

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«Ижевский государственный технический университет  
имени М. Т. Калашникова»**



Кафедра «Мехатронные системы»

Курс «Механика роботов и мехатронных модулей»  
**Тема «Мехатронные модули»**

Автор Зубкова Ю.В., старший преподаватель

# Основные понятия и определения

**Мехатроника** - «... область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронным, электротехническим и компьютерным компонентами,...» (Государственный образовательный стандарт РФ по направлению «Мехатроника и робототехника», 2000)

**Робототехника** - «... это область науки и техники, ориентированная на создание роботов и робототехнических систем, предназначенных для автоматизации сложных технологических процессов и операций,...»

**Мехатроника** изучает: **новый** методологический подход к созданию модулей и машин с качественно новыми характеристиками.

**Роботы** – один из современных **классов машин** с компьютерным управлением движением.

Термин «**мехатроника**» был введён японской фирмой Yaskawa Electric в 1969 году и зарегистрирован как торговая марка в 1972 году.

**«МЕХАТРОНИКА» = «МЕХАника»+«элекТРОНИКА»**

# Структурная пирамида мехатроники



# Технологическая пирамида мехатроники



## Комбинированные технологии:

- гибридные технологии электромеханики и мехатроники;
- цифровые технологии управления движением;
- технологии автоматизированного проектирования управляемых машин и CALS-технологии.

## ***CALS – Continuous Acquisition and Life-Cycle Support***

**CALS** – принятая в промышленно развитых странах концепция информационной поддержки жизненного цикла продукции, основанная на использовании интегрированной информационной среды,...

## ***Примеры элементов CALS:***

- САПР механических систем (AutoCAD, ProEngineer, Telex-CAD)
- Программные пакеты при моделировании и проектировании (MATLAB/Simulink, MAPLE, LabView, P-CAD).

# Мехатронные модули

Проектирование современных мехатронных систем (МС) основано на **модульных** принципах и технологиях.

**Модуль** – это унифицированная функциональная часть машины, конструктивно оформленная как самостоятельное изделие.

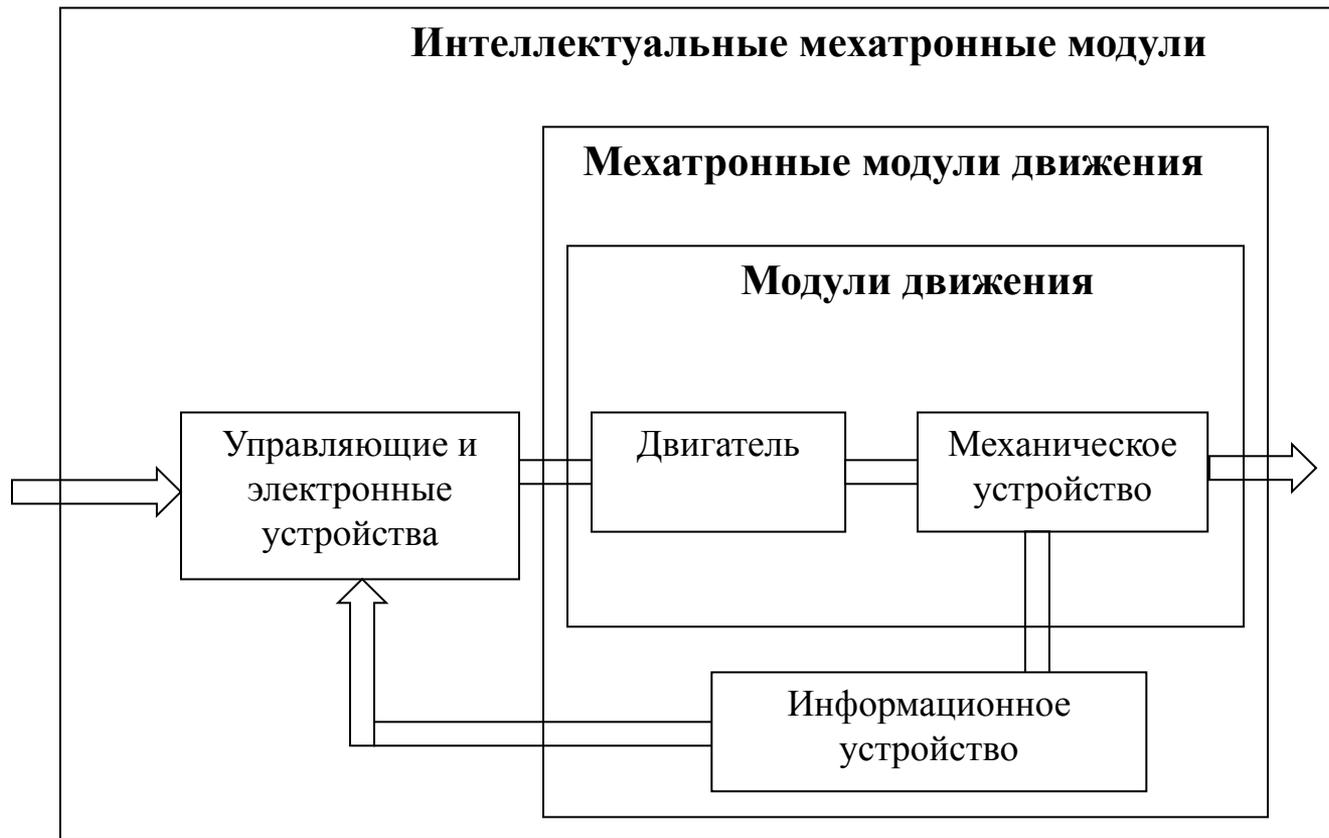
**Мехатронный модуль (ММ)** – это функционально и конструктивно самостоятельное изделие для реализации движений с взаимопроникновением и синергетической аппаратно-программной интеграцией составляющих его устройств, имеющих различную физическую природу.

## Группы ММ:

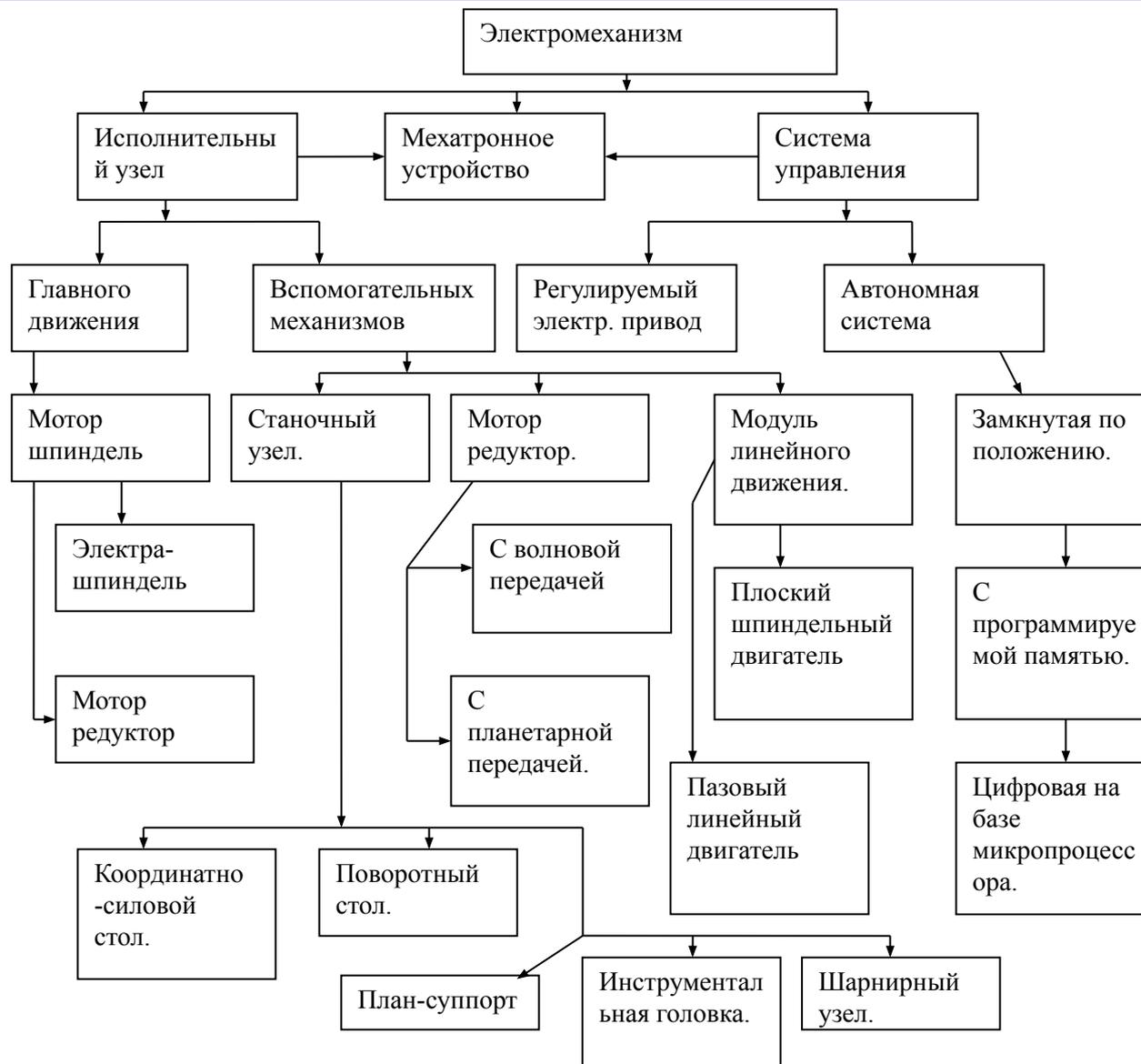
- модули движения
- мехатронные модули движения
- интеллектуальные модули движения



# Классификация мехатронных модулей



# Классификация мехатронных модулей (продолжение)



# Модули движения

**Модуль движения (МД)** – конструктивно и функционально самостоятельное изделие, в котором конструктивно объединены управляемый двигатель и механическое устройство.

## Виды двигателей:

- асинхронные и синхронные электромашинны;
- двигатели постоянного тока;
- электрогидравлические двигатели\*;
- шаговые, пьезоэлектрические двигатели и др.

## Механическое устройство:

- редукторы;
- преобразователи движения;
- вариаторы;
- ограничительные и предохранительные элементы.

**РЕДУКТОР**  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Европейское качество по доступной цене

СОВМЕСТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО РОССИЯ—ИСПАНИЯ

**5MЦЗВ-70ES**  
Тел. (812) 327-2395

**5ЦКЦ-60ES**  
Тел. (812) 331-8890

**EURO STANDARD ES**

**СЕРИЯ ES**  
РЕДУКТОРЫ И МОТОР-РЕДУКТОРЫ

■ червячные	■ цилиндрические
■ цилиндрические соосные	■ коническо-цилиндрические
■ цилиндрические вертикальные	■ цилиндро-коническо-цилиндрические

**PUJOL MUNTALÀ**

НТЦ «Редуктор» (Россия, Санкт-Петербург)

# История появления МД

Исторически первые – **мотор-редукторы**.

**Мотор-редуктор** – компактный конструктивный модуль =  
= **электродвигатель + редуктор**.

**Преимущества:**

- меньшие габаритные размеры;
- сниженная стоимость;
- улучшенные эксплуатационные свойства.



Планетарный мотор-редуктор

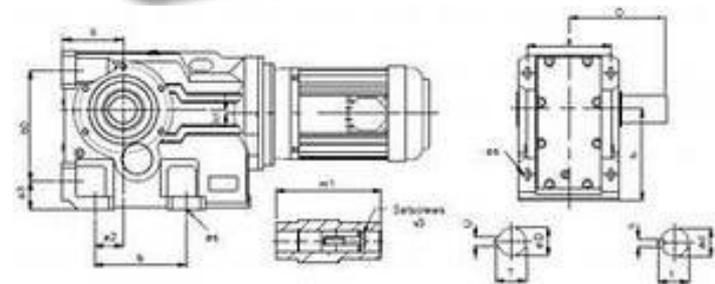


Мотор-редуктор фирмы Лего

# Мотор-редукторы

- Одно-, двух-, трёхступенчатые мотор-редукторы:
- Цилиндрические;
- Цилиндро-червячные;
- Червячные;
- Планетарные;
- Волновые;
- На лапах, фланцевые, с полым валом.

Фланцевый мотор-редуктор



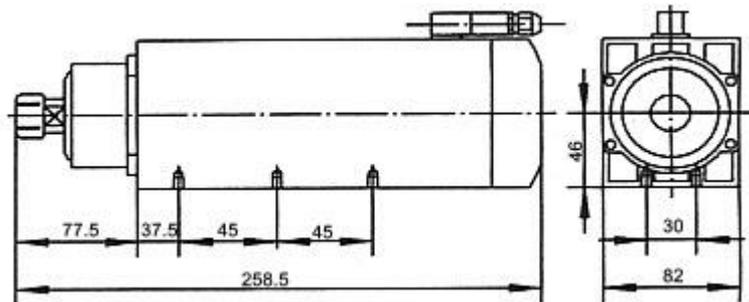
Мотор-редуктор с полым валом

# Мотор-шпиндели

**Шпиндель станка** является собой асинхронный электродвигатель переменного тока, имеющий на валу специальное приспособление для фиксации инструмента или заготовки – цангу или цанговый зажим.

**Группы по конструктивным особенностям:**

- шпиндели с жидкостным охлаждением
- шпиндели с воздушным охлаждением
- высокоскоростные шпиндели

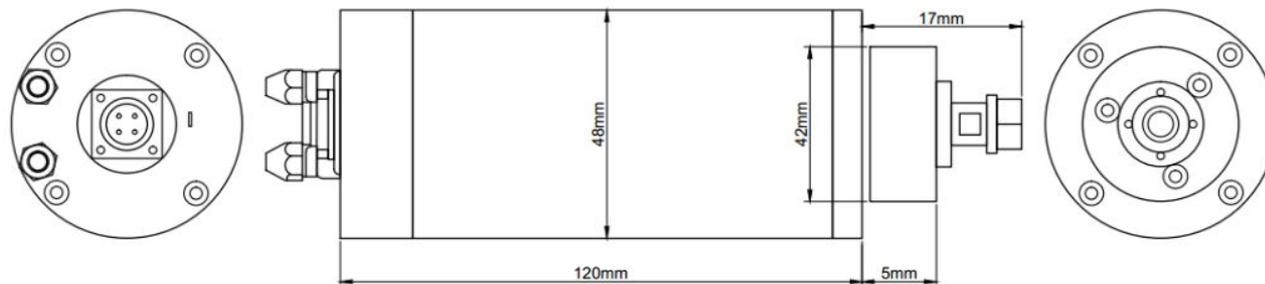


Мотор-шпиндель с воздушным охлаждением (CNC-Motors, Санкт-Петербург )

# Мотор-шпиндели (продолжение)



**Мотор-шпиндели с жидкостным охлаждением**



**Высокоскоростной мотор-шпиндель**

# Мотор-шпиндели (АМО «Зил», Москва)

Акционерное московское объединение  
«Завод им. Лихачёва» (2 июля 1916 г.)

**Электрошпиндели типа ШКФ:** с автоматической  
сменой инструмента, частотой вращения 30 000 об/мин  
и мощностью 25 кВт.



«Зил 130 Г»

# Мехатронные модули движения

**ММД** – конструктивно и функционально самостоятельное изделие, включающее в себя управляемый двигатель, механическое и **информационное** устройства.

**Информационное устройство:** датчик обратной связи и информации, электронные блоки для обработки и преобразования сигналов.

**ММД = Дв. + Мех. + Электрон. + Информ.**

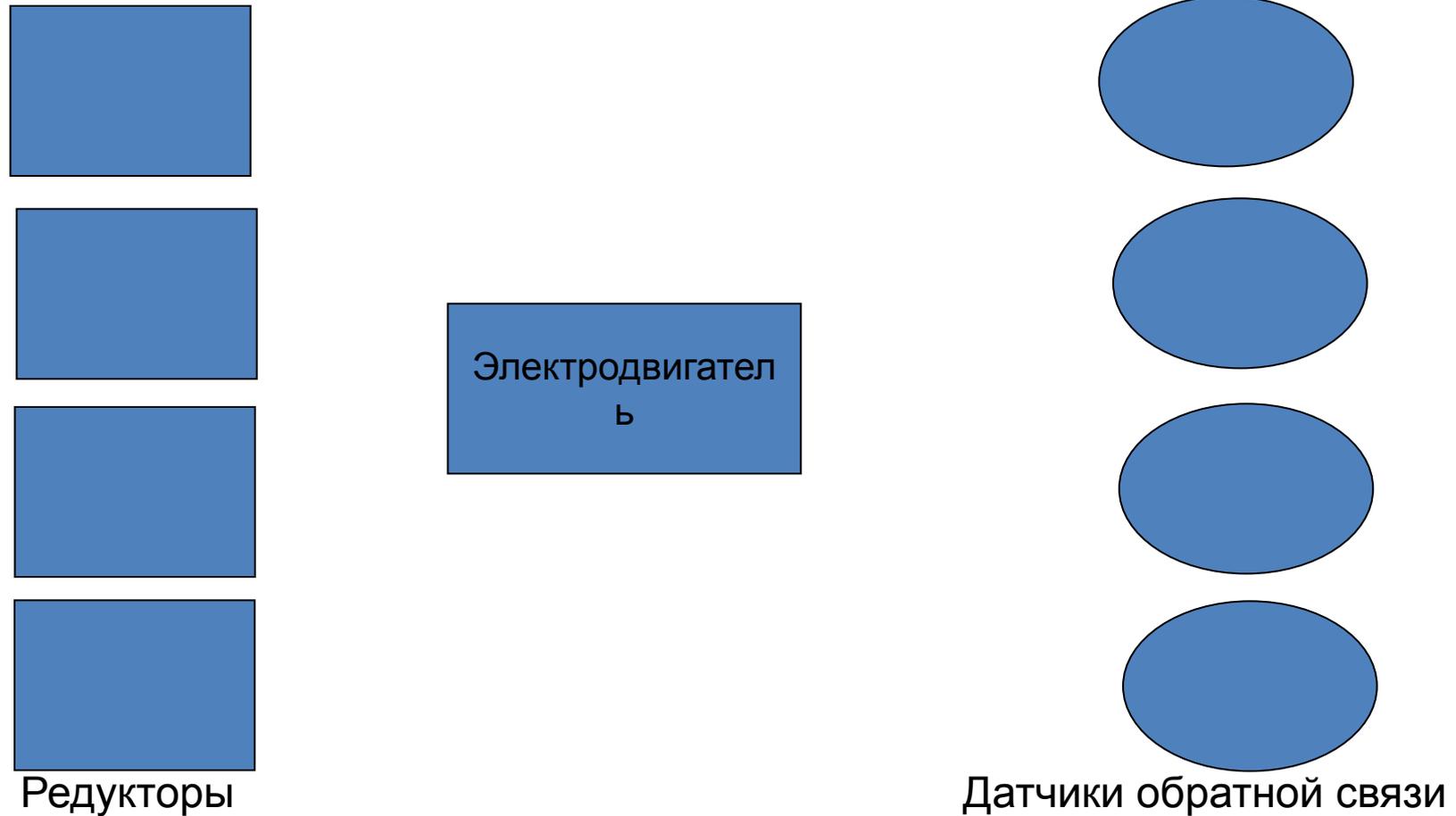
**Пример ММД:**

- бесконтактный двигатель постоянного тока (вентильный);
- планетарный редуктор;
- тормозное устройство;
- инкодер (фотоимпульсный датчик).



Рис. 3.7. Электромагнитный вентиль с планетарным редуктором  
1 – корпусный вал; 2 – фланцевый фланец; 3 – корпусная втулочная часть; 4 – вращающийся вал с шлицами; 5 – статорная катушка; 6 – корпус; 7 – корпусная втулочная часть; 8 – корпусная втулочная часть; 9 – корпусная втулочная часть; 10 – корпусная втулочная часть; 11 – корпусная втулочная часть; 12 – корпусная втулочная часть; 13 – корпусная втулочная часть; 14 – корпусная втулочная часть; 15 – корпусная втулочная часть; 16 – корпусная втулочная часть; 17 – корпусная втулочная часть; 18 – корпусная втулочная часть; 19 – корпусная втулочная часть; 20 – корпусная втулочная часть; 21 – корпусная втулочная часть; 22 – корпусная втулочная часть; 23 – корпусная втулочная часть.

# Блочная-модульная схема построения ММД

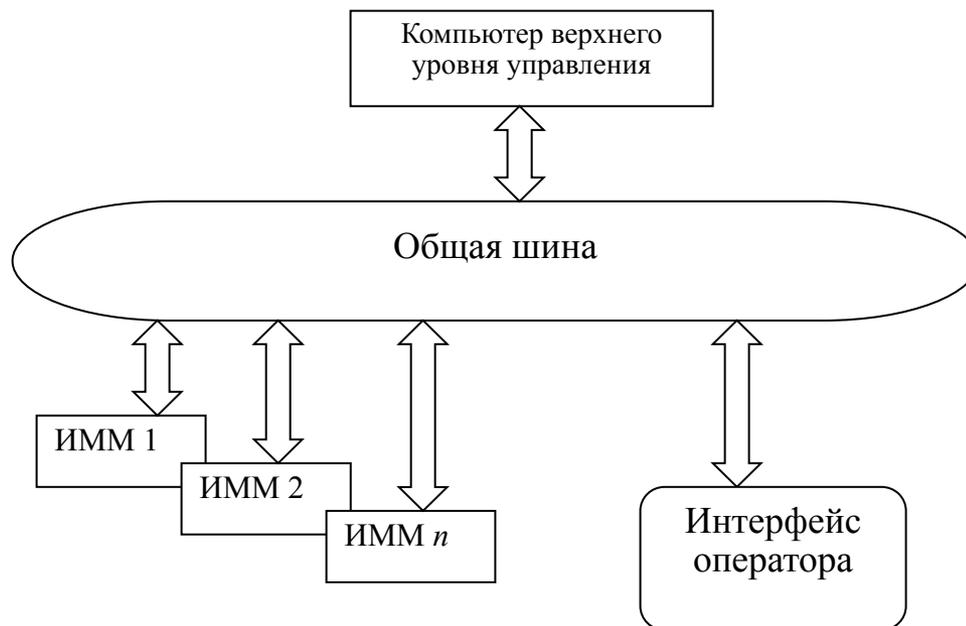


Конструктивная схема ММД, позволяющая подключать к электродвигателю различные типы редукторов и фотоимпульсных датчиков обратной связи

# Интеллектуальные мехатронные модули

**Интеллектуальные мехатронные модули (ИММ)** - конструктивно и функционально самостоятельное изделие, построенное путём синергетической интеграции двигательной механической, информационной, **электронной и управляющей** частей.

**ИММ = ММД + Электрон. + Управление**



Типовая архитектура распределенной системы управления

# Пример ИММ фирмы Siemens

**ИММ «Simodrive Posmo A»** состоят из следующих элементов:

- вентильный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов;
- планетарный (червячный) преобразователь движения;
- тормозное устройство;
- встроенный фотоимпульсный датчик;
- силовой преобразователь;
- комплектное управляющее устройство.

**Режимы движения:**

- перемещение в конечную позицию с программно заданной скоростью и регулируемым ускорением;
- движение с регулируемой частотой вращения вала и регулируемым ускорением.



# Мехатронные машины

**Мехатронные машины** – это интеллектуальные многомерные системы, построенные на мехатронных принципах и технологиях, которые способны выполнять программы функциональных движений в изменяющихся условиях окружающей среды.

## Основные части мехатронной машины:

- 1. **Механическое устройство**, конечным звеном которого является **рабочий орган**.
- 2. **Блок приводов**, включающий в себя силовые преобразователи и исполнительные двигатели.
- 3. **Устройство компьютерного управления**, на вход которого поступают команды человека-оператора либо ЭВМ верхнего уровня управления.
- 4. **Информационное устройство**, предназначенное для получения и передачи в устройство компьютерного управления данных о реальном движении машины и о фактическом состоянии её подсистем.

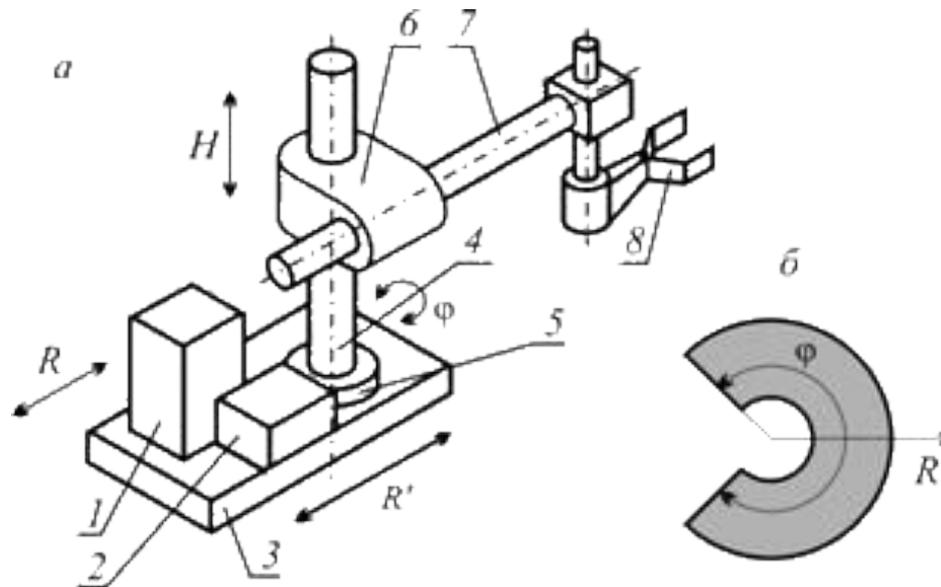
# Обобщенная структура мехатронных машин



# Термины, принятые для мехатронной машины

**Рабочий орган мехатронной машины** – это составная часть механического устройства для непосредственного выполнения технологических операций и/или вспомогательных переходов.

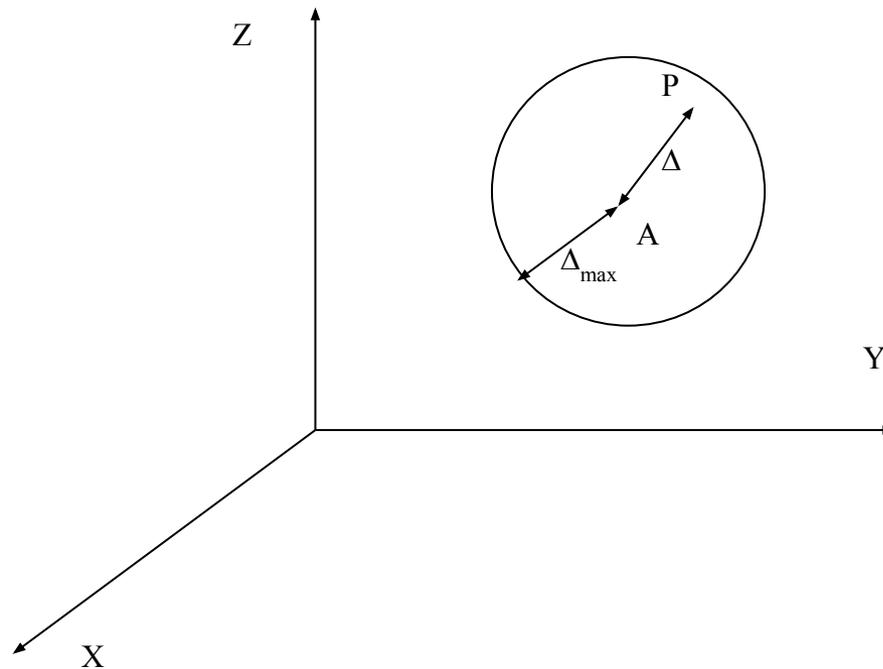
**Рабочая зона мехатронной машины** - совокупность всех точек декартового пространства, которые могут быть достигнуты рабочим органом машины.



# Погрешность позиционирования мехатронной машины

**Погрешность позиционирования** – это отклонение рабочего органа от желаемого положения, заданного программой движения.

**Погрешность отработки траектории** – это отклонение фактической траектории рабочего органа от траектории, заданной программой движения.



# Мехатронные устройства

## Признаки мехатронного устройства:

1. Обязательное механическое звено.
2. Минимум преобразований информации.
3. Использование одного и того же устройства для реализации нескольких функций.
4. Объединение корпусов.
5. Применение сверхплотного монтажа элементов.

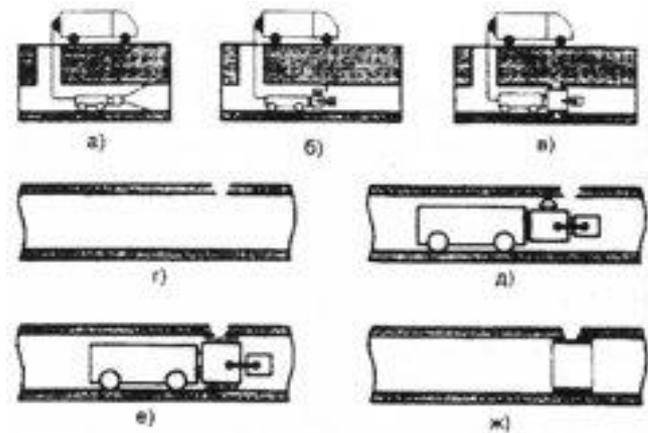
## Пример мехатронного устройства:

KASRO фрезерный робот с гидроприводом D150-250



# Современные мехатронные системы

## 1. Мобильные роботы для инспекции и ремонта подземных трубопроводов



### Система телеинспекции Rausch ECO-STAR 400/400 Pro

#### Назначение:

Телевизионная диагностика (телеинспекция) состояния подземных трубопроводов диаметром от 100 до 4000 мм с протяженностью участков до 400 м как в составе автомобильной диагностической лаборатории для телевизионной диагностики трубопроводов, так и в переносном варианте.

# Современные мехатронные системы (продолжение)

## 2. Роботы для телеинспекции серии SUPERVISION T



## 3. Робот-миноискатель SIL06



## 4. Российская боевая робототехника

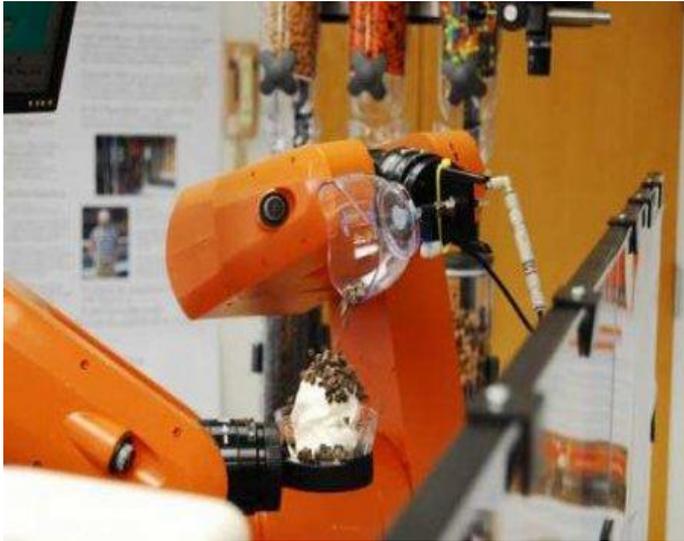


Легкий робототехнический комплекс (РТК) «Клавир»

Роботизированный стрелковый комплекс (РСК)



## 5. Роботы для пищевой промышленности и сервиса



**Робот-мороженщик**



**Робот-бармен**

## 6. Системы контроля и стабилизации движения поездов



Комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У)

# Интерфейсы. Мехатронный подход

При интеграции элементов в мехатронных модулях и машинах – проектная задача – **интерфейсы** между составляющими устройствами и элементами («bottleneck» - бутылочное горлышко = узкое место).

Взаимодействие основных устройств в МС осуществляется не напрямую, а через соединительные блоки.

**«Проблема интерфейсов»** обусловлена многогранностью структурного и технологического базиса мехатроники.

**Суть мехатронного подхода** состоит в объединении элементов в **интегрированные модули** уже на этапах проектирования и изготовления, освобождая конечного потребителя от решения «проблемы интерфейсов» при эксплуатации мехатронной машины.

**Достоинства интегрированных мехатронных модулей и машин:**

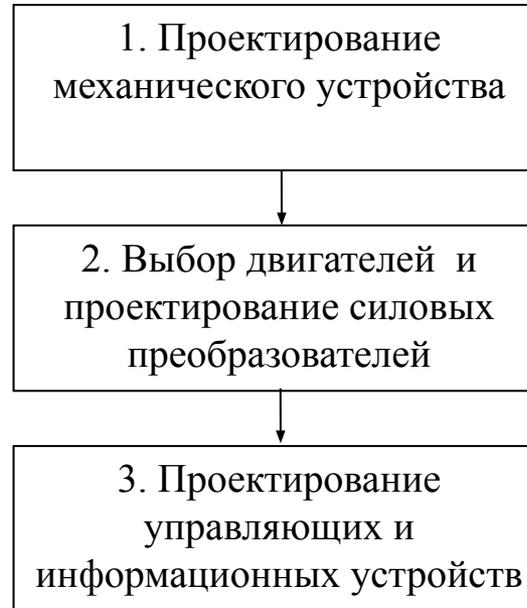
- Повышенная надёжность
- Устойчивость к неблагоприятным внешним воздействиям
- Точность выполнения движений
- Модульность и компактность конструкции

# Проблема интерфейсов

Характеристики интерфейса		
Устройство на входе	Устройство на выходе	Передаваемые воздействия/ сигналы/информация
Человек-оператор или компьютер верх. уровня	Устройство компьютерного управления (УКУ)	Цель движения
УКУ	Силовые электронные преобразователи	Сигналы управления приводами
Силовые электронные преобразователи	Исполнительные двигатели	Управляющие напряжения
Исполнительные двигатели	Механическое устройство	Движущие силы и моменты
Механическое устройство	Информационное устройство	Информация о состоянии механического устройства
Исполнительные двигатели	Информационное устройство	Информация о состоянии двигателей
Информационное устройство	УКУ	Сигналы обратной связи

# Подход к проектированию интегрированных модулей

Решение «проблемы интерфейсов» в мехатронике можно трактовать как задачу **минимизации структурной сложности** мехатронной системы.



Традиционный алгоритм проектирования

# Подход к проектированию интегрированных модулей (продолжение)



Процедура проектирования интегрированных мехатронных модулей и машин

# Заключение

**Задача мехатроники** как науки состоит в интеграции знаний из таких ранее обособленных областей прецизионная механика и компьютерное управление, информационные технологии и микроэлектроника. На стыках этих наук и возникают новые идеи мехатроники.

Мехатроника уже вошла не только в профессиональную, но и повседневную жизнь современного человека. И домашние бытовые машины, и трансмиссии новых автомобилей, и цифровые видеокамеры, и дисководы компьютеров построены **на мехатронных принципах**.

**Суть мехатронного подхода** состоит в объединении элементов в **интегрированные модули** уже на этапах проектирования и изготовления, освобождая конечного потребителя от решения «проблемы интерфейсов» при эксплуатации мехатронной машины.

**Цель мехатроники** как области науки и техники заключается в создании новых модулей движения, а на их основе – движущихся интеллектуальных машин и систем.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

© ФГБОУ ВПО ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2013

© Зубкова Юлия Валерьевна, 2013