материнских плат.

Существует восемь основных типоразмеров материнских плат:

- FullSize (устаревший)
- Baby-AT (стандартный)
- HalfSize (миниплата для Slimline корпуса)
- LPX (для корпусов с уменьшенной высотой и Slimline)
- Mini-LPX (для корпусов с уменьшенной высотой и Slimline)
- ATX (для корпусов ATX)
- Mini-ATX (для корпусов ATX с уменьшенной высотой)
- NLX (дальнейшее развитие стандарта ATX)

Chipset

Chipset - это набор микросхем, установленных на материнской плате для обеспечения работы CPU по обмену данными с периферийными устройствами. В настоящее время именно Chipset определяет как производительность, так и саму архитектуру материнской платы. Наиболее известные Chipset для материнских плат Pentium и Pentium Pro выпускаются фирмой Intel и имеют название Triton.

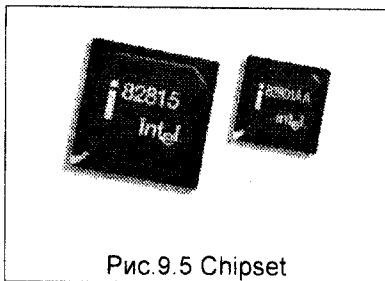


Рис.9.5 Chipset

ROM BIOS

Элемент ROM BIOS (Read Only Memory - память только для чтения, ПЗУ; Basic Input Output System базовая система ввода/вывода) часто называют просто BIOS. Аппаратно он представляет собой элемент памяти емкостью 64 Кб, установленный 28 ножками в разъем на материнской плате. Ведущими изготовителями ROM BIOS являются фирмы AMI, Award и Phoenix.

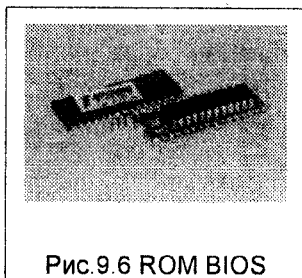


Рис.9.6 ROM BIOS

Функции, выполняемые системами BIOS одинаковы:

- Предоставляет операционной системе аппаратные драйверы и осуществляет сопряжение между материнской платой и остальными средствами PC; ROM BIOS должен соответствовать конкретной материнской плате
- Содержит тест проверки системы, так называемый POST (Power On Self Test), который при включении PC проверяет все важнейшие компоненты
- Содержит программу установки параметров BIOS и аппаратной конфигурации PC CMOS Setup (или просто Setup, служит для изменения опций конфигурации PC), а также некоторые возможные установки Chipset

Процессор

Стержень материнской платы — процессор, точнее главный процессор (Central Processing Unit, CPU). Подобные процессоры находятся не только в PC - в принципе процессором оборудована каждая современная стиральная машина или микроволновая печь. CPU регулирует, управляет и контролирует рабочий процесс. Однако

материнскую плату составляет, естественно, не только процессор. Он находится в постоянном взаимодействии с другими элементами материнской платы до тех пор, пока РС включен.

Конечно же, отличаются друг от друга

рынке - фирма Intel, была) "домашним" IBM -совместимых две фирмы: это Процессоры, как и



Рис.9.7 Процессор

схемы, получили обозначение типов. Для РС обозначение CPU начинается с 80, затем следуют две или три цифры, которые при необходимости дополняются буквами или цифрами, указывающими тактовую частоту процессора. Перед типом процессора чаще всего имеется сокращение, идентифицирующее изготовителя. i80486DX-50 обозначает, например, процессор типа 80486, изготовленный фирмой Intel и работающий с тактовой скоростью 50 МГц. Микросхемы фирмы Advanced Micro Devices обозначаются префиксом AMD, а процессоры Cyrix маркируются как CX. При запуске РС эти буквы появляются на экране монитора перед номером типа процессора. Процессоры других изготовителей, установленные не как CPU, уже трудно идентифицировать. Обозначение "80" перед именем процессора часто опускают. При этом под контекстом "386" понимают не только процессор 80386, но и все периферийные микросхемы, расположенные на материнской плате.

Производительность CPU характеризуется следующими основными параметрами:

- Степень интеграции (показывает количество транзисторов на единицу площади)
- Внутренняя и внешняя разрядность обрабатываемых данных (количество одновременно обрабатываемых бит)
- Тактовая частота (частота, с которой процессор выполняет определенные операции) (периодический сигнал, используемый для временного согласования всех синхронных операций в устройствах вычислительной машины)

Типы процессоров

Исходный вариант компьютера IBM PC и модель IBM PC XT использовали микропроцессор Intel-8088. В начале 80-х годов эти микропроцессоры выпускались с тактовой частотой 4,77 МГц, затем были созданы модели с тактовой частотой 8, 10 и 12 МГц. Модели с увеличенной производительностью (тактовой частотой) иногда называются TURBO-XT. Сейчас микропроцессоры типа Intel-8088

производятся в небольших количествах, и для использования не в компьютере, а в различных специализированных устройствах.

Модель IBM PC AT использует более мощный микропроцессор Intel-80286, и ее производительность приблизительно в 4-5 раз больше, чем у IBM PC XT. Исходные варианты IBM PC AT работали на микропроцессорах с тактовой частотой от 12 до 25 МГц, т. е. работающие в 2-3 раза быстрее. Микропроцессор Intel-80286 имеет несколько больше возможностей по сравнению с Intel-8088, но эти дополнительные возможности используются очень редко, так что большинство программ, работающих на AT, будет работать и на XT. Сейчас микропроцессоры типа Intel-80286 также считаются устаревшими и для применения в компьютерах не производятся.

В 1988-1991 гг. большая часть выпускаемых компьютеров была основана на достаточно мощном микропроцессоре Intel-80386, разработанным фирмой Intel в 1985 г. Этот микропроцессор (называемый также 80386DX) работает в 2 раза быстрее, чем работал бы 80286 с той же тактовой частотой. Обычный диапазон тактовой частоты 80386DX - от 25 до 40 МГц. Кроме того, фирмой Intel был разработан также микропроцессор Intel-80386SX, он ненамного до роже Intel-80286, но обладает теми же возможностями, что и Intel-80386, только при более низком быстро действии (приблизительно в 1, 5-2 раза).

Микропроцессор Intel-80386 не только работает быстрее Intel-80286, но и имеет значительно больше возможностей, в частности, он содержит мощные средства для 32-разрядных операций (в отличие от 16-разрядных 80286 и 8088).

Эти средства активно используются производителями программного обеспечения, поэтому многие выпускаемые сейчас программы предназначены для использования только на компьютерах с микропроцессорами модели Intel-80386 или более старшей.

При создании микропроцессора Intel-80386 фирма Intel рассматривала его как самый передовой микропроцессор, обеспечивающий достаточную производительность для большинства решаемых задач. Однако получившая широчайшее распространение начиная с 1990-1991 гг. операционная оболочка Windows фирмы Microsoft резко увеличила требования к вычислительным ресурсам компьютера, и во многих случаях работа Windows-программ на компьютере с микропроцессором Intel-80386 оказалась слишком медленной. Поэтому в течение 1991-1992 гг. большинство производителей компьютеров переориентировались на использование более мощного микро процессора Intel-80486 (или 80486DX). Этот микропроцессор мало отличается от Intel-80386, но его производительность в 2-3 раза выше. Среди его особенностей следует отметить встроенную кэш-память и встроенный математический сопроцессор. Фирмой Intel также разработаны более дешевый, но менее

производительный вариант -80486SX и более дорогие и более быстрые варианты -80486DX2 и DX4. Тактовая частота 80486 обычно находится в диапазоне 25-50 МГц, 80486DX2- 50-60 МГц, а DX4- до 100 МГц.

В 1993 г. фирмой Intel был выпущен новый микропроцессор Pentium (ранее анонсированный под названием 80586). Этот микропроцессор еще более мощен, особенно при вычислениях над вещественными числами. Как и Intel-80486, он содержит встроенный математический сопроцессор, причем значительно более эффективный, чем у Intel-80486. Для увеличения производительности в Pentium применены и другие усовершенствования: более быстрая и более широкая магистраль передачи данных (шина данных), большой размер встроенной кэш-памяти, возможность выполнения двух инструкций одновременно и т. д. Тактовая частота выпускаемых микропроцессоров Pentium - от 60 до 233 МГц. При этом микропроцессоры Pentium работают в 1,5-2 раза быстрее микропроцессоров типа 80486 с той же тактовой частотой, а для задач, требующих интенсивных вычислений над вещественными числами - в 3-4 раза быстрее.

В конце 1996 - начале 1997 годов Intel выпустила улучшенный процессор Pentium MMX (MMX - Multimedia Extension). Хотя внешне он мало отличается от своего предшественника, архитектура команд претерпела сильные изменения. В наборе инструкций микросхемы появилось 57 новых. Они предназначены для выполнения задач, связанных с обработкой аудио-, видео-, графических и телекоммуникационных данных.

Чтобы разместить в корпусе существующего Pentium новые возможности, компании пришлось пойти на некоторые компромиссы, а именно - процессоры с MMX не могут одновременно выполнять инструкции MMX и операции с плавающей запятой, так как и для MMX команд, и для чисел с плавающей запятой используются одни и те же регистры встроенного сопроцессора. А сделано это для сохранения полной совместимости Pentium MMX с существующим программным обеспечением. Это не такая уж большая проблема, поскольку сопроцессор используют немногие программы. Однако если найдутся приложения, требующие от процессора частого переключения между операциями с плавающей запятой и MMX, они будут выполняться на MMX - процессоре медленнее, чем на обычном процессоре с той же тактовой частотой.

Корпорация Intel 7 мая 1997 года официально представила процессор Pentium II. Выпускаются варианты процессора с тактовой частотой 233 МГц и 300 МГц, рассчитанные на питание 2.8 В. Главной новостью стало то, что Pentium II не совместим с существующими материнскими платами для Pentium. Новый процессор будет монтироваться в S.E.C-картридже (Single Edge Contact). Полностью закрытый корпус картриджа защищает компоненты, теплоотводящая пластина позволяет использовать любые радиаторы для пассивного или

активного теплоотвода. Благодаря этому тепловыделение для модели с тактовой частотой 233 МГц не превышает 38,2 Вт (для сравнения: Pentium 200МГц выделяет 37,9 Вт). Картридж S.E.C будет вставляться в разъем Slot 1, предложенный Intel в качестве нового технологического стандарта форм-фактора компоновки компьютера.

В январе 1999 г. корпорация Intel официально представила свой микропроцессор для PC Pentium III. По словам представителя компании Сета Уолкера, Pentium III должен продвинуть технологию вперед сразу на нескольких фронтах, включая тактовую частоту (первые модели процессора будут работать на частоте 450 и 500 МГц), обработку графики, скорость и надежность работы с Интернетом. План дальнейшего развития семейства изделий Pentium III предусматривает переход с технологической нормы 0,25 мкм на 0,18 мкм (рабочее название соответствующего микропроцессора — Coppermine). Переход с 0,25 мкм на 0,18 мкм приведет к повышению его производительности и снижению потребляемой мощности. Это позволит довести быстродействие кристаллов до 600 МГц и выше. Тактовая частота первых 0,25-мкм процессоров Pentium III составит 450 и 500 МГц. В процессор добавлены новые инструкции. Этот набор команд с кодовым названием Katmai New Instructions нацелен на повышение производительности обработки графики. Кроме того, он поможет ускорить работу приложений видео, аудио, распознавания речи и других подобных технологий. В марте 2001 г. Intel выпустила процессор Xeon 900 МГц - он стал последним членом семейства Pentium III. Этот процессор оснащен 2-Мбайт кэшем второго уровня, что повышает его производительность.

В ноября 2000 г. корпорация Intel подтвердила свое намерение выпустить микропроцессор Pentium 4 и объявила об планах перевода массовых настольных PC с Pentium III на Pentium 4 уже к концу 2001 года. Процессор Pentium 4 построен на основе микроархитектуры Intel NetBurst. Это первая принципиально новая микроархитектура процессоров для настольных ПК, разработанная фирмой за последние пять лет, с тех пор как в 1995 году был выпущен процессор Pentium Pro с микроархитектурой P6. В архитектуре NetBurst используется несколько новых технологий: гиперконвейерная технология (Hyper Pipelined Technology) с глубиной конвейера, вдвое превышающей таковую в Pentium III; ядро быстрого выполнения (Rapid Execution Engine), повышающее производительность при работе с целочисленными данными за счет работы на удвоенной тактовой частоте по сравнению с частотой основного ядра; и кэш-память с отслеживанием выполнения (Execution Trace Cache), хранящая уже «декодированные» команды; таким образом устраняется задержка при анализе повторно исполняемых участков кода.

Процессор Pentium 4 содержит 42 млн транзисторов на кристалле, снабжен кэш-памятью объемом 256 Кбайт и имеет 144 новые

инструкции — так называемые потоковые SIMD-расширения-2 (SSE2), ускоряющие обработку блоков данных с плавающей запятой. В качестве основы платформ на базе Pentium 4 применяется чипсет Intel 850. Это пока единственный набор микросхем на рынке, разработанный для нового процессора. Чипсет поддерживает двухканальную память Rambus Direct RAM (RDRAM) с пропускной способностью 1,6 Гбайт/с по каждому каналу и системную шину с тактовой частотой 400 МГц и пропускной способностью до 3,2 Гбайт/с. На самом деле тактовая частота системной шины равна 100, 133 МГц, а за один такт выполняется четыре операции (аналогичное решение применяется в AGP 4x). Intel также представила первую системную плату ATX D850GB для настольных ПК на базе нового чипсета. В настоящее время выпускаются 1.4-, 1.5-, 1.7- и более 2 ГГц версии Pentium 4. Они производятся по 0,18-микронной технологии.

Структура микропроцессора.

Микропроцессор-это полупроводниковое устройство, состоящее из одной или нескольких программно-управляемых БИС, включающих все средства, необходимые для обработки информации и управления, и рассчитанное на совместную работу с устройствами памяти и ввода-вывода информации.

Микропроцессор состоит из трех основных блоков:

- арифметически-логического
- блока регистров
- устройства управления

Арифметически-логическое устройство (АЛУ) - выполняет все арифметические и логические преобразования данных.

Устройство управления - электронный блок компьютера, включающий в работу устройства, блоки, электронные элементы и цепи в зависимости от содержания текущей команды.

Регистр - ячейка памяти в виде совокупности триггеров, предназначенных для хранения одного данного в двоичном коде.

Количество разрядов в регистре определяется разрядностью микропроцессора

Регистры общего назначения - образуют сверхоперативную и служат для хранения операндов участвующих в вычислениях, а также результатов вычислений.

Операндом называются - исходные данные, над которыми производятся различные действия в арифметическом устройстве.

Регистр команд - служит для хранения команды, выполняемой в текущий момент времени.

Счетчик команд - регистр, указывающий адрес ячейки памяти, где хранится следующая команда.

Стек (стековая память) - совокупность связанных между собой регистров для хранения упорядоченных данных. Первый выбирается из стека данное попавшее туда последним, и наоборот.

Сопроцессор

Для выполнения арифметических операций с плавающей точкой имеется специальный арифметический процессор, называемый сопроцессором. В отличие от CPU он не управляет системой, а ждет команду CPU на выполнение арифметических вычислений и формирование результатов. Согласно заявлениям фирмы Intel по сравнению с CPU арифметический сопроцессор может уменьшить время выполнения арифметических операций, таких как умножение и возведение в степень, на 80% и более. Скорость выполнения сложения и вычитания, как правило, остается без изменения.

Сопроцессор является только обиходным названием для этого чипа. Полностью он называется математическим сопроцессором или Numeric Processing Unit (NPU) или Floating Point Processing Unit (FPU).

Наличие сопроцессора на материнской плате не является обязательным, поэтому на его месте может оказаться пустой разъем для дальнейшей установки сопроцессора. Исключением являются все CPU 486DX и выше - здесь сопроцессор интегрирован прямо в CPU.

В первую очередь область применения сопроцессоров - научно-технические приложения, связанные с выполнением большого количества арифметических операций. Однако это не является ограничением использования. Обычно NPU ускоряет работу любой программы - даже программы обработки текстов, так как работа с текстовыми блоками и модулями требует сложных вычислений. Также сопроцессор существенно ускоряет обработку графических изображений и выполнение программ CAD.

Оперативная память

Элементы памяти составляют основу внутреннего функционирования любой вычислительной системы, так как с их помощью данные хранятся и могут быть вновь прочитаны при дальнейшей обработке.

Чтобы CPU мог выполнять программы, они должны быть загружены в оперативную память (в область памяти, доступную для программ пользователя). CPU имеет непосредственный доступ к данным, находящимся в оперативной памяти (Random Access Memory, RAM - память с произвольным доступом, ОЗУ), с другой же - "периферийной", или внешней, памятью (гибкими и жесткими дисками) процессор работает через буфер,

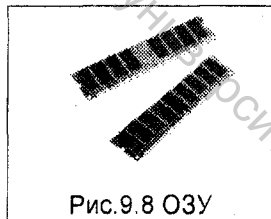


Рис.9.8 ОЗУ

являющийся разновидностью оперативной памяти, недоступной пользователю. Только после того, как программное обеспечение будет считано в RAM с внешнего носителя данных, возможна дальнейшая работа системы в целом. Оперативная память представляет собой самую быструю запоминающую среду компьютера. Принципиально имеет значение то, что информация может быть как записана в нее, так и считана.

Оперативная память имеет свои достоинства и недостатки:

- Благодаря малому времени доступа к памяти скорость обработки данных существенно возрастает. Если бы информация считывалась только с внешних носителей, то пользователь проводил бы в ожидании завершения выполнения той или иной операции много времени

- Недостатком оперативной памяти является то, что она является временной памятью. При отключении питания оперативная память полностью "очищается", и все данные, не записанные на внешний носитель, будут навсегда потеряны

Оперативная память принадлежит к категории динамической памяти, т. е. ее содержимое во время эксплуатации должно "освежаться" через определенные интервалы времени.

Запоминающим элементом динамической памяти является конденсатор, который может находиться в заряженном или разряженном состоянии. Если конденсатор заряжен, то в ячейку записана логическая 1. Если конденсатор разряжен, то в ячейку записан логический 0. В идеальном конденсаторе заряд может сохраняться неопределенно долго. В реальном конденсаторе существует ток утечки, поэтому записанная в динамическую память информация со временем будет утрачена, так как конденсаторы запоминающих элементов через несколько миллисекунд полностью разрядятся. Во избежание потери информации существует процесс регенерации памяти (Refresh).

Оперативная память представляет собой плату (за исключением старых моделей PC, где микросхемы устанавливались прямо в материнскую плату), длиной около 8-и см., на которой размещены микросхемы DRAM (Dynamic RAM). Такая плата называется модулем и устанавливается в соответствующие слоты материнской платы. Наибольшее распространение в последнее время получили DIMM-модули. Также имели место SIP и SIMM-модули. Модули вставляются в специально предназначенные для них слоты на материнской плате, называемые банками (Banks).

Важной характеристикой (помимо объема) оперативной памяти является время доступа, которое характеризует интервал времени, в течение которого информация записывается в память или считывается из нее. Время доступа для внешних носителей, таких как гибкий или жесткий диски, выражается в миллисекундах, а для элементов памяти оно измеряется наносекундами.

Логическое распределение оперативной памяти

Логическое распределение оперативной памяти определяется не только применяемой операционной системой, но и особенностями аппаратной реализации IBM-совместимых PC.

Можно выделить три важнейшие логические области оперативной памяти:

- Стандартная оперативная память (Conventional Memory) Важнейшая область памяти (первые 640 Кб). В ней расположена большая часть всех прикладных программ и данных.

- UMA (Upper Memory Area) Здесь находится информация, которая служит для сопряжения прикладных программ с различными картами расширений. (384 Кб расположенные между 640Кб и 1Мб)

- XMS (Extended Memory Specification) Вся память выше 1Мб. Используется Windows-приложениями

Группа технических средств (ТС) подготовки и ввода данных

Назначение: автоматизация подготовки, ввода, первичной обработки и редактирования исходных и нормативно-справочных данных для АП, а также для ввода запросов и директив САПР. ТС подготовки и ввода данных должны обеспечивать кодирование информации, нанесение данных на машинные носители и визуальный контроль и редактирование данных.

Устройства:

1. Подготовки данных на машинных носителях (перфоносителях, магнитных носителях, микрофишах).
2. Ввода данных с машинных носителей (с микрофишей, ЗУ на МЛ и МД)
3. Ввода графической информации (дигитайзеры, плоттеры)
4. Клавиатура.

Группа ТС передачи данных

Назначение: обеспечение дистанционной связи средств САПР по каналам связи.

Обеспечивают: передачу данных между удаленными компонентами САПР по телефонным, телеграфным каналам связи.

Устройства:

1. Аппаратура передачи данных (модемы, устройства преобразования сигналов, устройства защиты от ошибок)
2. Аппаратура сопряжения и концентрации (устройства дистанционной связи, адаптера, мультимплексора передачи данных, процессора телеобработки данных)

Группа ТС программной обработки данных

Назначение: обеспечение приема цифровых данных, их программной обработки, накопления и вывода на машинные носители, устройства

отображения и каналы связи.

Обеспечивают: разработку и эксплуатацию ПО САПР, изменение производительности труда путем замены и наращивания ЭВМ

Устройства:

1. ЭВМ общего назначения (микро-ЭВМ, персональные, малые, средние, большие и сверхбольшие)
2. Специализированные ЭВМ
3. Микропроцессоры

Группы ТС отображения и документирования данных

Назначение: оперативное представление проектных решений и запрашиваемых данных, вывода проектной документации.

Обеспечивают: выпуск документов на печатающих и графических устройствах.

Устройства:

1. Устройства визуального отображения информации (алфавитно-цифровые и графические дисплеи, планшет и табло отображения информации)
2. Устройства вывода информации на бумагу (устройства печати, регистрирующие устройства)
3. Устройства вывода информации на микрофильмы и микрофиши.
4. Устройства вывода специального назначения (фотонаборные устройства)
5. Устройства вывода на машинные носители записи (перфоносители, магнитные носители)

Группа ТС архива проектных решений

Назначение: обеспечение хранения, контроля, восстановления и размножения данных о проектных решениях САПР, а также справочных данных (в том числе нормативно-справочной документации).

Устройства:

1. Устройства автоматизированного доступа к микрофильмированным документам.
2. Устройства тиражирования микрофильмированных документов.

Группа ТС оргтехники и оформления документации

Назначение: облегчение и рационализация труда проектировщиков.

Устройства:

1. Шкафы, стеллажи, столы, и т.д.
2. Копировально-множительное, переплетно-брошюровочное оборудование и т.д.

Программно-технические комплексы (ПТК).

Представляют собой взаимосвязанную совокупность программно-методических комплексов с комплексами и компонентами ТС.

ПТК содержит компоненты:

- центрального вычислительного комплекса (ЦВК).

- автоматизированные рабочие места (АРМ).

ЦВК представляет собой ПТК, предназначенный для объединения действий совокупности АРМ в единый процесс проектирования, хранения и предоставления общесистемной информации, а также для дополнения вычислительных мощностей отдельных АРМ.

АРМ представляет собой ПТК, предназначенные для выполнения следующих функций:

- оперативного ввода, вывода, отображения, редактирования и преобразования текстовой и графической информации;
- настройки, редактирования, контроля и исполнения программ пользователей в диалоговом режиме;
- формирование архива проектных решений и библиотеки стандартных элементов и процедур (меню);
- осуществление взаимодействия с другими АРМ и, при необходимости, с ЦВК;
- дополнения проектных структур.

По принципу взаимодействия между собой различают независимые АРМ и локальные вычислительные сети АРМ.

9.2 Режимы работы вычислительных средств (ВС)

В зависимости от ряда признаков различают следующие режимы работы ВС:

- однопрограммные и многопрограммные (в зависимости от количества программ, одновременно находящихся в оперативной памяти);
- индивидуального и коллективного пользования (в зависимости от числа пользователей, которые одновременно могут использовать ресурсы ВС);
- с пакетной обработкой и разделением времени (в зависимости от организации и обработки заданий);
- однопроцессорные, многопроцессорные и многомашинные (в зависимости от числа процессоров);
- сосредоточенные, распределенные (вычислительные сети) и ВС с теледоступом (в зависимости от территориального расположения и взаимодействия технических средств);
- работающие или не работающие в режиме реального времени (в зависимости от соотношения скоростей поступления задач в ВС и их решения);
- универсальные, специализированные и проблемно-ориентированные (в зависимости от назначения).

Мультипрограммирование - это режим обработки данных, при котором ресурсы вычислительной системы предоставляются каждому процессу из группы процессов обработки данных, находящихся в ВС, на интервалы времени, длительность и очередность предоставления

которых определяется управляющей программой этой системы с целью обеспечения одновременной работы в интерактивном режиме.

Режим реального времени - режим обработки данных, при котором обеспечивается взаимодействие вычислительной системы с внешними по отношению к ней процессами в темпе, соизмеримом со скоростью протекания этих процессов. Этот режим обработки данных широко используется в системах управления и информационно-поисковых системах.

Аппаратные средства ЭВМ совместно с программным обеспечением образуют ВС. В зависимости от класса ЭВМ и вида операционной системы ВС могут работать в режимах однопрограммном и мультипрограммном. В однопрограммном режиме работы в памяти ЭВМ находится и выполняется только одна программ. Такой режим обычно характерен для микро-ЭВМ и персональных ЭВМ, то есть для ЭВМ индивидуального пользования.

В мультипрограммном (многопрограммном) режиме работы в памяти ЭВМ находится несколько программ, которые выполняются частично или полностью между переходами процессора от одной задачи к другой в зависимости от ситуации, складывающейся в системе. В мультипрограммном режиме более эффективно используются машинное время и оперативная память, так как при возникновении каких-либо ситуаций в выполняемой задаче, требующих перехода процессора в режим ожидания, процессор переключается на другую задачу и выполняет ее до тех пор, пока в ней не возникает подобная ситуация, и т.д. При реализации мультипрограммного режима требуется определять очередность переключения задач и выбирать моменты переключения, чтобы эффективность использования машинного времени и памяти была максимальной. Мультипрограммный режим обеспечивается аппаратными средствами ЭВМ и средствами операционной системы. Он характерен для сложных ЭВМ, где стоимость машинного времени значительно выше, чем у микро-ЭВМ. Разработаны также мультипрограммные ОС, позволяющие одновременно следить за решением нескольких задач и повышать эффективность работы пользователя.

В зависимости от того, в каком порядке при мультипрограммном режиме выполняются программы пользователей, различают режимы пакетной обработки задач и коллективного доступа. В режиме пакетной обработки задачи выстраиваются в одну или несколько очередей и последовательно выбираются для их выполнения.

В режиме коллективного доступа каждый пользователь ставит свою задачу на выполнение в любой момент времени, то есть для каждого пользователя в такой ВС реализуется режим индивидуального пользования. Это осуществляется обычно с помощью квантования машинного времени, когда каждой задаче, находящейся в оперативной памяти ЭВМ, выделяется квант времени. После окончания кванта

времени процессор переключается на другую задачу или продолжает выполнение прерванной в зависимости от ситуации в ВС. Вычислительные системы, обеспечивающие коллективный доступ пользователей с квантованием машинного времени, называют ВС с разделением времени.

9.3 Типы ЭВМ и их технические параметры

Развитием типовых вычислительных комплексов для использования в САПР явилось создание проблемно-ориентированных вычислительных комплексов - автоматизированных рабочих мест (АРМ). Создавались они на базе мини-ЭВМ М-400, а затем на базе ЭВМ типа СМ-3 и "Электроника 100-25" с достаточно широким набором периферийных устройств (ПУ), включая различные средства оперативной связи инженера с ЭВМ и машинной графикой.

Предполагалось, что инженер будет использовать все средства АРМ монопольно. Однако экономическая эффективность использования таких комплексов технических средств (КТС) была низкой из-за высокой стоимости АРМ, малой скорости загрузки большинства ПУ и ограниченных возможностей программного обеспечения.

Быстрый прогресс в области развития мини- и микро-ЭВМ, а также стремление повысить среднюю загрузку ПУ привели к созданию многотерминальных АРМ высокого поколения и простых АРМ на базе микро-ЭВМ.

Многотерминальные АРМ второго поколения создавались на базе более современных мини-ЭВМ типа СМ-4, СМ-1420 и "Электроника-79" и предназначались для обслуживания группы инженеров, использующих ресурсы АРМ в мультипрограммном режиме.

АРМ второго поколения, создаваемые на базе микро-ЭВМ, обладают теми же вычислительными возможностями, что и АРМ первого поколения. Оснащение их ограниченным набором недорогих ПУ и низкая стоимость микро-ЭВМ позволили создать недорогие КТС в виде рабочих мест проектировщика (РМП), монопольное использование которых инженером экономически оправдано. Такие РМП имеют много общего с персональными ЭВМ, поскольку также устанавливаются на рабочем месте инженера и служат для автоматизации инженерного труда.

Предельная сложность задач, решаемых КТС САПР, определяется характеристиками базовой ЭВМ.

С помощью РМП реализуется оперативное взаимодействие инженера с ЭВМ при ограниченных возможностях по объему вводимой или выводимой информации и низкой сложности решаемых задач. РМП можно использовать автономно при решении несложных задач, однако более полно их возможности проявляются в составе многоуровневых КТС.

Инженерные рабочие станции оснащаются большим набором дорогостоящих ПУ и достаточно мощными ЭВМ, что позволяет вводить, отображать и документировать большие объемы информации, представленной в различной форме. Используя вычислительные возможности информационных систем, можно реализовать мультипрограммный режим, решать задачи АП, простых технологических объектов на уровне подразделений проектной организации.

Широкое распространение персональных ЭВМ, как базовых при создании РМП и АРМ индивидуального пользования стимулировало быстрый рост параметров этого класса ЭВМ и производство недорогих периферийных устройств с достаточно высокими техническими параметрами. Повышение сложности решаемых задач и широкое использование графического диалога потребовали повышения производительности персональных ЭВМ на десятки млн. опер./сек. и привели к появлению нового класса ЭВМ - персональных супер-ЭВМ (например, ЭВМ типа PSC фирмы Culler с производительностью до 18 млн. опер./сек.). Новое поколение персональных ЭВМ создается на базе семейств 32-разрядных микропроцессоров типа Intel 80386, M 68020 и т. п. Часто в состав этих ЭВМ входят различные специализированные процессоры для преобразования графической информации, выполнения операций с плавающей точкой и др. АРМ на базе подобных ЭВМ, оснащенных комплексом различных ПУ, по своим возможностям не уступают многотерминальным АРМ второго поколения при существенно меньшей стоимости, что делает их весьма перспективными для пользования КТС САПР.

10 ВНЕШНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭВМ

Помимо оперативной памяти, компьютеру необходима дополнительная память для долговременного размещения данных. Такие устройства называются ВЗУ (внешние запоминающие устройства). К ним относятся накопители на магнитной ленте, накопители на дискетах, винчестеры, CD-ROM, магнитооптические диски.

10.1 Основные параметры ВЗУ

Время доступа к информации для этих запоминающих устройств составляет миллисекунды, а для элементов оперативной памяти — наносекунды.

При правильной эксплуатации накопителей данные, которые на них размещены, будут доступны в течение длительного времени и возможен обмен данными между компьютерами.

Все приводы PC не могут самостоятельно управлять обменом данных. В качестве посредника между приводом и PC используется специальный контроллер.

10.2 Накопители на гибких магнитных дисках

Дисководы (Floppy Disk Drive, FDD) являются старейшими периферийными устройствами PC. В качестве носителя информации в них применяются дискеты (Floppy) диаметрами 3,5" и размерами 5,25". Дискета представляет собой гибкий лавсановый диск, на который нанесено магнитное покрытие.

Информация на дискете запоминается путем изменения ее намагниченности. Изменение поля ориентирует магнитные частицы дискеты в направлении север-юг или юг—север. Так представляются логические состояния "1" или "0".

Дискеты различаются друг от друга по своей емкости, то есть количеству информации, которое на них можно записать.

Трехдюймовые дискеты чаще всего имеют емкость 1,44 Мбайта, хотя встречаются старые дискеты емкостью 720 Кбайт.

Пятидюймовые дискеты чаще всего имеют емкость 360 Кбайт (обозначение - Double Side /Double Density, DS/DD) или 1,2 Мбайта (Double Side/High Density, DS/HD).

Однако дискеты не предоставляют свой теоретический объем полностью в наше распоряжение. Операционная система с целью манипулирования данными должна резервировать определенные области. Нулевая дорожка нулевой стороны первого сектора - это так называемый Boot-сектор (загрузочный). В этом месте загрузочной (системной) дискеты, содержащей компоненты операционной системы, находится программа для загрузки системы. Таблица размещения файлов FAT (File Allocation Table) помещается два раза подряд (с копией) и требует также определенное количество секторов. Эта таблица необходима для того, чтобы система могла узнать, какая

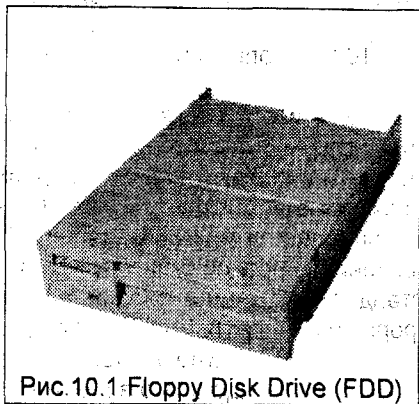


Рис.10.1 Floppy Disk Drive (FDD)

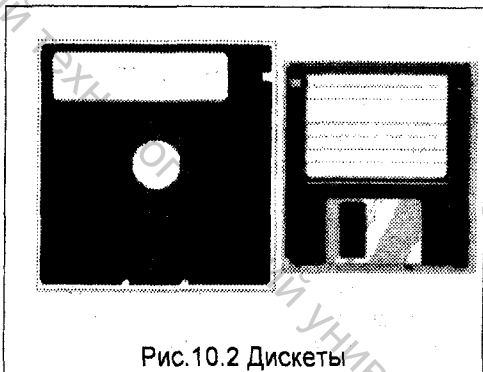


Рис.10.2 Дискеты

информация располагается на дискете и в каких областях она находится. Таким образом, FAT содержит как бы описание дискеты. В FAT отмечается каждое изменение состояния данных дискеты.

Дискеты являются ненадежными устройствами хранения информации. Дискеты могут быть легко повреждены, что приводит к потере информации, и обладают небольшой емкостью.

10.3 Накопители на жестких магнитных дисках

Накопители на жестких дисках (Hard Disk Drive) так называемые – винчестеры. По сравнению с дискетами имеют несколько преимуществ: объем записываемой информации многократно превосходит возможности гибких дисков. Скорость чтения/записи также намного больше, высокая надежность. HDD существуют в виде внутренних и внешних (переносных) устройств. Физические размеры винчестеров стандартизированы параметром, называемым форм-фактор. HDD с форм-фактором 3,5" имеют стандартные размеры корпуса 41.6x101x146 мм. Также они имеют несколько стандартных значений высоты 2,6", 1", 3/4", 0,5". Чаще всего в компьютерах используются винчестеры 3,5", 1" в высоту (Slimline). Существуют несколько типов винчестеров: MFM, RLL, ESDI, IDE и SCSI.

MFM, RLL, ESDI-винчестеры сегодня уже не устанавливаются в PC. Они использовались на машинах типа XT и 286AT. ESDI принадлежали к первым HDD достигшим емкости 100 Мб, и использовались на сетевых серверах и высокоскоростных устройствах.

IDE (Integrated Drive Electronics) - главное отличие от предыдущих типов выражается в том, что управляющая электроника расположена не в контроллере, а на винчестере. Это преимущество проявляется при приеме и передаче информации, в таких устройствах оптимально согласованы прием и передача сигналов. IDE HDD обрабатывают данные совместно с шиной ввода/вывода, поэтому частота тактового сигнала шины должна соответствовать быстродействию HDD.

SCSI-винчестеры имеют самую высокую скорость обмена данными.

Их основные характеристики сопоставимы с IDE-винчестерами, они различаются тем, что SCSI-винчестеры могут хранить большие объемы информации за счет высокой скорости обмена данными, в то время как объем IDE-винчестеров ограничен их производительностью.

Первый винчестер, также называемый накопителем на жестких дисках (Hard Disk Drive, HDD), установленный в PC, имел

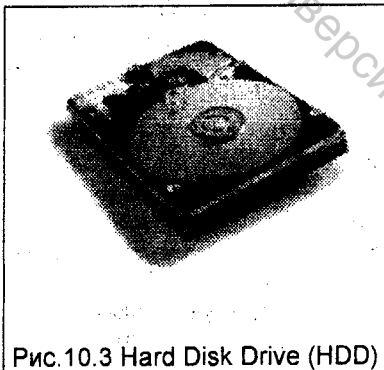


Рис.10.3 Hard Disk Drive (HDD)

"колоссальную" емкость 10 Мб, а еще недавно PC были оснащены стандартными винчестерами Seagate ST225 емкостью 21 Мб. В настоящее время уже возможно приобрести винчестеры емкостью 70 и более Гб.

В принципе жесткие диски подобны дискетам. В них информация также записывается на магнитный слой диска. Однако этот диск, в отличие от дискет, сделан из жесткого материала, чаще всего алюминия (отсюда и название Hard disk). В корпусе из прессованного алюминия (41,6*101*146) объединены такие элементы винчестера, как управляющий двигатель, носитель информации (диски), головки чтения/записи и электроника.

Рабочий двигатель приводит во вращение диски. Для каждого диска имеется пара головок, которые позиционируются и приводятся в движение шаговым двигателем, и считывают информацию.

Опасность для винчестеров представляют удары, тряска и перемещение во время процесса считывания/записи. Такие механические воздействия приводят к повреждению головкой поверхности диска.

10.4 Накопители на оптических дисках

CD (Compact Disk - компакт-диск), пришедшие из области аудиоаппаратуры, были модифицированы для применения в PC и в настоящее время уже уверенно вошли в стандартную комплектацию современных компьютеров.

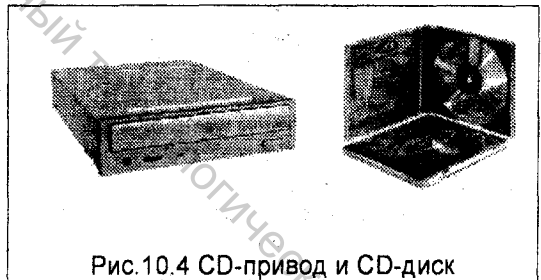


Рис.10.4 CD-привод и CD-диск

CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) имеет ряд достоинств и недостатков:

- По сравнению с винчестерами CD значительно надежнее в транспортировке
- CD-ROM имеет огромную емкость. Объем данных достигают 500-700 Мб
- CD-ROM практически не изнашивается (при соответствующей эксплуатации)
- Основной недостаток относится к методам обработки информации. CD-ROM является накопителем, предназначенным только для чтения данных - носитель не позволяет записывать информацию на него (необходим пишущий CD-WORM - Write once-Read many)

Приводы CD-ROM работают не так, как все описанные выше электромагнитные носители информации. При записи компакт-диск обрабатывается лазерным лучом (без механического контакта), выжигая тот участок, который хранит логическую единицу, и оставляет нетронутым тот участок, который хранит логический нуль. В результате чего на поверхности CD образуются маленькие углубления.

Компакт-диск представляет собой металлизированный пластмассовый диск диаметром 110 мм и толщиной 1,2 мм. На верхнюю сторону наносится светоотражающий алюминиевый слой, который покрыт защитным лаком для предотвращения повреждений.

CD-WORM (Write once-Read many) дают возможность однократной записи информации на CD. Такие CD, в основном, применяются там, где однократно должны запоминаться большие объемы данных и потом уже не изменяться, например, для целей архивации.

Устройства записи CD-WORM, или CD-ROM-Recorder, "прожигают" чистые диски CD-ROM, нанося на них до 650 Мб данных (74 минуты звучания цифрового аудио).

После этого CD-ROM можно использовать в любом стандартном приводе CD-ROM. С помощью CD-ROM-Recorder можно создавать собственные аудиодиски, делать резервные копии винчестера и т.д.

DVD (Digital Video Disk) – диски, которые сменяют CD-ROM, первоначально разрабатывались для домашнего видео. Отличаются тем, что могут хранить объем данных многократно превышающий возможности компакт дисков (от 4,7 до 17 Гб.). Уровень качества звука и изображения хранимого на DVD приближен к студийному качеству. В накопителях DVD используется более узкий луч лазера, чем в CD-ROM, поэтому толщина защитного слоя диска была снижена в 2 раза, что привело к появлению двухслойных дисков.

Магнитооптические накопители (Magneto-Optical) представляют собой накопитель информации, в основу которого положен магнитный носитель с оптическим управлением. Поверхность магнитооптического диска покрыта сплавом, свойства которого меняются как под воздействием тепла, так и под воздействием магнитного поля. Если нагреть диск сверх некоторой температуры, то становится возможным изменение магнитной поляризации посредством небольшого магнитного поля. На этом свойстве основаны технологии чтения записи магнитооптических дисков. MO диски могут быть односторонними 3,5" емкости 128, 230, и 640 Мб. Двухсторонними 5,25" емкостью 600 Мб. – 2,6 Гб. 2,5" диски Mini Disk Data фирмы Sony, созданы специально для аудиоустройств, имеют емкость 140 Мб. 12" диски для однократной записи емкостью 3,5 – 7 Гб. Большое распространение получили при построении оптических библиотек.

10.5 Накопители на магнитных лентах

Накопители на магнитной ленте (стримеры) В качестве носителя информации в них применяется магнитная лента. Они могут быть в виде внешнего и внутреннего устройства. Стримеры в основном используются для архивирования и резервного копирования больших объемов данных на компактном носителе. К их недостаткам относится малая скорость передачи данных, значительно ниже, чем у винчестеров и сменных жестких дисков. Поэтому стримеры можно рекомендовать только для резервного копирования больших объемов информации. Существуют стандарты: QIC, TRAVAN, DDS, DAT и DLT.

QIC (Quarter Inch Cartridge) отличается низким быстродействием, так как подключается к интерфейсу накопителей на гибких дисках. Существуют кассеты объемом от 40 Мб до 13 Гб. TRAVAN разработан на основе QIC, в зависимости от объема информации, на которую рассчитана кассета (400-4000 Мб) использует контроллер накопителя на магнитных дисках или SCSI-2 (для кассет объемом 4000 Мб). DSS (Digital Data Storage) и DAT (Digital Audio Tape) стандарты разработаны фирмой Sony и используются для цифровой аудио и видео записи. DLT – самый современный стандарт, появился в середине 90-х годов. Накопители, использующие эту технологию, могут хранить 20-40 Гб данных. Суммарная емкость ленточных библиотек построенных на основе DLT-кассет может достигать 5 Тб.

11 УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ И СОПРЯЖЕНИЯ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ

Предназначены для ввода и вывода информации в компьютер и от компьютера. К устройствам ввода относятся клавиатура, мышь, а так же другие диалоговые устройства. К устройствам вывода относятся монитор, печатающие устройства, графопостроители и т. д.

11.1 Устройства ввода информации

Клавиатура

Клавиатура (Keyboard) предназначена для ввода в компьютер информации от пользователя.

Клавиатура, несмотря на сильную конкуренцию со стороны мыши, является основным устройством ввода. Ее главенствующее положение навряд ли изменится до тех пор, пока не будет создана надежная и недорогая система распознавания человеческой речи.

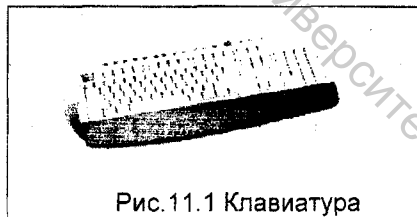


Рис. 11.1 Клавиатура

Клавиатура с пластмассовыми штырями

Для изготовления таких клавиатур используется пластмасса и резина. Нажатие клавиши на такой клавиатуре часто вызывает ощущение исключительной мягкости. Если не смотреть на экран, то неизвестно, нажата клавиша или нет. Другой недостаток этих клавиатур - вибрация, которая вызывает эффект многократного размыкания контакта клавиши, если она нажимается неправильно. Таким образом, легко может получиться так, что при нажатии клавиши соответствующий символ отображается на экране несколько раз. Для устройства, на котором печатают "вслепую" или с высокой скоростью, это крайне нежелательный побочный эффект.

Клавиатура со щелчком

Описанные выше явления отсутствуют в клавиатуре со щелчком. При нажатии клавиши на такой клавиатуре механическое сопротивление клавиши тем больше, чем глубже она нажимается. Для преодоления этого сопротивления нужно затратить определенную силу, после чего клавиша идет очень легко. Таким образом обеспечивается однозначный контакт.

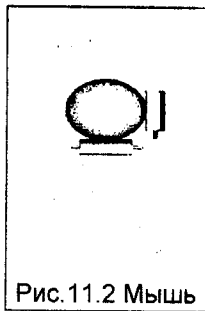
Нажатие и отпускание клавиши сопровождается щелчком, отсюда и название. Клавиатуры со щелчком предпочтительнее клавиатур без щелчка, потому что в этом случае можно быть уверенным в обеспечении относительно "чистого" нажатия на клавишу.

Для подключения клавиатуры используется кабель длиной около 1 м., имеющий 5-ти контактный DIN-разъем или 6-ти контактный Mini-DIN (PS/2).

Клавиатура является одним из важнейших устройств, определяющим условия комфортабельной работы на PC. Главным элементом в клавиатуре являются клавиши. При покупке клавиатуры следует тщательно опробовать их работу, чтобы определить, удовлетворяет ли "механика" клавиатуры вашим индивидуальным требованиям. Практически неважно, какие материалы используются для корпуса клавиатуры и клавиш. Это может быть как пластмасса, так и металл. Цвет и другие аспекты с функциональной точки зрения не так важны, как используемая механика клавиатуры.

Мышь

Наряду с клавиатурой мышь является важнейшим средством ввода информации в компьютер. Мышь представляет собой небольшую коробочку с несколькими кнопками, легко уместящуюся в ладони. Обычно выпускаются мыши с двумя-тремя кнопками, но специальные модели имеют больше трех кнопок (например Internet mouse). Вместе с проводом для подключения к компьютеру это устройство действительно напоминает мышь с хвостом. Некоторые прикладные программы рассчитаны только на работу с мышью, но допускают замену мыши командами вводимыми с клавиатуры.



Для оптимального функционирования мышь должна передвигаться по плоской поверхности - обычно применяются специальные коврики (Mouse pad).

Оптико-механическая мышь

Несмотря на название, это самая обычная мышь. Движения, содержащегося внутри, металлического шарика покрытого резиной, регистрируются двумя пластмассовыми валиками, расположенными под прямым углом друг к другу (ось X и Y). Эти валики на конце имеют диск с растровыми отверстиями (подобие колеса со спицами). При перемещении мыши по коврику шарик приводит в движение соприкасающиеся с ним валики с дисками. Каждый диск расположен между источником света и фоточувствительным элементом, которые по порядку освещения фоточувствительных элементов и определяют направление и скорость движения мыши.

Оптическая мышь

Оптическая мышь работает по принципам, схожим с работой оптико-механической мыши, только перемещение мыши регистрируется не механическими валиками. Оптическая мышь посылает луч на специальный коврик. Этот луч после отражения от коврика поступает в мышь и анализируется электроникой, которая в зависимости от типа полученного сигнала определяет направление движения мыши, основываясь либо на углах падения света, либо на специальной подсветке. Преимущество такой мыши - достоверность и надежность. Уменьшение количества механических узлов приводит к увеличению ее срока службы.

Инфракрасные мыши

Крестными отцами инфракрасной мыши стали телевизоры, видеомагнитофоны и т. п. с дистанционным управлением. Рядом или на компьютере установлен приемник инфракрасного излучения, который кабелем соединяется с РС. Движение мыши регистрируется при помощи уже известной механики и преобразуется в инфракрасный сигнал, который затем передается на приемник. Преимущество свободного передвижения несколько снижается имеющимся при этом недостатком. Для безупречной передачи инфракрасного сигнала всегда должен быть установлен "зрительный" контакт между приемником и передатчиком. Нельзя загромождать излучатель такой мыши книгами, теплопоглощающими или другими материалами, так как при малой мощности сигнала мышь будет не в состоянии передать сигнал на РС. Инфракрасные мыши оборудуются аккумулятором или обычной батареей.

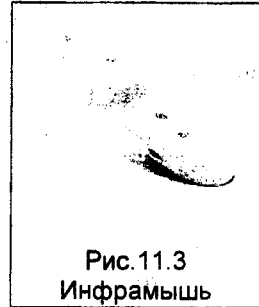


Рис. 11.3
Инфраммышь

Радиомышь

Более интересной альтернативой является передача информации от мыши посредством радиосигнала. При этом необходимость в зрительном контакте между приемником и передатчиком отпадает. Работа таких мышей может быть нарушена внешними помехами.

Трекбол

По принципу действия трекбол (Track ball) лучше всего сравнить с мышкой, которая лежит на столе "брюшком" вверх.

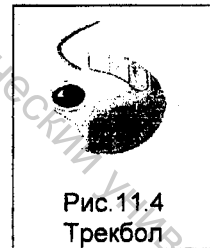


Рис. 11.4
Трекбол

Существует два основных способа подключения мышей (проводных): через последовательный порт - 9-ти контактный Sub-D разъем и через 6-ти контактный разъем PS/2.

11.2 Устройства вывода информации

Монитор

Монитор РС является важнейшим устройством отображения текстовой и графической информации. Мониторы бывают цветными и

монохромными. Они могут работать в двух режимах: текстовом или графическом.

Цифровые (TTL) мониторы

Термин TTL (Transistor Transistor Logic - транзисторно-транзисторная логика) обозначает стандартную серию цифровых микросхем, применяемых в электронной технике. И как всегда, когда речь идет о цифровой технике, читается, что сигналы имеют только два состояния: логической 1 и логического 0 ("да" и "нет").

Монохромные мониторы

Когда речь идет о TTL-мониторах, то чаще всего подразумевают монохромные мониторы, сигналы управления которыми формируются графическими картами стандартов MDA или Hercules. Уже из самого понятия монохромный ясно, что точка на экране может быть только светлой или темной. В лучшем случае точки могут различаться еще и своей яркостью.

Hercules-монитор способен отображать изображение только в виде светлых и темных точек с разрешением 728x348 и может работать в комплексе со всей системой только при наличии видеокарты. Другие мониторы формируют изображение (аналогично телевизорам) в результате высокой частоты смены кадров изображения при минимальном его мерцании. Этот принцип не реализован в мониторе типа Hercules. TTL-монитор можно отличить от аналогового также по количеству контактов разъема для подключения к PC. Монитор Hercules имеет 9-контактный штекер типа D (вилка). Однако будьте внимательны: такой же разъем имеет и описанный далее RGB-монитор.

RGB-мониторы

Цифровые RGB-мониторы (Red/Green/Blue — красный/зеленый/синий), в основном, предназначены для подключения к карте стандарта EGA. Подобные устройства поддерживают и монохромный режим с разрешением, позволяющим отображать 16 цветов. RGB-мониторы по сравнению с мониторами Hercules имеют меньшее разрешение. Такие мониторы можно узнать по характерной цветовой маркировке на передней панели.

Аналоговые мониторы

В данном случае речь пойдет о мониторах, которые работают с видеокартами стандарта VGA и выше. Они способны поддерживать разрешение стандарта VGA 640x480 пикселей и более высокое.

Название "аналоговый" означает не возможности разрешения, а, в отличие от TTL-мониторов, способ передачи информации о представляемых цветах от видеокарты к монитору.

При работе в режиме True имеется соответствующее число передачи палитры цветов с 24 глубины. Поэтому на цифровых передача подобной информации производится.

Это небольшая область PC, где принцип обработки информации сегодняшнего времени.

Аналоговая передача осуществляется в виде различных уровней. VGA-

работать не только в цветном, но и в монохромном режиме. В последнем случае цвета и их оттенки заменяются оттенками серого цвета.

Принцип формирования изображения в мониторах на базе электронно-лучевой трубки (все выше перечисленные) мало чем отличается от принципа действия телевизора. Испускаемый электронной пушкой (катодом) пучек электронов, попадая на экран, покрытый люминофором, вызывает его свечение.

Жидкокристаллические дисплеи (LCD)

В конце 80-х годов были представлены первые модели PC типа notebook (laptop). Основным фактором, повлекшим снижение их веса, было, в первую очередь применение в качестве устройства отображения информации жидкокристаллических дисплеев (Liquid Crystal Display, LCD). Экран такого дисплея состоит из двух стеклянных пластин, между которыми находится масса, содержащая жидкие кристаллы, которые могут изменять свою оптическую структуру и свойства в зависимости от приложенного к ним электрического заряда. Это означает, что кристалл под воздействием электрического поля изменяет свою ориентацию, тем самым

кристаллы по-разному отражают свет и делают возможным отображение информации. Поскольку сопротивление относительно велико, кристаллы могут двигаться только с определенной скоростью.

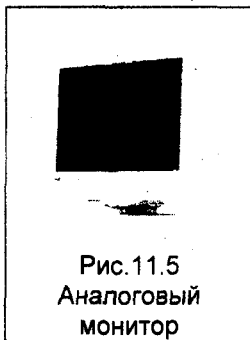


Рис.11.5
Аналоговый
монитор

Color должно
линий для
степенями
мониторах
не
единственная
аналоговый
остался до

сигналов
напряжения
мониторы могут

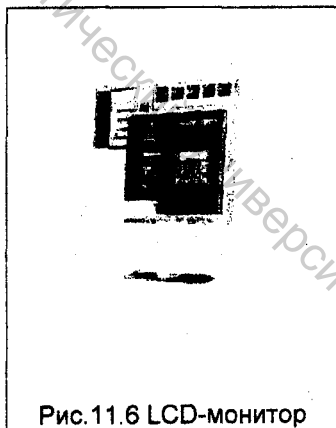


Рис.11.6 LCD-монитор

Это свойство ярко проявлялось при перемещении курсора мыши по LCD-экрану первых дисплеев. При быстром перемещении курсор просто исчезал. Жидкие кристаллы получали электрический импульс, но не успевали среагировать, когда курсор уже переместился на другое место.

Для уменьшения смазанности и увеличения контрастности изображения были разработаны жидкокристаллические дисплеи, выполненные по технологии DSTN (Dual-scan Super-Twisted Nematic).

Фирмой Toshiba был разработан жидкокристаллический дисплей с активной матрицей на тонкопленочных транзисторах, так называемая технология TFT (Thin Film Translator). В TFT-дисплее, в отличие от DSTN-дисплея, нет никакого замедления. Разновидностью DSTN-технологии явилась технология MLA (Multiline Addressing).

Один из недостатков таких дисплеев может быть вам знаком по наручным часам, калькуляторам и т. д., которые работают с LCD-индикаторами. Если посмотреть на экран под углом, то можно увидеть только серебристую поверхность. Изображение и резкость LCD-экранов зависят от угла наблюдения. Хорошее качество изображения достигается при угле наблюдения 90° . Жидкие кристаллы сами не светятся, поэтому подобные мониторы нуждаются в подсветке или во внешнем освещении.

Газоплазменные мониторы

Для газоплазменных мониторов нет таких ограничений, как для LCD-дисплеев. Они также имеют две стеклянные пластины, между которыми находятся не кристаллы, а газовая смесь, которая высвечивается в соответствующих местах под действием электрических импульсов. Недостатком таких мониторов является невозможность их использования в переносных компьютерах с аккумуляторным и батарейным питанием из-за большого потребления тока.

Основные характеристики мониторов:

- частота вертикальной (кадровой) и горизонтальной (строчной) развертки
- разрешающая способность экрана, т.е. число точек (пикселей) отраженных на экране
- диагональ экрана, т.е. расстояние между правым нижним и верхним левым углами
- размер зерна монитора, т.е. размер точки люминофора на внутренней поверхности экрана
- тип электронно-лучевой трубки, от которого зависит качество люминофорного покрытия
- скорость переключения из текстового в графический режим, т.е. смена разрешения

- наличие и качество антибликового покрытия (экран приобретает голубой оттенок)
- уровень излучения (вместе с монитором желательно приобрести защитный экран)

Монитор является устройством для визуального отображения информации.

Сигналы, которые получает монитор (числа, символы, графическую информацию и сигналы синхронизации), формируются видеокарты. Таким образом, монитор и видеокarta представляют собой своеобразный



Рис.11.7 Видеокarta

тандем, который для оптимальной работы должен быть настроен соответствующим образом. В целях обеспечения эффективной работы оба компонента должны оптимальным образом подходить друг к другу.

В настоящее время насчитывается более 30 модификаций различных типов видеокарт, различающихся конструкцией, параметрами и стандартами. Естественно, описать все многообразие этих типов не представляется возможным. В связи с этим решено классифицировать видеокарты по принятым стандартам. Возможно, при таком разделении будут рассмотрены стандарты, которые больше не играют значительной роли в PC и морально устарели, но о них стоит упомянуть для полноты картины.

Стандарт	Цвет	Текстовой режим	Графический режим
MDA	Монохромный	80*25, 2 цвета	Не поддерживается
CGA	Цветной	80*25, 16 цветов	640*200, 2 цвета 320*200, 4 цвета
HGC	Монохромный	80*25, 2 цвета	720*348, 2 цвета
EGA	Цветной	80*25, 16 цветов	640*350, 16 цветов
VGA	Цветной	80*25, 16 цветов	640*480, 256 цветов
SVGA	Цветной	80*25, 16 цветов	1600*1200, True color (32 бита)

Обозначения:

MDA - Monochrome Display Adapter (адаптер монохромного дисплея)

CGA - Color Graphics Adapter (адаптер цветовой графики)

HGC - Hercules Graphics Card (графическая карта Hercules)

EGA - Enhanced Graphics Adapter (усовершенствованный графический адаптер)

VGA - Video Graphics Adapter (видео графический адаптер)

SVGA - Super Video Graphics Adapter (супер видео графический адаптер)

В настоящее время мониторы стандарта MDA, CGA, Hercules и EGA не используются, т.к. они не обладают надлежащей разрешающей способностью, что приводит к быстрому утомлению глаз. Кроме того, они не имеют возможности программной загрузки шрифтов кириллицы (русских букв).

В последнее время наибольшее распространение получили мониторы стандарта SVGA.

Принтеры

Принтер (или печатающее устройство) предназначен для вывода информации на бумагу. Все принтеры могут выводить также рисунки и графики, цветные или черно-белые изображения.

Существует несколько тысяч моделей принтеров, которые могут использоваться с IBM PC. Рассмотрим основные типы.

Матричные (игольчатые) принтеры

Игольчатый принтер (Dot-matrix-Printer, он же матричный) долгое время являлся стандартным устройством вывода для PC. В недавнем прошлом, когда струйные принтеры работали еще неудовлетворительно, а цена лазерных была достаточно высока, повсеместно использовались игольчатые принтеры. Они еще часто применяются и сегодня. Достоинства этих принтеров определяются, в первую очередь скоростью печати и их универсальностью, которая заключается в способности работать с любой бумагой, а также низкой стоимостью печати.



Рис.11.8 Принтер матричный

При выборе принтера вы всегда должны исходить из задач, которые будут перед ним поставлены. Если необходим принтер, который должен целый день без перерыва печатать различные формуляры, или скорость печати важнее, чем качество, то дешевле использовать игольчатый принтер. Если вы хотите получать на бумаге качественное изображение, то используйте струйный или лазерный принтер, однако при этом, естественно, себестоимость каждого листа существенно возрастет. Игольчатые принтеры имеют существенное преимущество –

возможность печатать сразу несколько копий документа "под копирку". А недостатком таких принтеров является, производимый ими при работе, шум.

Принцип, которым игольчатый принтер печатает знаки на бумаге, очень прост. Игольчатый принтер формирует знаки несколькими иголками, расположенными в головке принтера. Механика подачи бумаги проста: бумага втягивается с помощью вала, а между бумагой и головкой принтера располагается красящая лента. При ударе иголки по этой ленте на бумаге остается закрашенный след. Иголки, расположенные внутри головки, обычно активизируются электромагнитным методом. Головка движется по горизонтальной направляющей и управляется шаговым двигателем.

Существуют головки: 9*9 иглок, 9*18, 18*18, 24*37. Иголки расположены в один или два ряда. С помощью многоцветной красящей ленты реализована возможность цветной печати.

Струйные принтеры

Первой фирмой, изготовившей струйный принтер, является Hewlett Packard. Основной принцип работы струйных принтеров чем-то напоминает работу игольчатых принтеров, только вместо иголок здесь применяются сопла (очень маленькие отверстия), которые находятся в головке принтера. В этой головке установлен резервуар с жидкими чернилами, которые через сопла, как микрочастицы, переносятся на материал носителя. Число сопел зависят от модели принтера и изготовителя.

Методы подачи чернил:

- головка принтера объединена с резервуаром для чернил; замена резервуара с чернилами одновременно связана с заменой головки

- используется отдельный резервуар, который через систему капилляров обеспечивает чернилами головку принтера; замена головки связана только с её износом

Цветная печать с помощью струйных принтеров является достаточно качественной, что и привело к широкому распространению струйных принтеров.

Обычно цветное изображение формируется при печати наложением друг на друга трех основных цветов: циан (Cyan), пурпурный (Magenta) и желтый (Yellow). Хотя теоретически наложение этих трех цветов должно в итоге давать черный цвет, на практике в большинстве случаев получается серый или коричневый, и поэтому в качестве четвертого основного

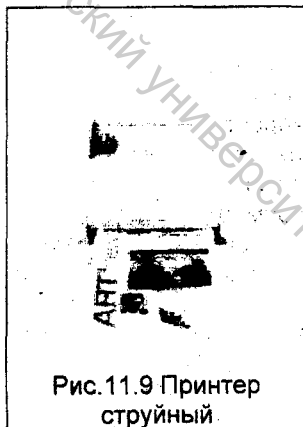


Рис. 11.9 Принтер струйный.

цвета добавляют черный (Black). На основании этого такую цветовую модель называют CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-Black).

Лазерные принтеры

Несмотря на сильную конкуренцию со стороны струйных принтеров лазерные принтеры позволяют достигать значительно более высокого качества печати. Качество получаемого с их помощью изображения приближается к фотографическому. Таким образом, для получения высококачественной черно-белой или цветной распечатки следует отдавать предпочтение лазерному принтеру по сравнению со струйным.

Большинством изготовителей лазерных принтеров используется механизм печати, который применяется в ксероксах.

Важнейшим конструктивным элементом лазерного принтера является вращающийся барабан, с помощью которого производится перенос изображения на бумагу. Барабан представляет собой металлический цилиндр, покрытый тонкой пленкой фотопроводящего полупроводника. По поверхности барабана равномерно распределяется статический заряд. Для этого служит тонкая проволока или сетка, называемая коронирующим проводом. На этот провод подается высокое напряжение, вызывающее возникновение вокруг него светящейся ионизированной области, называемой короной. Лазер, управляемый микроконтроллером, генерирует тонкий световой луч, отражающийся от вращающегося зеркала. Этот луч, приходя на барабан, изменяет его электрический заряд в точке прикосновения. Таким образом, на барабане возникает скрытая копия изображения. На следующем рабочем шаге на фотонаборный барабан наносится тонер - мельчайшая красящая пыль. Под действием статического заряда эти мелкие частицы легко притягиваются к поверхности барабана в точках, подвергшихся экспозиции, и формируют изображение. Бумага втягивается из подающего лотка и с помощью системы валиков перемещается к барабану. Перед самым барабаном бумаге сообщается статический заряд. Затем бумага соприкасается с барабаном и притягивает, благодаря своему заряду, частички тонера от барабана. Для фиксации тонера бумага вновь заряжается и пропускается между двумя роликами с температурой около 180° С. После собственно процесса печати барабан полностью разряжается, очищается от прилипших лишних частиц готов для нового процесса печати.

Лазерные принтеры этого класса оборудованы большим объемом памяти, процессором и, как правило, собственным винчестером. На

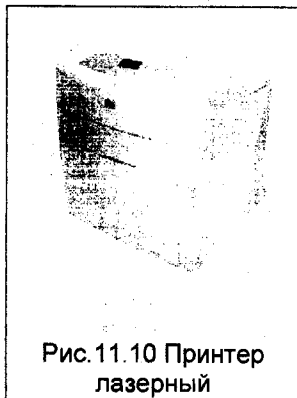


Рис. 11.10 Принтер лазерный

винчестере располагаются разнообразные шрифты и специальные программы, которые управляют работой, контролируют состоянием оптимизируют производительность принтера.

Термические принтеры

Цветные лазерные принтеры пока не идеальны. Для получения цветного изображения фотографического качества используются термические принтеры или, как их еще называют, цветные принтеры высокого класса.

Существуют три технологии цветной термопечати:

- струйный перенос расплавленного красителя (термопластичная печать)
- контактный перенос расплавленного красителя (термовосковая печать)
- термоперенос красителя (сублимационная печать)

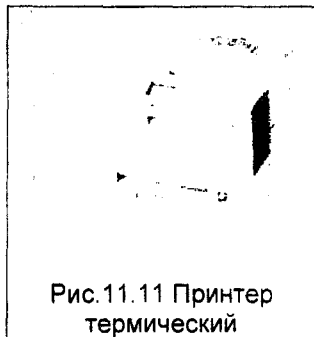


Рис.11.11 Принтер термический

Общим для последних двух технологий является нагрев красителя и перенос его на бумагу (пленку) в жидкой или газообразной фазе. Многоцветный краситель, как правило, нанесен на тонкую лавсановую пленку (толщиной 5 мкм). Пленка перемещается с помощью лентопротяжного механизма, который конструктивно схож с аналогичным узлом игольчатого принтера. Матрица нагревательных элементов за 3—4 прохода формирует цветное изображение.

Принтеры, использующие струйный перенос расплавленного красителя, называют еще восковыми принтерами с твердым красителем. При печати блоки цветного воска расплавляются и выбрызгиваются на носитель, создавая яркие насыщенные цвета на любой поверхности.

Перечислим основные качества принтеров, определяющие их сравнительные достоинства с точки зрения пользователя.

- Качество и скорость печати - обеспечивает ли принтер необходимое качество печати, и если да, то с какой скоростью.
- Надежность - какова надежность принтера при печати типичных документов и при работе с имеющейся у пользователя бумагой
- Смена красящих элементов - какова продолжительность работы принтера с данным красящим элементом.
- Совместимость с имеющимися программами.

Принтеры практически всегда подключаются к параллельному порт у LPT (Line Printer, 25-ти контактный Sub-D разъем). Редко встречаются беспроводные инфракрасные принтеры, которые применяются в основном пользователями PC типа notebook.

11.3 Устройства сопряжения с пользователем

Контроллеры

Чтобы РС мог работать, необходимо, чтобы в его оперативной памяти находились программа и данные. А попадают они туда из различных устройств компьютера - клавиатуры, дисководов для магнитных дисков и т. д. Обычно эти устройства называют внешними, хотя некоторые из них могут находиться не снаружи компьютера, а встраиваются внутрь системного блока.

Результаты выполнения программ также выводятся на внешние устройства - монитор, диски, принтер и т. д.

Таким образом, для работы компьютера необходим обмен информацией между оперативной памятью и внешними устройствами. Такой обмен называется

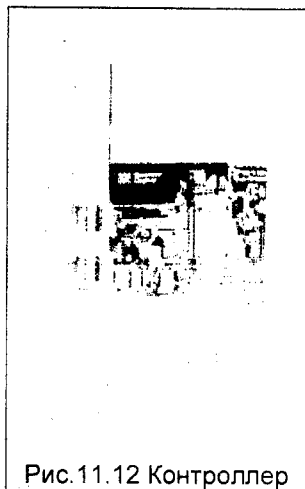


Рис. 11.12 Контроллер

вводом- выводом. Но этот обмен не происходит непосредственно между любым внешним устройством и оперативной памятью в компьютере имеются целых два промежуточных звена

1. Для каждого внешнего устройства в компьютере имеется электронная схема, которая им управляет. Эта схема называется контроллером, или адаптером. Некоторые контроллеры (контроллер дисков) могут управлять сразу несколькими устройствами.

2. Все контроллеры и адаптеры взаимодействуют с CPU и оперативной памятью через системную магистраль передачи данных, которую обычно называют шиной.

Шина представляет собой совокупность линий (проводов) по которым передается информация. Подробнее шины описаны ниже.

Одним из контроллеров, которые присутствуют почти в каждом компьютере, является контроллер ввода-вывода. Он управляет работой портов. Эти порты бывают следующих типов

- Параллельные LPT1-LPT3
- Асинхронные последовательные COM1-COM4

Разъемы параллельных и последовательных портов расположены на обратной стороне корпуса РС.

Параллельные порты выполняют ввод и вывод с большой скоростью, чем последовательные (за счет использования большего числа проводов в кабеле). Принцип параллельной передачи данных подразумевает передачу восьми бит данных одновременно (параллельно) К параллельному порту обычно подключается принтер. (25-и контактный разъем)

При последовательной передаче данных биты передаются (или принимаются) один за другим. К последовательным портам подключаются модемы, мыши и др. (9-и, реже 25-и контактный разъем)

Шины

CPU и Chipset едва ли можно было использовать, если бы информация не циркулировала между отдельными элементами и устройствами. Проще сказать, что в распоряжении системы есть несколько линий, которые связывают элементы между собой. Эти линии обмена данными называют шиной (Bus).

Важнейшей характеристикой шины является так называемая разрядность шины (иногда говорят ширина шины), которая определяет количество данных, параллельно "проходящих" через нее (8, 16, 32 и 64 бит).

Шины по функциональному назначению делятся на три категории:

- Шина данных. По этой шине происходит обмен данными между CPU, картами расширения, установленными в слоты, и памятью.
- Адресная шина. Служит для передачи адресов памяти.
- Шина управления (системная шина). Управляет обменом данными, определяет какие данные куда необходимо доставить.

Существует несколько типов шин различающихся техническими возможностями:

- ISA – первая 8-ми разрядная шина.
- AT Bus – 16-и разрядная шина, ставшая расширением шины ISA
- MCA – 32-х разрядная. Скорость передачи данных – до 20 Мб/с
- EISA – дальнейшее развитие шины ISA. Эта 32-х разрядная шина обеспечивала до 33 Мб/с
- VESA – расширение шины ISA для обмена видеоданными. Имела 32 разряда
- PCI – в основе этой шины заложены абсолютно новые принципы. Эта 32-х разрядная шина обеспечивала скорость передачи данных до 132 Мб/с (PCI 1.0) и до 264 Мб/с. в 64-х разрядной PCI 2.0
- USB – универсальная шина для подключения периферийных устройств (клавиатура, мышь, принтер и т.д.) Скорость передачи данных 12 Мб/с и более.

К шинам через специальные разъемы (слоты расширения) подключаются карты расширения, такие как графический адаптер, звуковые карты и т.д. В системе может насчитываться 5 – 8 таких слотов. Все они внешне отличаются друг от друга в соответствие с типом шины. Наиболее распространены в PC шины PCI (для высокоскоростных устройств). Все реже используется шина ISA (для клавиатуры, мыши, звуковой карты и т.д.).

12 УСТРОЙСТВА ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Устройства ввода графической информации предназначены для преобразования графической информации в цифровую форму и ввода ее в ЭВМ.

В САПР наиболее широко используют дигитайзеры и сканеры. Дигитайзеры – это устройства полуавтоматического ввода графической информации. Ввод элементов изображения производится пользователем с помощью указателя координат.

Сканеры - это устройства автоматического ввода изображения. Информация вводится в ЭВМ посредством сканирования изображения лучом света.

12.1 Дигитайзеры

Состав дигитайзера

Общий вид дигитайзера представлен на рис. 12.1. В состав дигитайзера входят: планшет 1, указатель координат 2, устройство управления 3, кабель питания 4, блок питания 5.

Корпус планшета 1 состоит из металлического основания и пластмассовой крышки. Внутри корпуса располагаются платы коммутатора, плата предварительного усилителя и координатные решетки из медной проволоки, залитые эпоксидным клеем. По каждой координатной оси планшета натянута 120 шин с шагом 5,08 мм (0,2 дюйма). С одной стороны концы шин объединены и заземлены, с другой стороны – подключены к соответствующим устройствам коммутации. Устройство коммутации предназначено для последовательного подключения шин к общей входной шине предварительного усилителя. Указатель координат 2 состоит из пластмассового корпуса, катушки индуктивности с визиром (линзы с перекрестием), четырех световых индикаторов, шестнадцати кнопок и платы указателя координат. Катушка запитывается импульсами частоты 86,4 кГц и обеспечивает выработку пятиразрядных кодов при нажатии на кнопки.

Устройство управления 3 реализовано на базе однокристальной микро-ЭВМ и содержит восьмиразрядный микропроцессор. Имеется внешнее оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) для хранения управляющей программы и текущей информации. Устройство содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Питание дигитайзера производится от однофазной цепи напряжением 220 В, частоты напряжений – 50 Гц.

Принцип действия

Ввод графической информации осуществляется путем совмещения перекрестия указателя координат с кодируемыми точками чертежа, расположенного на планшете. В основе работы дигитайзера лежит измерение абсолютных координат указателя координат. Принцип измере-

Витебский государственный технологический университет

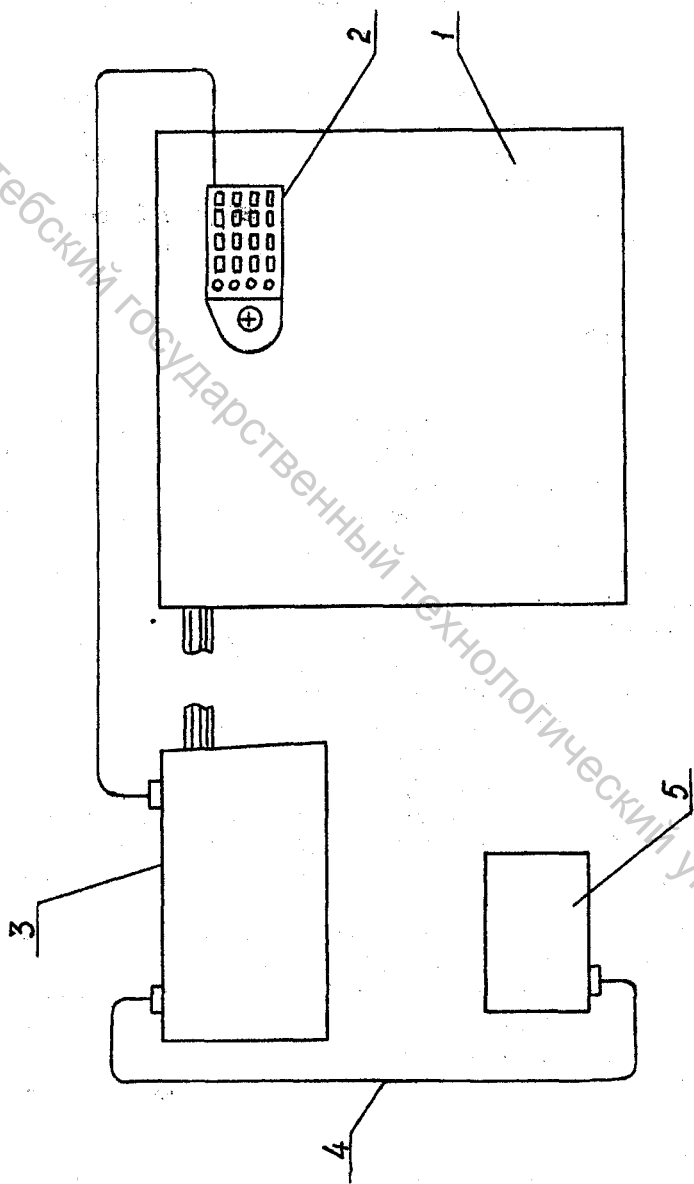


Рис. 12.1. Общий вид дигитайзера

ния координат основан на явлении индукционного взаимодействия между излучающей катушкой индуктивности, расположенной в УК, и системой ортогональных решеток. На каждую координатную шину решетки наводится определенная электродвижущая сила (ЭДС). Ее величина обратно пропорциональна расстоянию от излучающей катушки УК. Фаза наведенного сигнала по разные стороны отличается на 180° . Измерение координаты УК производится путем последовательного полного или частичного опроса координатных шин и анализа амплитуды наведенного сигнала. Полный опрос всех координатных шин производится в двух случаях: при включении питания и при внесении УК в зону рабочего поля. В остальных случаях производится частичное сканирование – поочередно опрашиваются 3 координатные шины по каждой оси, ближайшие к УК. Частичное сканирование производится для внесения поправки в текущее положение УК. Опрос координатных шин засинхронизирован с периодом излучения электромагнитных колебаний катушки УК.

Режимы работы

Имеются следующие режимы работы дигитайзера.

Потоковый режим. Координаты точки из УК передаются в ЭВМ постоянно, пока УК находится в зоне рабочего поля дигитайзера. Количество передаваемых данных регулируется программно и достигает 90 точек/сек.

Точечный режим. Передача координат одной точки происходит при нажатии на кнопку УК.

Ключевой режим. Координаты точек передаются в ЭВМ постоянно при нажатии кнопки УК. Количество точек в единицу времени задается программно.

Режим приращения. Устанавливается расстояние, на которое УК должен быть перемещен, прежде чем УК пошлет координаты следующей точки. Этот режим полезен при «скальвании» кривых линий, сокращает количество данных, посылаемых в ЭВМ.

Дистанционный режим. УК выдает координаты точки после получения команды «запрос координаты» из ЭВМ.

Разностный режим. Устройство посылает в ЭВМ относительные координаты, т.е. изменения в значениях координат. Этот режим применяется в сочетании с потоковым или ключевым режимами.

Диагностический режим. Применяется для самотестирования внешнего и внутреннего ОЗУ, содержимого постоянного запоминающего устройства, наличия УК в зоне рабочего поля.

Значения координат x и y перекрестия УК передается в ЭВМ в координатных единицах. Цена одной координатной единицы определяется разрешающей способностью, которая устанавливается соответствующей командой. Цена координатной единицы может быть следующей (в мм): 0,025; 0,05; 0,1.

Технические характеристики дигитайзеров.

Дигитайзеры производятся опытно-конструкторским бюро машиностроения г. Витебска. Этим предприятием выпускаются два типа дигитайзеров: настольный ЭМ 7109 А и напольный (т.е. устанавливаемый на полу в виде кульмана) ЭМ 7109. Технические характеристики этих дигитайзеров приведены в таблице 12.1.

Таблица 12.1.

Технические характеристики дигитайзеров

№№ п.п.	Наименование характеристик	Типы дигитайзеров	
		ЭМ 7109 (напольный)	ЭМ 7109 А (настольный)
1.	Формат рабочего поля, мм	1520x1015 2АО	500x600 А2
2.	Погрешность считывания координат, мм	±0,25	±0,25
3.	Разрешающая способность, мм	0,025	0,025
4.	Максимальная скорость считывания координат, координат/сек	100	100
5.	Тип указателя координат	Планшайба, карандаш	Планшайба, карандаш

12.2 Сканеры

Принцип действия. В ранее рассмотренных дигитайзерах в ЭВМ вводится изображение в виде точек, соединяемых линией. Такой способ изображения называется векторным. С помощью сканеров вводится изображение, состоящее из мельчайших, одинаковых по размеру элементов – пикселей (pixel). Пиксел представляет собой квадрат. Квадраты плотно прилегают друг к другу, из них складывается изображение, которое называют растровым.

Разрешение растрового изображения выражается в количестве пикселей, происходящих на единицу площади. Например, разрешение 300 пикселей на дюйм (pixels per inch) означает, что на каждый квадратный дюйм приходится 90000 пикселей.

12.3 Виды сканеров

Сканеры по конструкции делятся на пять основных типов:

- планшетные;
- роликовые;
- барабанные;
- слайд-сканеры;
- ручные.

В планшетных сканерах (рис. 12.2) оригинал изображения 2 помещается на планшет 3 в виде предметного стекла и прижимается к нему

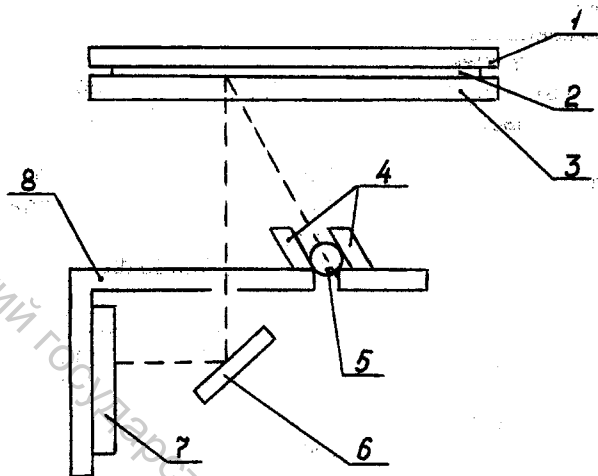


Рис. 12.2. Схема планшетного сканера

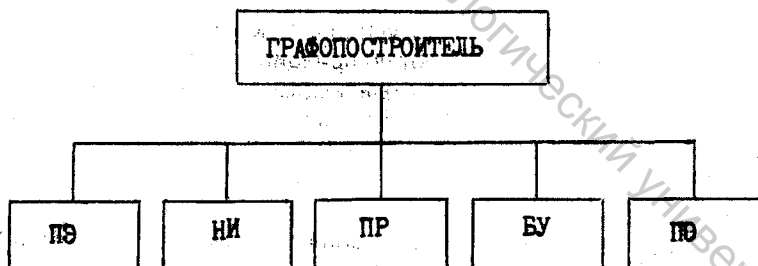


Рис. 13.1. Блок-схема структуры графопостроителя

крышкой 1. Источник света 5 расположен на подвижной каретке 8. Отражатели 4 формируют луч от источника света 5, направленный на изображение. Отраженный от изображения луч зеркалом 6 направляется в светочувствительные элементы ССД-матрицы 7 (Charge Couple Device). ССД – матрица – это устройство, в котором сила света преобразуется в электрические импульсы. Преобразование силы света осуществляется с помощью приборов с зарядовой связью – миниатюрных кристаллов, которые действуют как фотометры. Последние переводят напряжение в двоичный код с помощью аналого-цифрового преобразователя.

Множественно сканируя изображение тонкими горизонтальными лучами и сдвигаясь по горизонтали на шаг, устройство формирует полное изображение.

Горизонтальная частота дискретизации определяется шириной сканирования и числом ССД-элементов в матрице. Для планшетных сканеров она обычно составляет 300–400 пикселей на дюйм. При ширине сканирования 8,5 дюйма необходимо иметь в ССД-матрице 3400 элементов. Физически ССД-матрица меньше 8,5 дюймов, поэтому свет фокусируется оптической системой сканера на меньшую ширину.

Технические характеристики планшетного сканера 600 CP фирмы «Mustec»:

поле сканирования, мм	216x297
оптимальная разрешающая способность (пикселей на дюйм):	
по ширине	300
по высоте	600
габариты, мм	416x282x64

Роликовые сканеры используются в основном для сканирования текстов. Эти устройства работают по принципу протяжки листа с изображением над неподвижным считывающим устройством. Можно сканировать листы, но нельзя книгу и прозрачные оригиналы. Роликовые сканеры дешевле планшетных.

Слайд-сканеры используются для сканирования изображений на прозрачных пленках шириной 35 мм. Имеют очень высокое разрешение, однако требуют увеличения изображения, что ведет к снижению разрешения.

13 ГРАФОПОСТРОИТЕЛИ

13.1 Назначение и структура

Процесс проектирования машин заканчивается выпуском комплекта конструкторских документов, в том числе чертежей. Значительная часть труда конструкторов связана с изготовлением чертежей, поэтому его автоматизация значительно сокращает сроки проектирования. Ос-

новными устройствами машинной графики являются чертежные автоматы-графопостроители.

Блок-схема структуры графопостроителя приведена на рис. 13.1.

Пишущий элемент ПЭ предназначен для нанесения изображения. В качестве пишущего элемента могут использоваться фломастер, шариковый стержень, рапидограф – это цилиндрический сосуд с отверстием на конце, в который заливаются чернила.

Носитель информации НИ – бумага чертежная, мелованная, картографическая, полиэтиленовая пленка и т.п. Привод ПР состоит из электродвигателей и механизмов, преобразующих вращательное движение ротора электродвигателя в поступательное движение пишущего элемента или носителя информации.

Блок управления БУ преобразует управляющую программу в сигналы коммутации электродвигателей.

Программное обеспечение ПО – есть совокупность общих и прикладных программ, обеспечивающих функционирование графопостроителя.

Общее программное обеспечение содержит программы, обеспечивающие взаимодействие графопостроителя с ЭВМ, трансляторы с языков высокого уровня, универсальные режимы работы и т.п.

Прикладное программное обеспечение содержит программы на языках высокого уровня, реализующие конкретные задания графопостроителю.

13.2 Классификация графопостроителей

Блок-схема классификации графопостроителей приведена на рис. 13.2.

Настольные графопостроители имеют небольшие габариты (поле черчения – А4, А3) и массу и могут размещаться на столе.

Напольные графопостроители имеют большие габариты (поле черчения до А0 2А0) и массу, размещаются на станине, устанавливаемой на полу.

В планшетных графопостроителях бумага закрепляется на столе-планшете вакуумным или другим способом. Размеры планшета могут быть до 1200х1600 мм. Пишущий элемент перемещается по двум направлениям (координатам).

В рулонных графопостроителях бумага перемещается с помощью роликовых транспортеров, а пишущий элемент движется в направлении, перпендикулярном направлению подачи бумаги.

Автономные графопостроители могут работать самостоятельно, имеют устройство ввода программы, процессор, запоминающее устройство, пульт управления.

Графопостроители, подключаемые к ЭВМ могут работать только от ЭВМ.

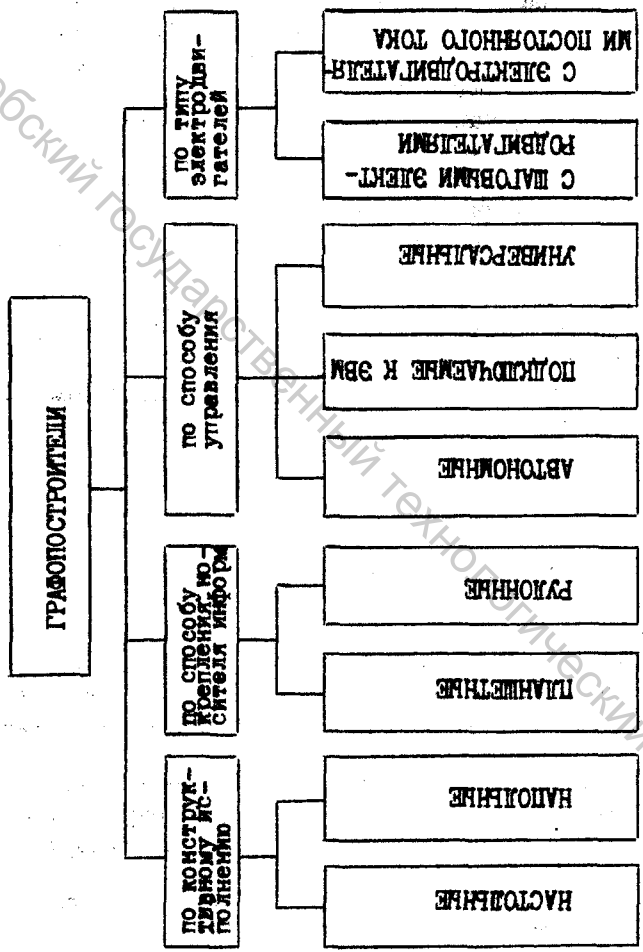


Рис. 13.2. Блок-схема классификации графопостроителей

Универсальные графопостроители могут работать как самостоятельно так и от ЭВМ.

Все виды графопостроителей имеют буферные запоминающие устройства для уменьшения потерь машинного времени.

Шаговые электродвигатели в графопостроителях управляются с помощью системы числового программного управления (ЧПУ). Эти двигатели просты по конструкции, надежны в работе.

Системы управления электродвигателями постоянного тока требуют применения датчиков обратной связи, устанавливаемых на весах электродвигателей, и цифро-аналоговых преобразователей, преобразующих цифровые сигналы в аналоговые, подаваемые на обмотку ротора, что значительно усложняет конструкцию систем управления. Достоинства графопостроителей с двигателями постоянного тока: более высокая скорость и точность черчения.

13.3 Планшетные графопостроители

На рис. 13.3 приведен общий вид настольного планшетного графопостроителя.

Несущей конструкцией графопостроителя является станина 1. Стол-планшет 2 служит для закрепления бумаги. Пишущие элементы 5 расположены на каретке 4. Каретка 4 приводится в движение от электродвигателя, совершая перемещение вдоль оси x , и перемещается вдоль оси y вместе с балкой 3, приводимой отдельным электродвигателем. Управление работой графопостроителя производится с пульта 6.

На рис. 13.4 приведен общий вид настольного графопостроителя типа ЭМ7062А, разработанного опытно-конструкторским бюро машиностроения (ОКБМ) г. Витебска. На рис. обозначены 1 – корпус, 2 – планшет, 3 – балка, 4 – пишущий элемент, 5 – каретка, 6 – пульт управления.

Графопостроитель ЭМ7062А, и все другие, разработанные ОКБМ, работают с графическим языком HP-GL, что позволяет использовать их с самыми распространенными графическими пакетами AUTOCAD, PCAD, ГРАФ-2Д и др. Наличие стандартного интерфейса СТЫК С2 позволяет подключать графопостроитель (как и другие, разработанные ОКБМ) к персональным компьютерам IBM.

На рис. 13.5 и 13.6 приведены кинематические схемы механизма перемещения пишущего элемента (координатного устройства) графопостроителя ЭМ7062А.

Перемещение пишущего элемента 18 по оси x (см. рис. 13.5) производится шаговым электродвигателем 1 на валу которого закреплен барабан 2. На барабане 2 намотан проволочный тросик. Левый конец тросика огибает направляющие ролики 3, 4, 5, 6, 7, 8 и прикреплен к корпусу графопостроителя. Правый конец тросика огибает направляющие ролики 9, 10, 11, 12, 13, 14 и также прикрепляется к корпусу графопостроителя. Оси направляющих роликов 3 и 9 закреплены в корпусе,

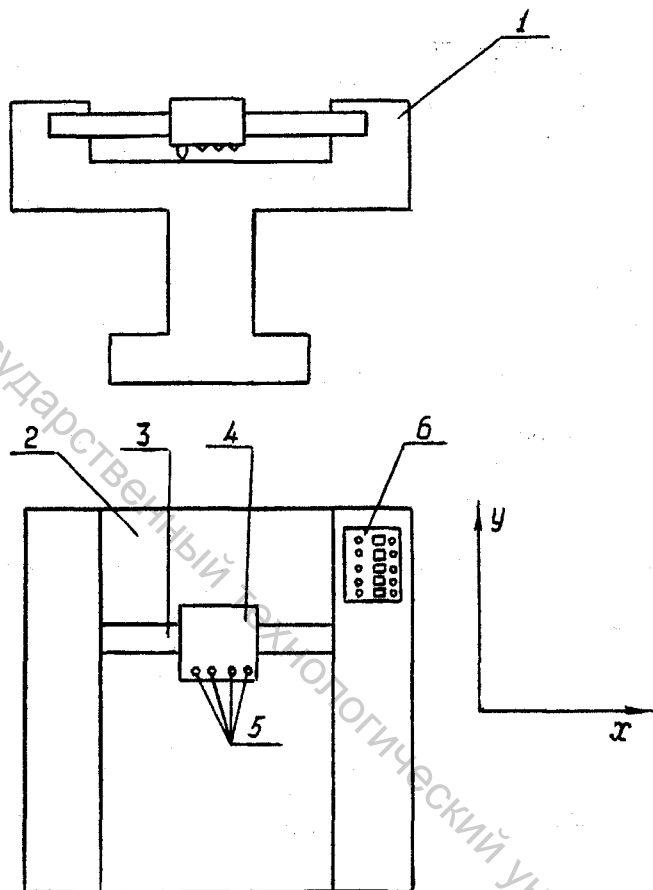


Рис. 13.3. Общий вид напольного планшетного графопостроителя

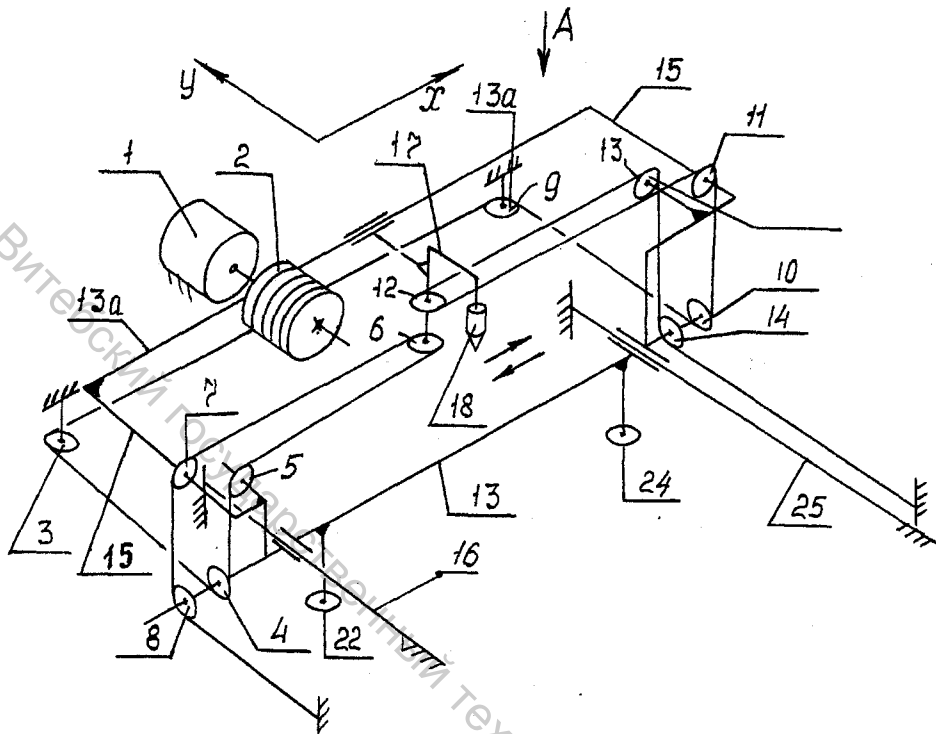


Рис. 13.5. Механизм перемещения пишущего элемента по оси X планшетного графопостроителя ЭМ7062А

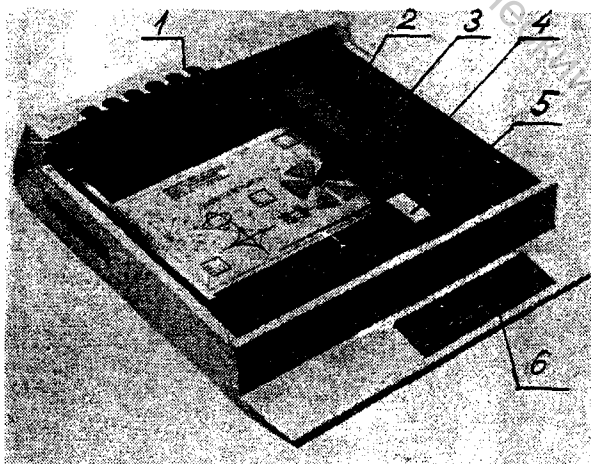


Рис. 13.4:
105

Вид А

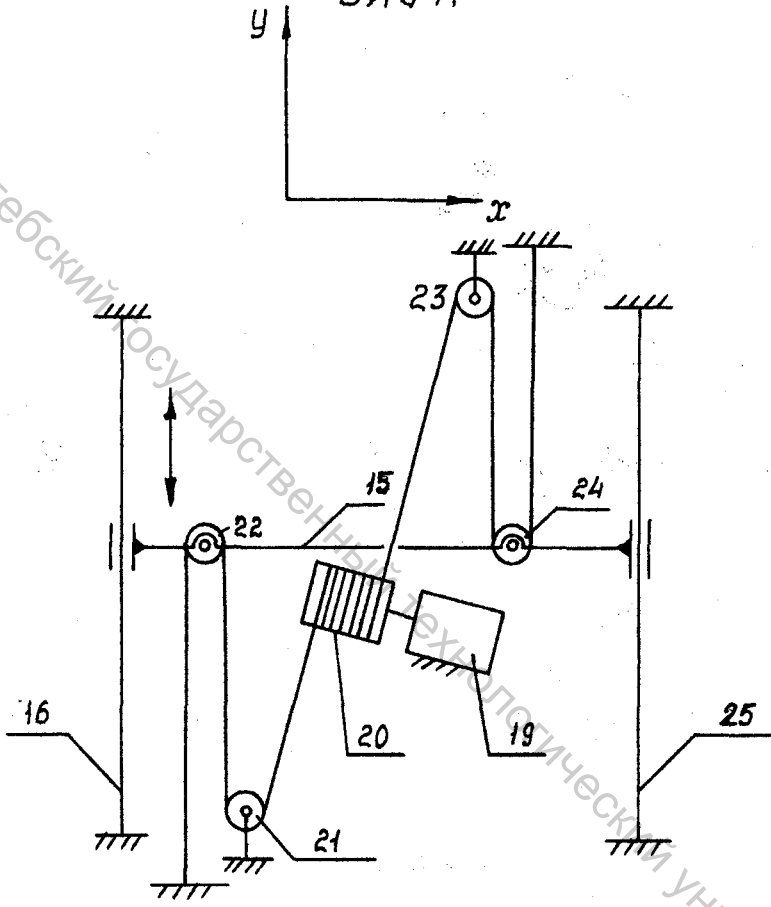


Рис. 13.6. Механизм перемещения траверсы 13 по оси Y планшетного графопостроителя ЭМ7062А

оси роликов 4, 5, 7, 8 и 10, 11, 13, 14 закреплены на траверсе 15, перемещающейся по неподвижным направляющим 16 и 25 по координате у. Оси направляющих роликов 6 и 12 закреплены на каретке 17, перемещающейся по неподвижным направляющим 13а балки 13. Пишущий элемент 18 закреплен на каретке 17. При вращении ротора шагового электродвигателя 1 и барабана 2, тросик наматывается на барабан и через ролики 6 и 12 перемещает пишущий элемент 18 вдоль координаты х.

На рис. 13.6 показана плоская кинематическая схема механизма перемещения траверсы 13, что соответствует виду по стрелке А на рис. 13.5. Нумерации траверсы 13, направляющих роликов 22 и 24, направляющих 16 и 25 на рис. 13.5 и 13.6 одинаковы. Перемещение траверсы 15 вдоль оси у (см. рис. 13.6) производится шаговым электродвигателем 19, на валу которого закреплен барабан 20. На барабане 20 намотан проволочный тросик. Левый конец тросика огибает направляющие ролики 21 и 22 и прикреплен к станине. Правый конец тросика огибает направляющие ролики 23 и 24 и также прикреплен к станине. Оси направляющих роликов 21 и 23 закреплены на корпусе, а оси направляющих ролика 22 и 24 (см. также рис. 13.5) закреплены на траверсе.

При вращении ротора шагового электродвигателя 19 и барабана 20 тросик наматывается на барабан и через направляющие ролики 22 и 24 перемещает траверсу 15 вдоль оси у. Вместе с траверсой 15 (см. рис. 13.5) перемещаются вдоль оси у каретка 17 и пишущий элемент 18.

13.4 Рулонные графопостроители

Общий вид рулонного напольного графопостроителя приведен на рис. 13.7. На рис. обозначены 1 – корпус, 2, 6 – прижимные ролики, 3 – балка, 4 – пишущий элемент (рапидограф), 5 – держатель пишущего элемента, 7 – пульт управления, 8, 9 – опорные ролики, 10 – кассета с пишущими элементами. Кинематическая схема механизмов подачи носителя информации и пишущего элемента рулонного графопостроителя ЭМ-7041, разработанного ОКБМ приведена на рис. 13.8. Подача носителя информации (бумаги) 1 в направлении оси у производится транспортирующими роликами 2, 4 и прижимными роликами 3, 17. Для улучшения сцепления с бумагой транспортирующие ролики 2, 4 имеют абразивное покрытие, а прижимные ролики 3, 17 – полиуретановое. Привод транспортирующих роликов 2, 4 осуществляется от электродвигателя постоянного тока 7 через зубчатые колеса 6, 5.

Пишущий элемент 15 закреплен на держателе 14. Последний может перемещаться вдоль оси х по направляющей 13. Привод пишущего элемента 15 и держателя постоянного тока 8, через зубчатую пару 9-10, барабан 11 и намотанный на барабан и огибающих ролик 16 тросик 12.

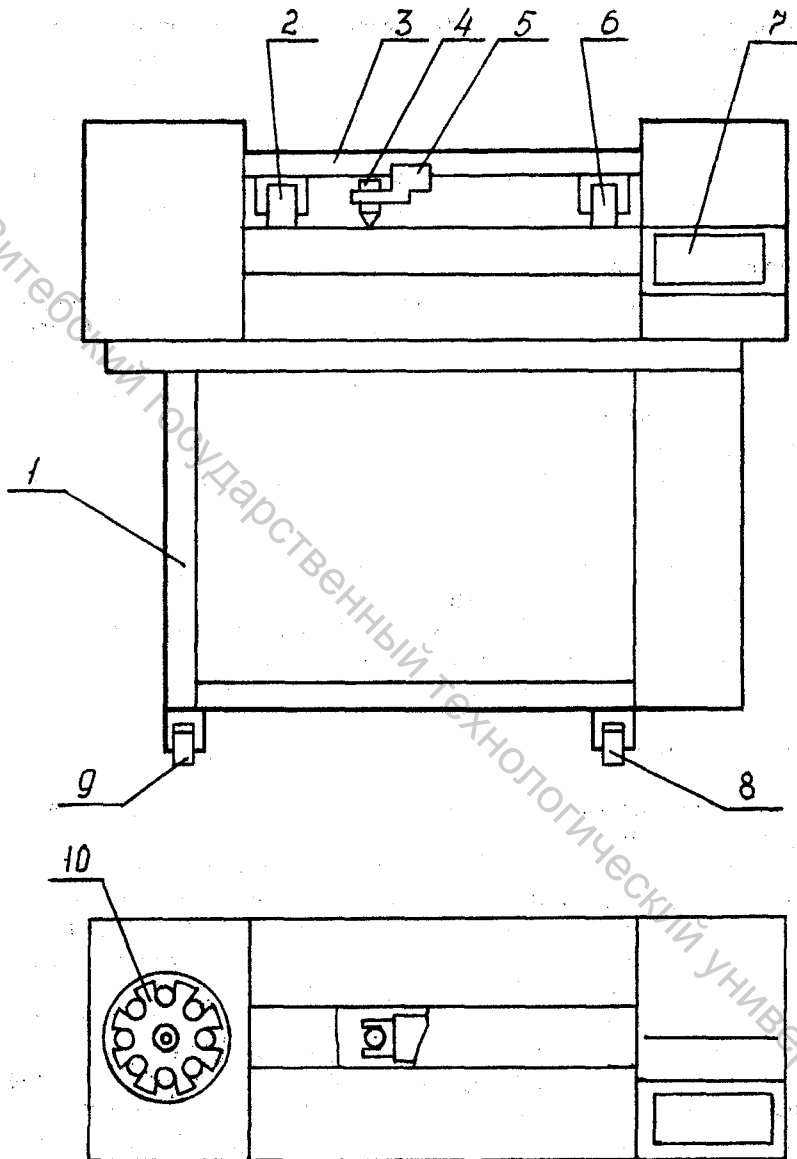


Рис. 13.7. Общий вид рулонного напольного грефопостроителя

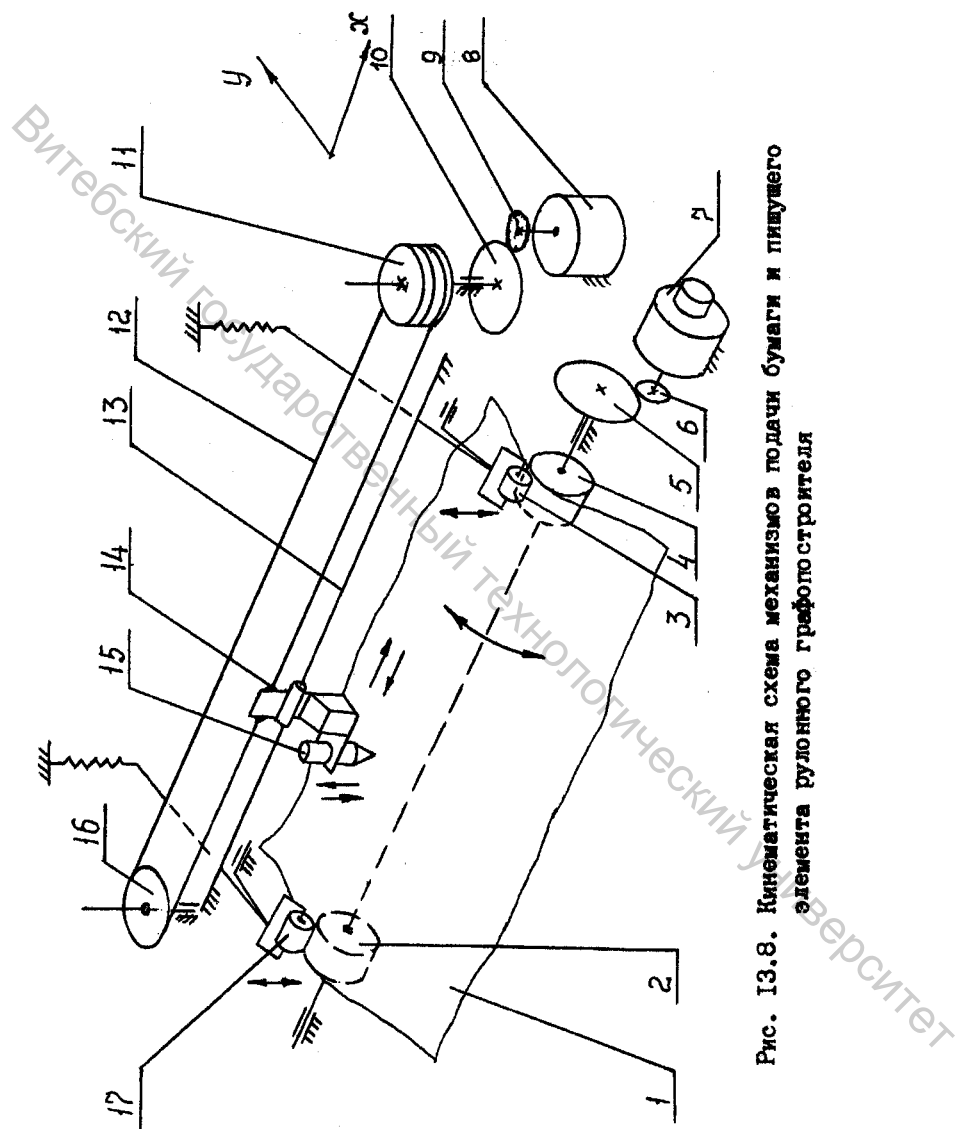


Рис. 13.8. Кинематическая схема механизмов подачи бумаги и пишущего элемента рулонного графопроектировщика

13.5 Технические характеристики графопостроителей

Технические характеристики графопостроителей, выпускаемых ОКБМ г. Витебска приведены в таблице 13.1.

Таблица 13.1

Технические характеристики графопостроителей

Тип графопостроителя	ЭМ7062А настольный, планшетный	ЭМ7051 настольный, рулонный	ЭМ7061 напольный, рулонный
Формат рабочего поля, мм	A3-A4 297x420	A3-A4 297-420	A1...A4 840x594
Максимальная скорость вычерчивания, мм/с	300	400	900
Статическая погрешность, мм	$\pm(0,15 + \frac{L}{100})$	$\pm 0,2$	$\pm 0,25$
Количество пишущих эле- ментов	6	8	8
Тип носителя информации	Бумага чертежная, мелованная, карто- графическая, пленка полиэтиленовая		
Тип пишущего элемента	Фломастер, рапидограф, шариковый узел		

Литература

1. Системы автоматизированного проектирования, ГОСТ 22487-77.
2. Разработка и постановка продукции на производство, ГОСТ 15.001-73.
3. Работа в среде FOXPRO, командный режим. Методическая разработка. - Витебск, МОН РБ, ВГТУ, 1995.
4. Уилсон В. Введение в теорию графов. -М., Мир, 1977.- 208 с.
5. Ву. Типовой синтез плоских механизмов // Труды Американского общества инженеров-механиков. Конструирование и технология машиностроения, 1967, №1.- с. 188-201.
6. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - М., Наука, 1970.-664 с.
7. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. -М., Мир, 1975.-532 с.
8. Сункуев Б.С. Синтез механизмов: Учебное пособие. -Витебск, ВГТУ, 2001.-84 с.
9. Артоболевский И.И. Теория механизмов. -М., Наука, 1975.-640 с.
10. Овакимов А.Г. Аналитический метод решения задач динамики плоских механизмов. -М., МАИ, 1978.-81 с.
11. Сумский С.Н. Расчет кинематических и динамических характеристик плоских рычажных механизмов. -М., Машиностроение, 1980.-с. 228-230.

Библиотека ВГТУ



Витебский государственный технологический университет

Учебное издание

Сункуев Борис Семенович, Шарстнев Владимир Леонидович, Кириллов Алексей Геннадьевич

Системы автоматизированного проектирования машин

Учебное пособие

Редактор **П.И.Скоков**
Технический редактор **Т.В.Буевич**
Корректор **Т.К.Покатович**

Подписано в печать 2.03.2004г. Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать ризографическая. Гарнитура "Ариал". Усл.печ.л. 968. Уч.-изд.л. 9,0 Тираж 113 экз. Заказ 79.

Издатель и полиграфическое исполнение: Витебский государственный технологический университет. Лицензия ЛП № 89 от 18.12.2001г.
Лицензия ЛВ № 129 от 19.01.2001г.

210035, Витебск, Московский проспект, 72