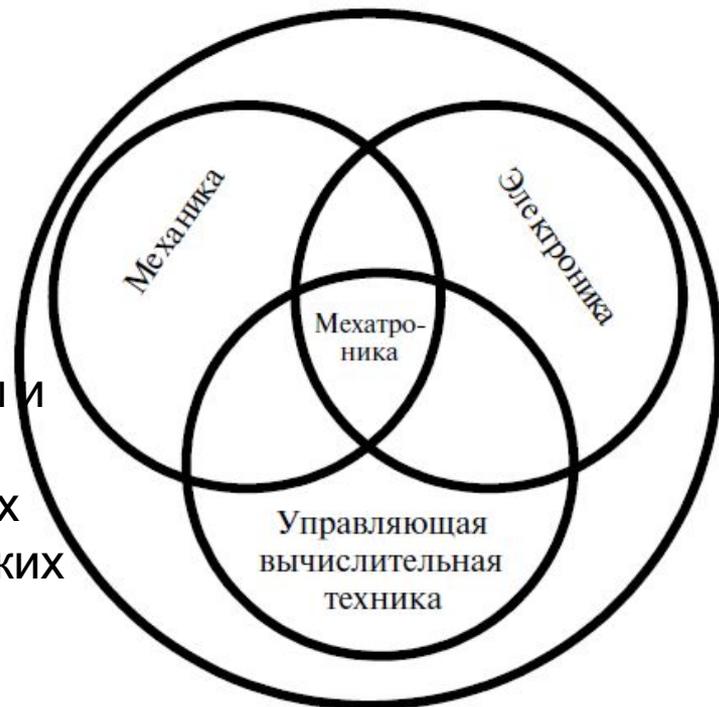


Цель мехатроники

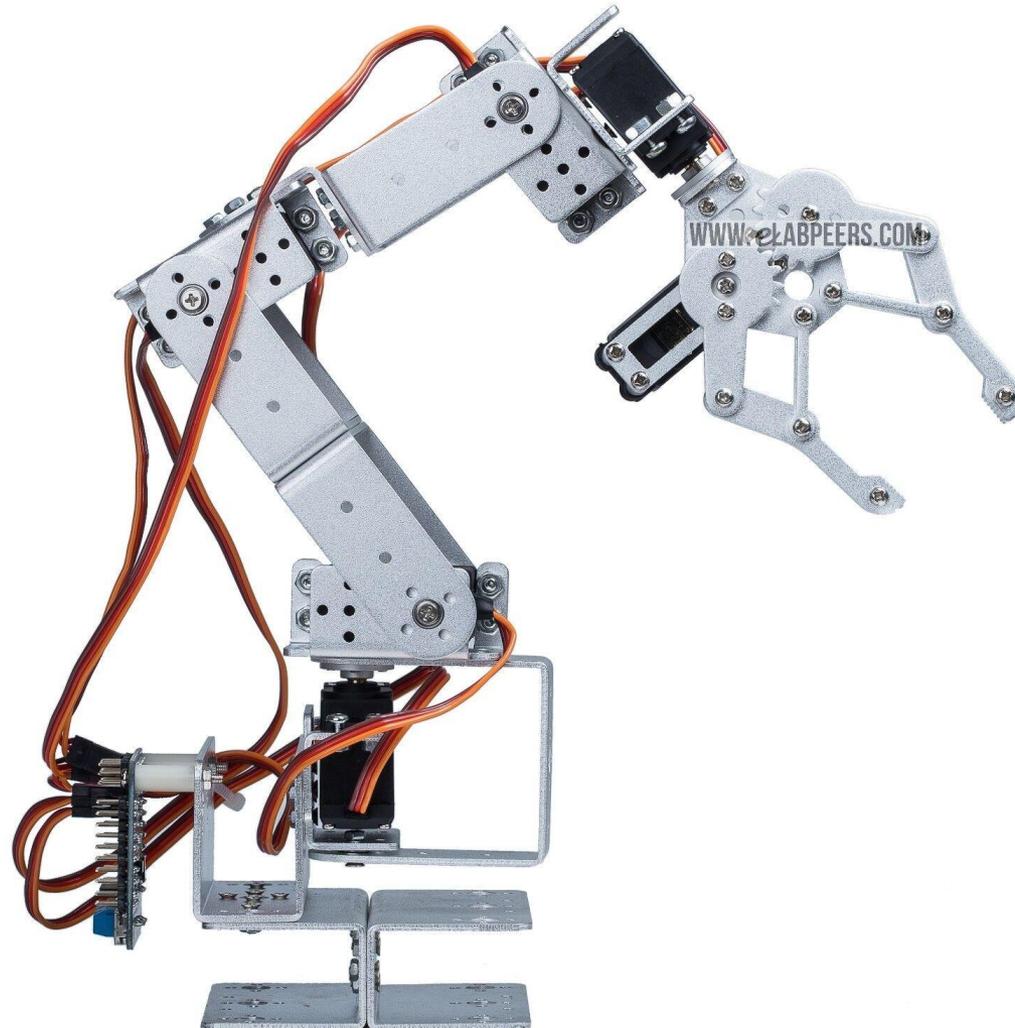
состоит в создании интеллектуальных машин и физико-технических систем и процессов различного назначения, обладающих качественно новыми функциями и свойствами.

Предметом мехатроники являются методы и процессы проектирования и производства качественно новых модулей и машин, а на их основе - интеллектуальных исследовательских и промышленных самоорганизующихся и самоуправляемых технических систем.

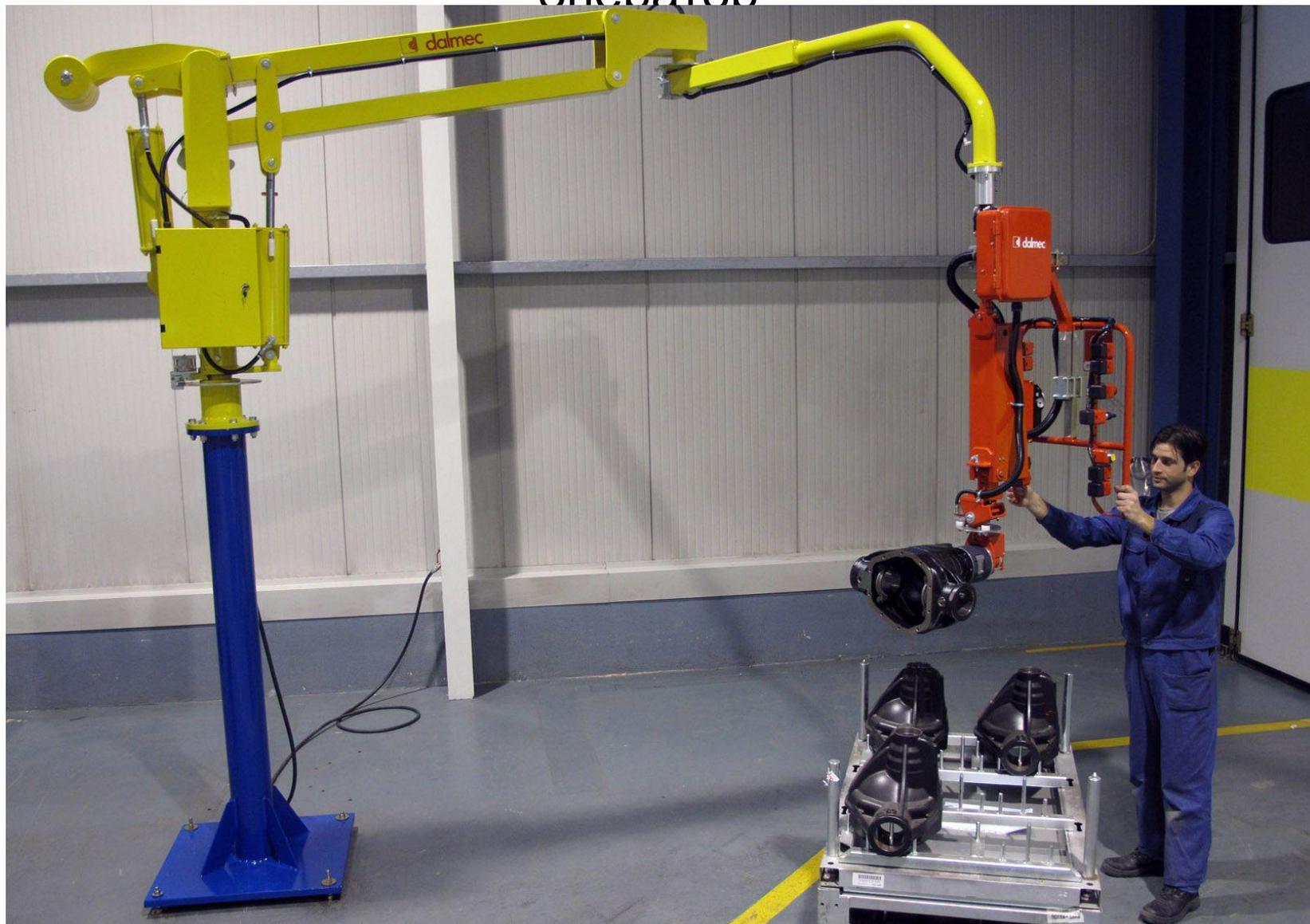
Метод мехатроники основан на системном сочетании (синергетическом объединении) таких ранее обособленных естественнонаучных и инженерных направлений, как точная механика, микроэлектроника, электротехника, компьютерное управление и информатика на всех этапах жизненного цикла изделий, начиная с маркетинга и проектирования и продолжая на этапах реализации (производства), эксплуатации и утилизации. Основой метода мехатроники является синергетическая интеграция (объединение) структурных элементов, технологий, энергетических и информационных потоков для достижения единой цели.



Манипулятор – это управляемое устройство для выполнения двигательных функций при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом



Манипулятор с ручным управлением - манипулятор, управление которым осуществляет оператор



Сбалансированный манипулятор - манипулятор, содержащий систему уравнивания устройства рабочего органа



Автооператор - автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства - манипулятора и устройства передвижения.



Промышленный робот - автоматическая машина, состоящая из манипулятора и устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций

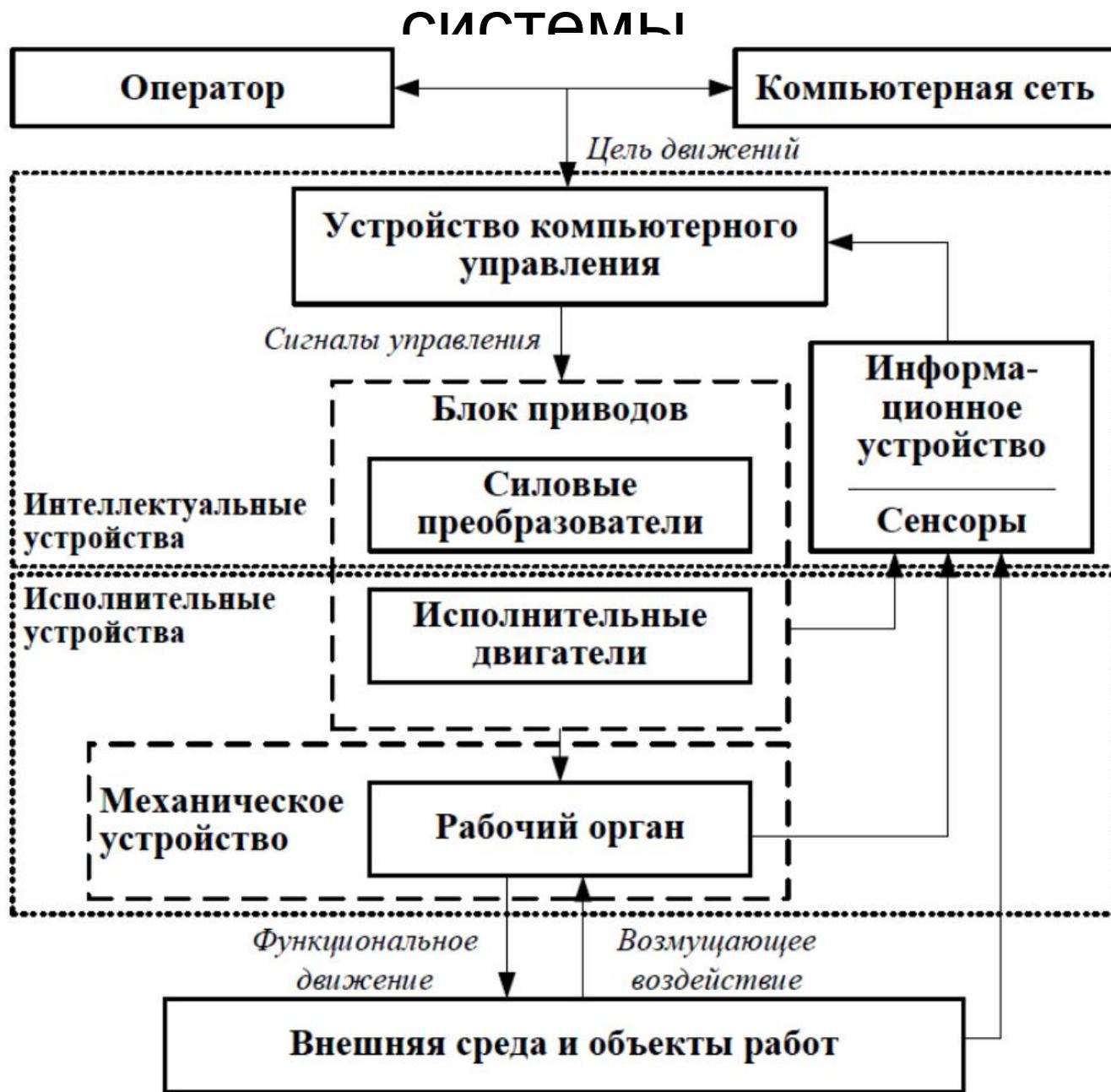


Адаптивный промышленный робот (АПР) – промышленный робот, управляемый устройством адаптивного управления.

Исполнительное устройство промышленного робота - устройство, выполняющее все двигательные функции робота.

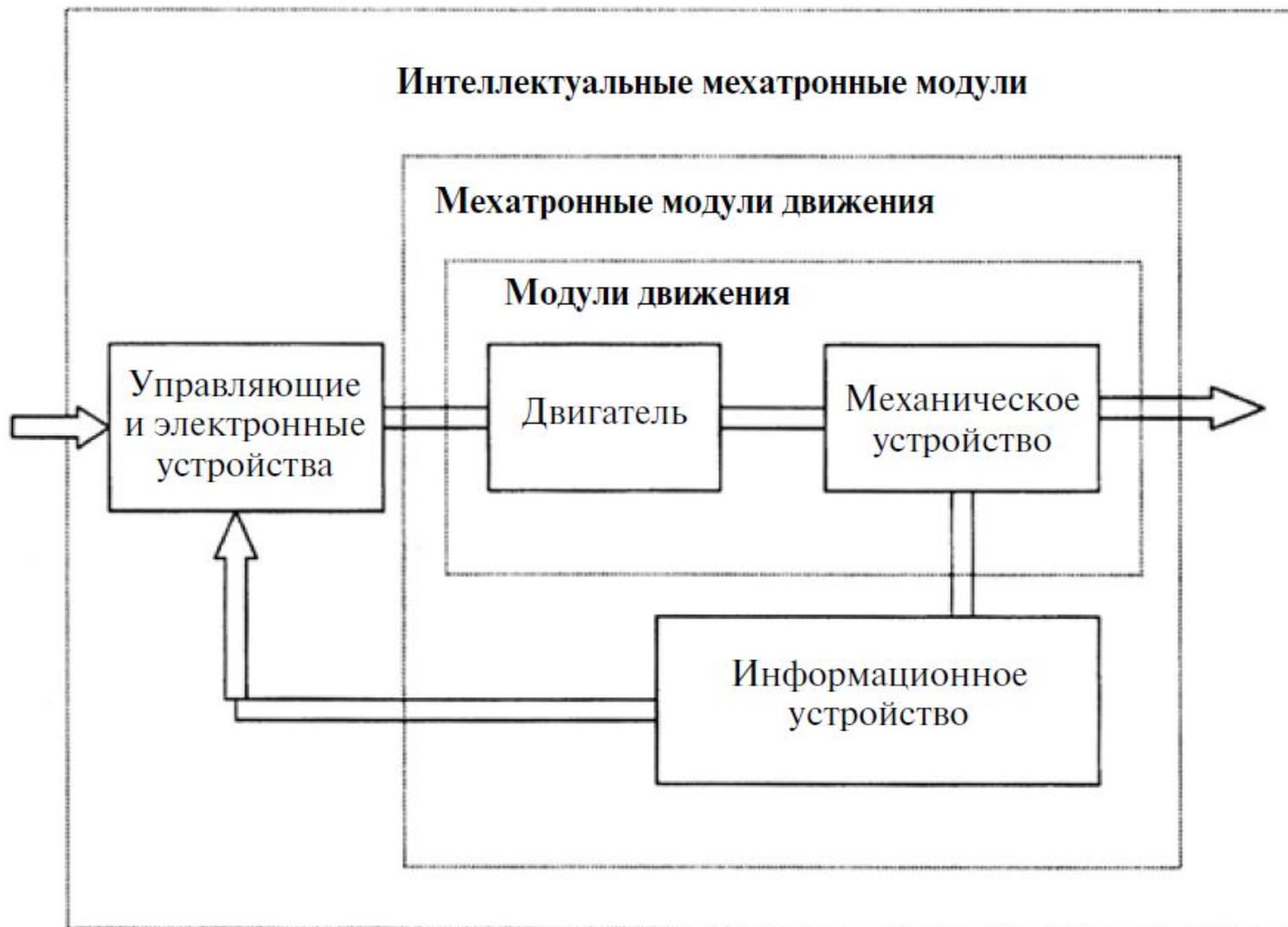
Рабочий орган робота - часть исполнительного устройства ПР для выполнения технологических и вспомогательных операций .

Обобщенная схема мехатронной системы

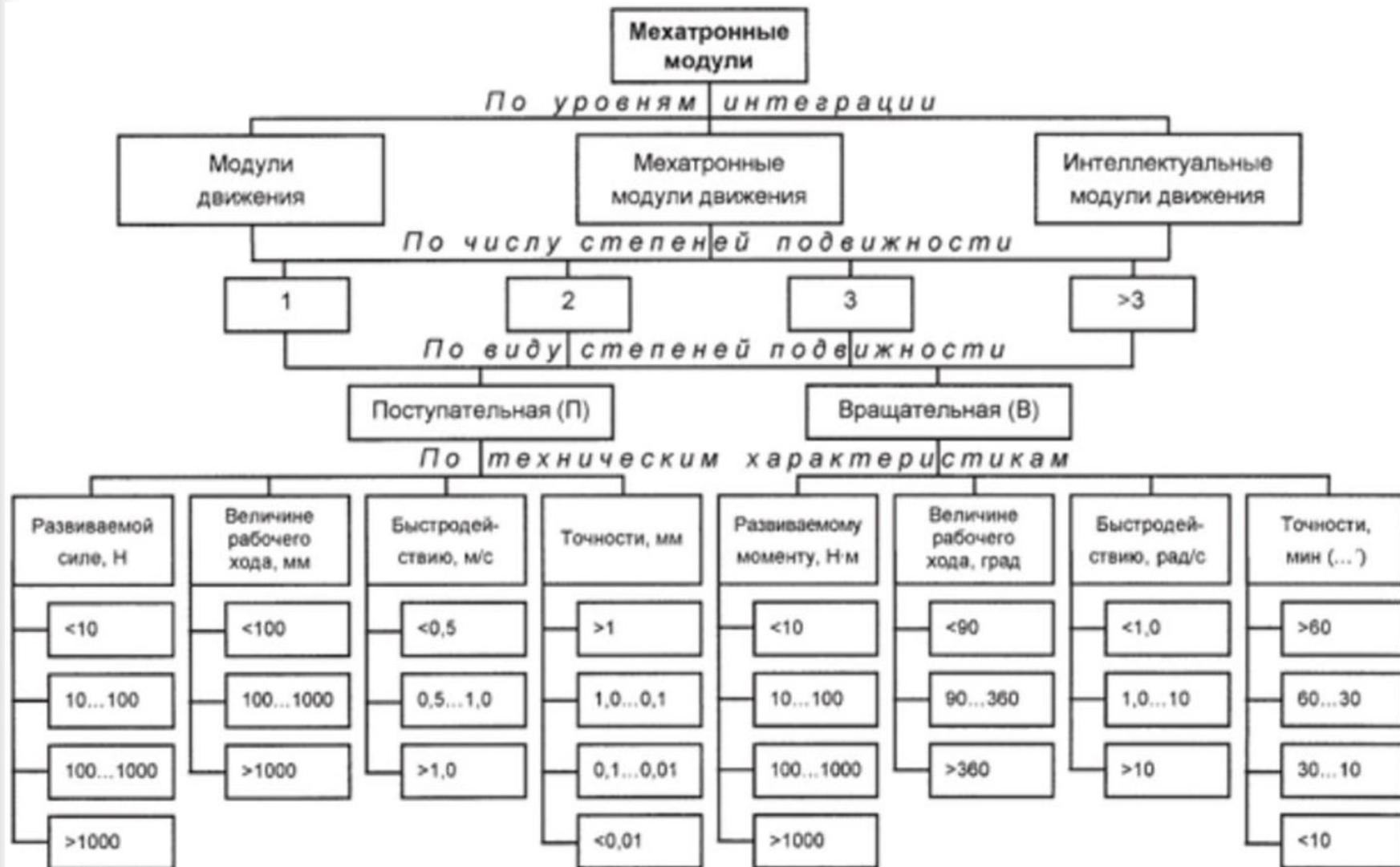


Классификация мехатронных модулей

Мехатронный модуль (ММ) – унифицированный мехатронный объект, имеющий автономную документацию и предназначенный, как правило, для реализации движений по одной координате



Классификация ММ по конструктивным признакам



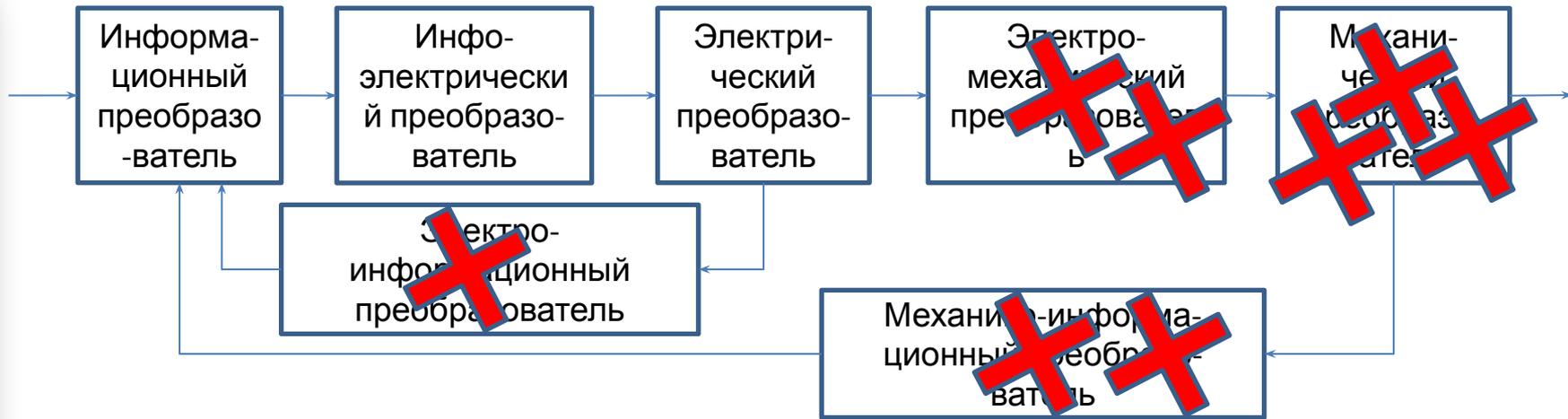
Направление развития мехатронных и робототехнических систем

- интеграция,
- интеллектуализация
- миниатюризация

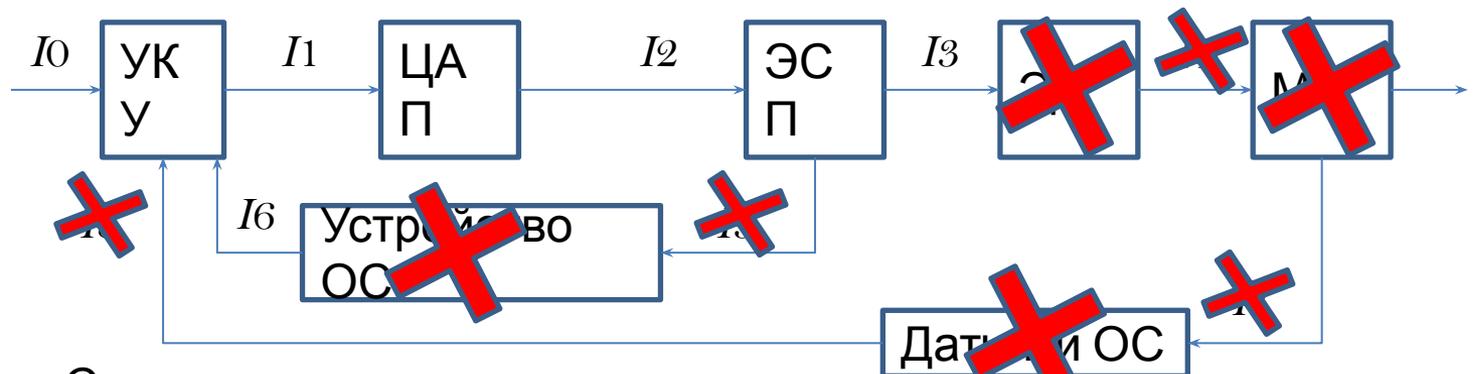


Проектирование мехатронных модулей





Функциональная модель мехатронного модуля



Структура традиционного электропривода с компьютерным управлением

Вентильный высокомоментный двигатель

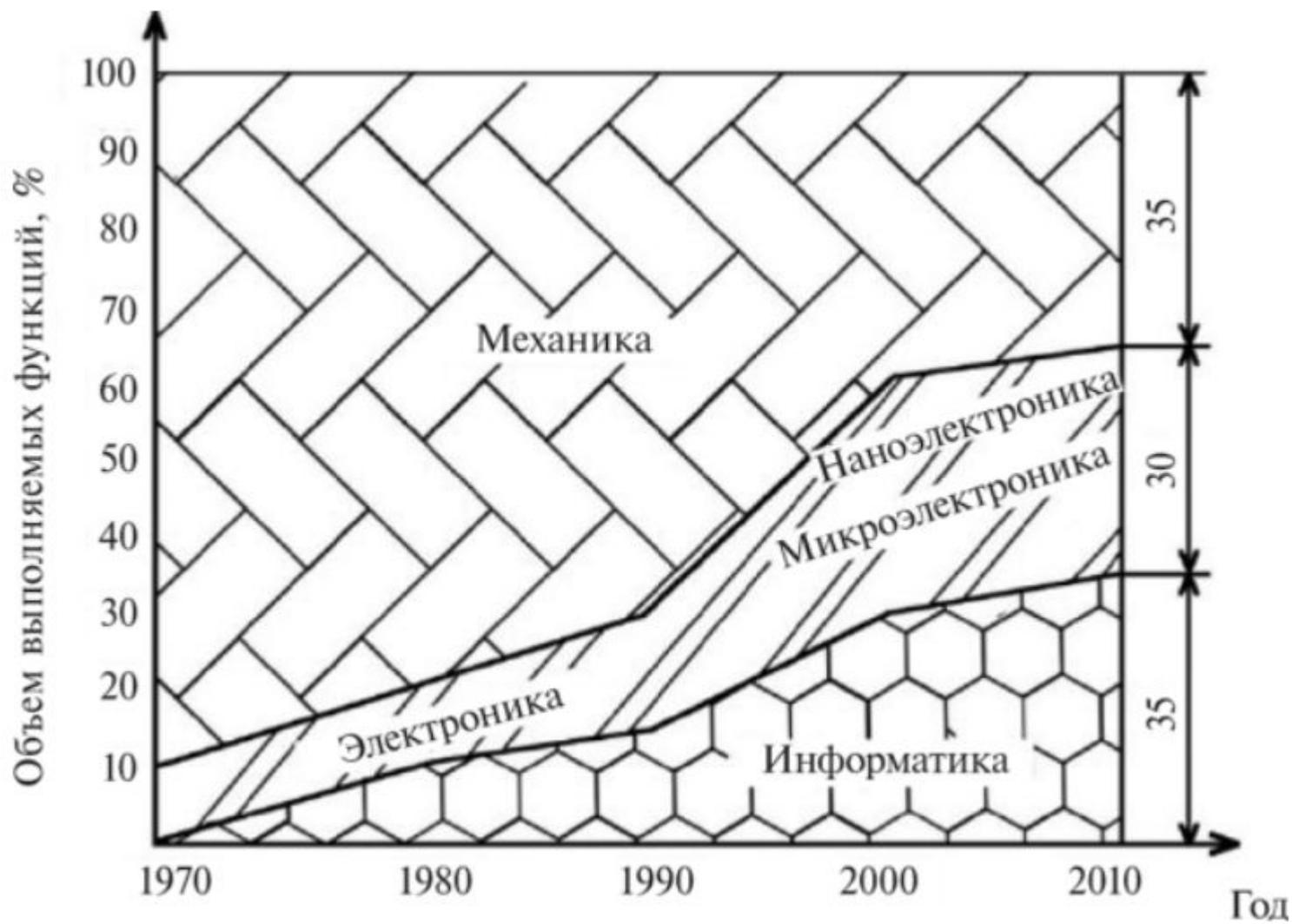
Мехатронный модуль с "бессенсорным" управлением

Интеллектуальный силовой преобразователь

Модули движения

Мехатронные модули движения

Интеллектуальные мехатронные модули



Распределение функциональной нагрузки в современных производственных машинах

ММ движения и агрегаты на их основе современных металлорежущих станков



Интеллектуализация

Знания - это закономерности предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области.

Класс интеллектуальных систем определяется тем, в какой степени система обеспечивает выполнение следующих **пяти принципов организации** интеллектуальных систем управления:

- наличие тесного информационного взаимодействия управляющих систем с реальным внешним миром и использование специально организованных информационных каналов связи;
- принципиальная открытость систем для повышения интеллектуальности и совершенствования собственного поведения;
- наличие механизмов прогноза изменений внешнего мира и собственного поведения системы в динамически меняющемся внешнем мире;
- построение управляющей системы в виде многоуровневой иерархической структуры в соответствии с правилом: повышение интеллектуальности и снижение требований к точности по мере повышения ранга иерархии в системе (и наоборот);
- сохраняемость функционирования (возможно, с некоторой потерей качества или эффективности) при разрыве связей или потере управляющих воздействий от высших уровней иерархии управляющей

Интеллектуализация

Интеллектуальность системы управления

Система управления, не имеющая базы знаний, неспособная к самообучению и адаптации, не умеющая прогнозировать события и построенная с использованием только методов классической теории автоматического управления (ТАУ), имеет степень интеллектуальности **в малом**.

Система управления, имеющая базу знаний, способная к самообучению и адаптации, но не умеющая прогнозировать события, имеет степень интеллектуальности **в большом**.

Система управления, имеющая базу знаний, способная к самообучению, адаптации и прогнозу событий называется интеллектуальной **в целом**.

Определение степени интеллектуальности в малом, в большом и в целом введено по аналогии с устойчивостью в малом, большом и целом для классических систем автоматического управления.

Концепция построения мехатронных

систем

Знания - это закономерности предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области. **Знания** - проверенный практикой результат познания деятельности, верное ее отражение в мышлении человека.

Знаниям присущи пять важнейших элементов:

- внутренняя интерпретируемость, понимаемая как наличие уникальных имен, идентифицирующих каждую информационную единицу;
- структурированность, которая обуславливает возможность рекурсивной вложенности отдельных информационных единиц друг в друга,
- внешняя связность, задающая возможность установления функциональных, казуальных и других типов отношений между информационными единицами,
- шкалируемость характеризующая возможность введения различных метрик для фиксации количественных, порядковых и иных соотношений информационных единиц;
- активность, отражающая способность инициировать выполнение некоторых целесообразных действий при появлении новой информации.

Концепция построения мехатронных систем

Информационные технологии:

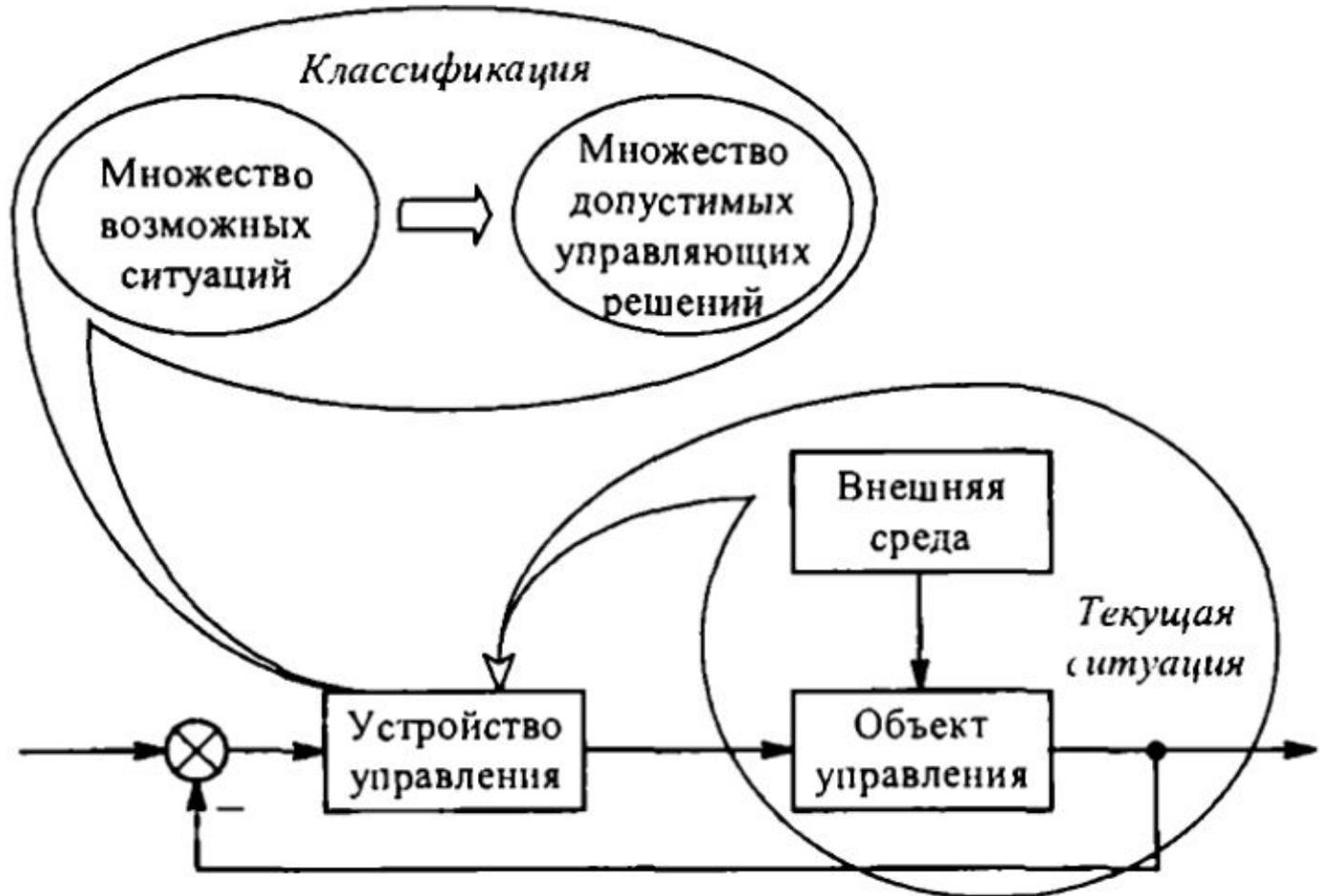
- технологии экспертных систем;
- технологии нечеткой логики;
- технологии нейросетевых структур;
- технологии ассоциативной памяти.

Концепция построения мехатронных систем

Технология	Представление знаний	Формирование начальных знаний	Организация логического вывода	Возможность пополнения знаний	Объяснение принимаемых решений	Способ реализации и быстродействие
Экспертных систем	В явном виде с помощью продукционных правил, семантических сетей, предикатов и структур фреймообразующих	С помощью эксперта в интерактивном режиме	Обеспечивается сопоставлением начальной посылки с многоуровневой классификацией, заданной иерархией продукционных правил или других представлений	Обеспечивается путем изменения продукционных правил, семантических связей и других представлений	Может быть обеспечено за счет анализа активизированной цепи логического вывода	Программный, низкое
Нечеткой логики	В полускрытом виде с помощью продукционных правил и функций принадлежности, отражающих взаимосвязь входных и выходных параметров и их физическую значимость	С помощью эксперта в интерактивном режиме или в автоматическом режиме на основе анализа статистических данных о функционировании системы	Обеспечивается выполнением продукционных правил и выбранным методом обработки функций принадлежности	Обеспечивается за счет изменения системы правил, формы и относительного размещения функций принадлежности на базовых осях	Может быть обеспечено за счет анализа срабатывающих правил	Программный и аппаратный, высокое и низкое соответственно
Нейросетевых структур	В неявном виде в архитектуре сети, параметрах нейронов и связей	На примере обучающей выборки с помощью алгоритмических процедур настройки в автоматическом режиме	Обеспечивается логикой работы сети	Обеспечивается путем изменения топологии, структуры и параметров сети	Может быть обеспечено за счет введения дополнительной объясняющей нейросети	Аппаратный, высокое
Ассоциативной памяти	В неявном виде в форме гиперповерхности в многомерном пространстве признаков в	Путем автоматического формирования ассоциативных связей по заданному алгоритму	Обеспечивается проецированием рабочей точки гиперповерхности на оси выбранной системы координат	Обеспечивается путем изменения пространства параметров и формы гиперповерхности	Может быть обеспечено введением дополнительной координаты с пояснениями	Программный и аппаратный, высокое

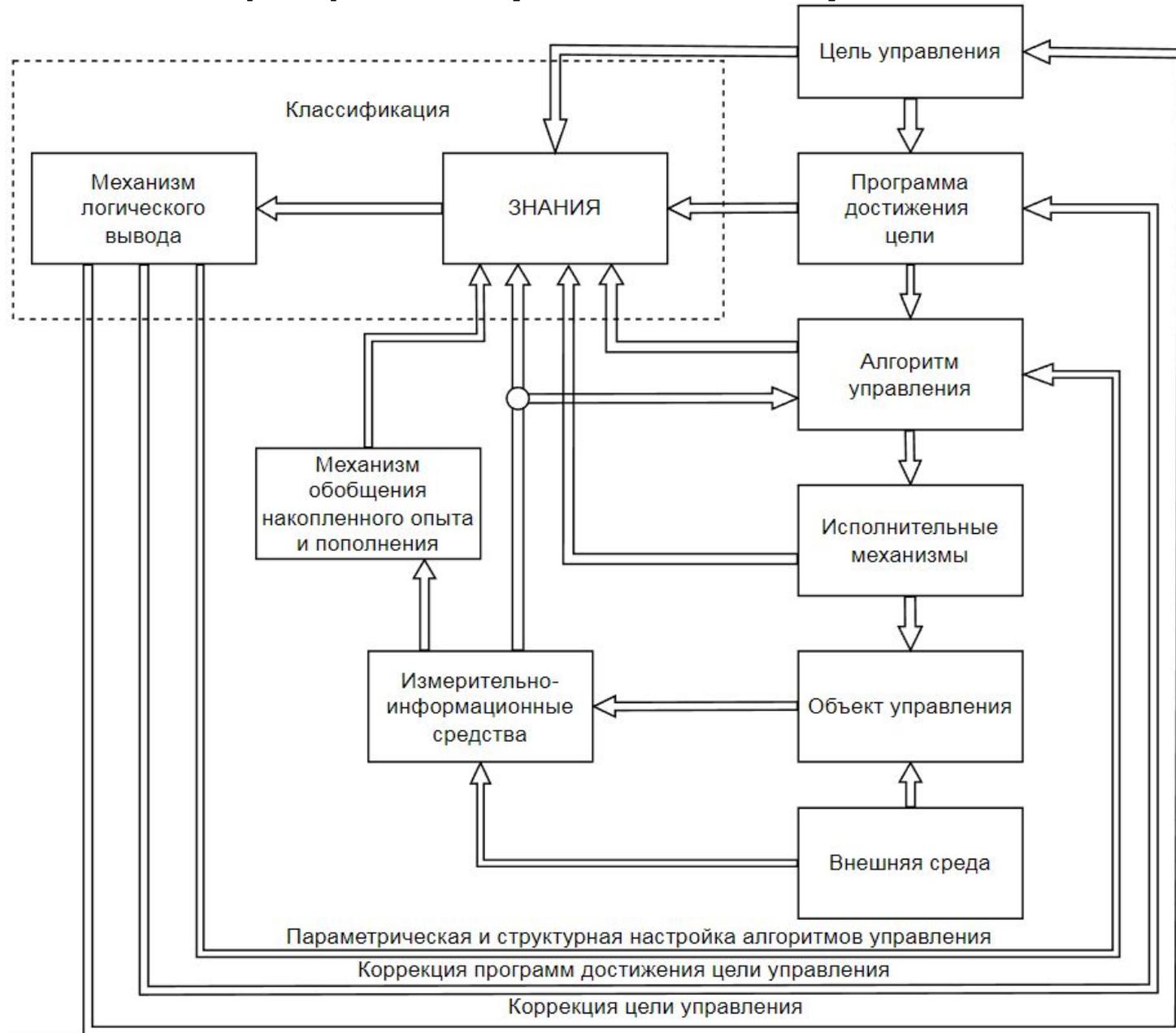
Концепция построения мехатронных систем

Управление - функция организованных систем различной природы (биологических, социальных, технических), обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию их программ и целей



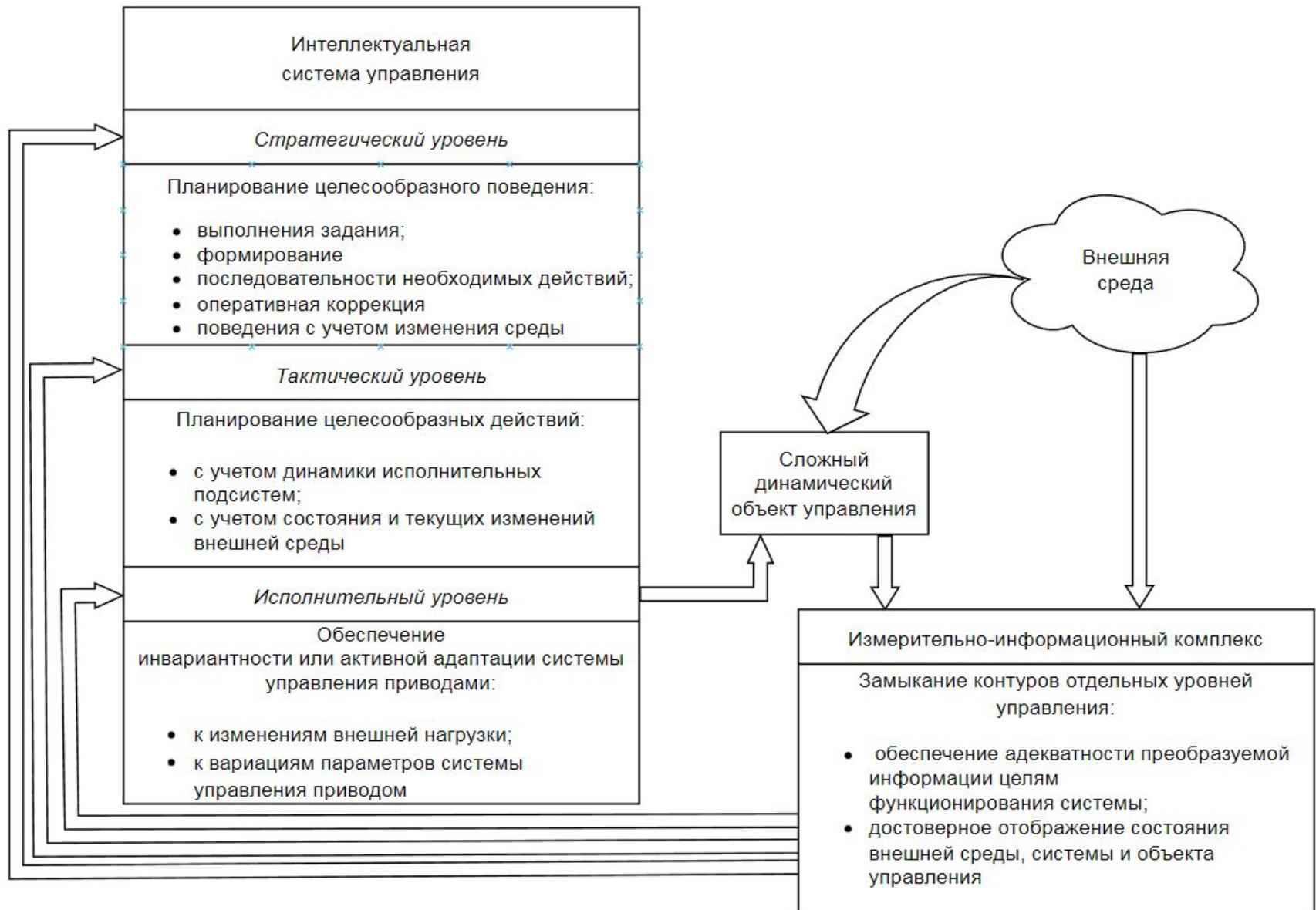
Реализация принципов ситуационного управления в автоматических системах

Концепция построения мехатронных систем



Обобщенная структура системы интеллектуального управления

Концепция построения мехатронных систем



Иерархическое построение системы интеллектуального управления сложным динамическим объектом

Сложная мехатронная система

Признаки:

1. Наличие большого количества взаимно связанных и взаимодействующих между собой элементов.
2. Сложность функции, выполняемой системой и направленной на достижение определенной цели функционирования.
3. Возможность разбиения системы на подсистемы, цели функционирования которых подчинены общей цели функционирования всей системы.
4. Наличие управления, информационной разветвленной сети, интенсивных потоков информации.
5. Взаимодействие с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных факторов.

Интеллектуальные системы с учетом характера взаимодействия внешним миром

первый класс — информационно изолированные от внешнего мира системы, "живущие" в реальном внешнем мире и не использующие ни информации, ни воздействий из этого мира;

второй класс — связанные с техническим внешним миром (информационно замкнутые через внешний мир) системы, "живущие" в техническом (формализованном) внешнем мире и перерабатывающие информацию, поступающую из него;

третий класс — информационно связанные с реальным внешним миром системы, "живущие" в естественном внешнем мире и перерабатывающие информацию, поступающую из этого мира.

Концептуальная архитектура интеллектуальной системы

- Архитектура интеллектуальной системы
 - База знаний с развитыми механизмами вывода на знаниях
 - Интеллектуальный решатель (формулирующий постановку и общий план решения задачи)
 - интеллектуальный планировщик (формирующий конкретный план решения задачи)
 - Система объяснения
 - Интерфейс с пользователем

Признаки интеллектуальной информационной системы

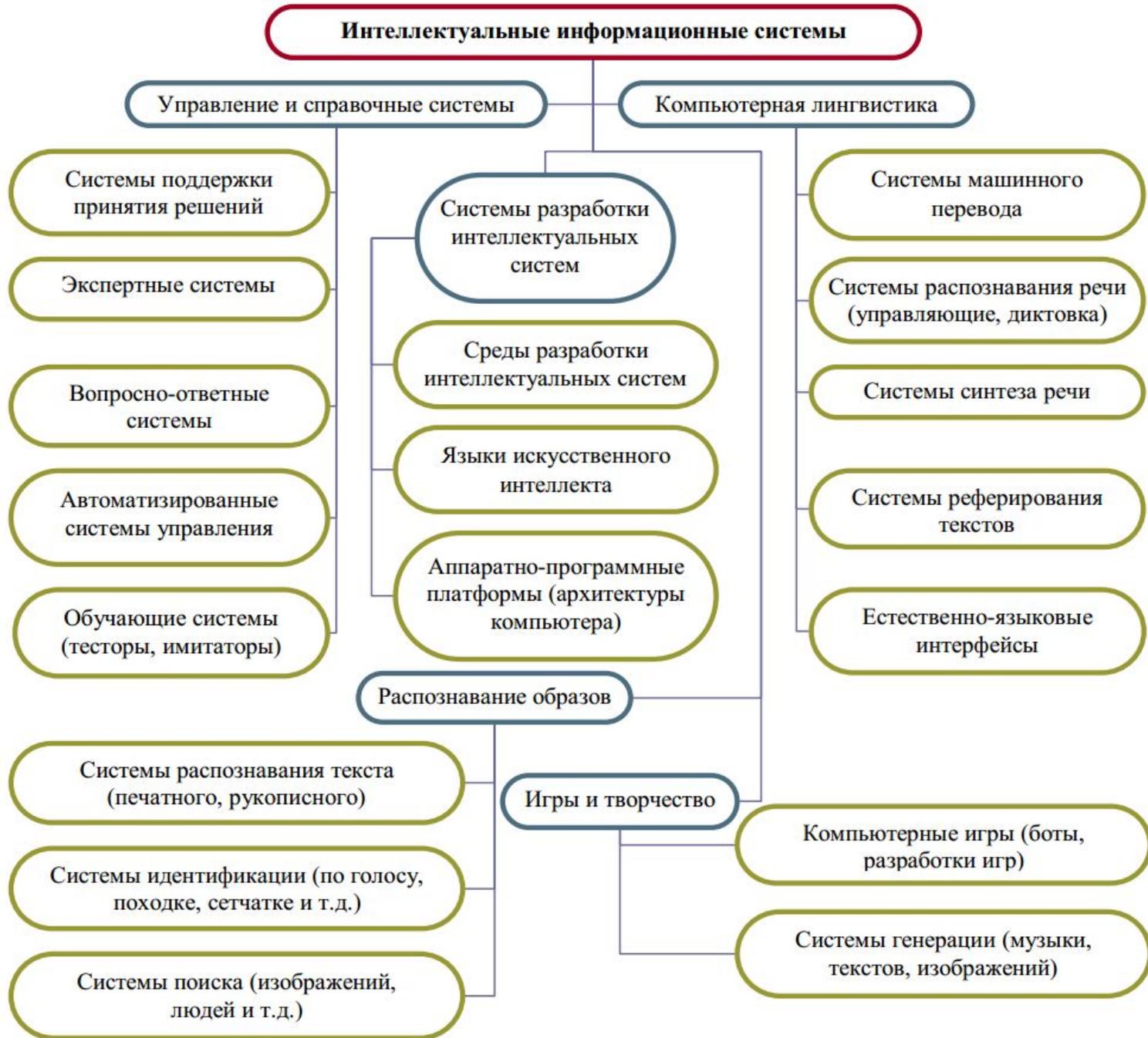
- развитые коммуникативные способности
- умение решать сложные плохо формализуемые задачи
- способность к самообучению
- адаптивность

Интеллектуальной информационной системой называют автоматизированную информационную систему, основанную на знаниях, или комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке.

Классификация интеллектуальных информационных систем по типам



Классификация интеллектуальных информационных систем по решаемым задачам



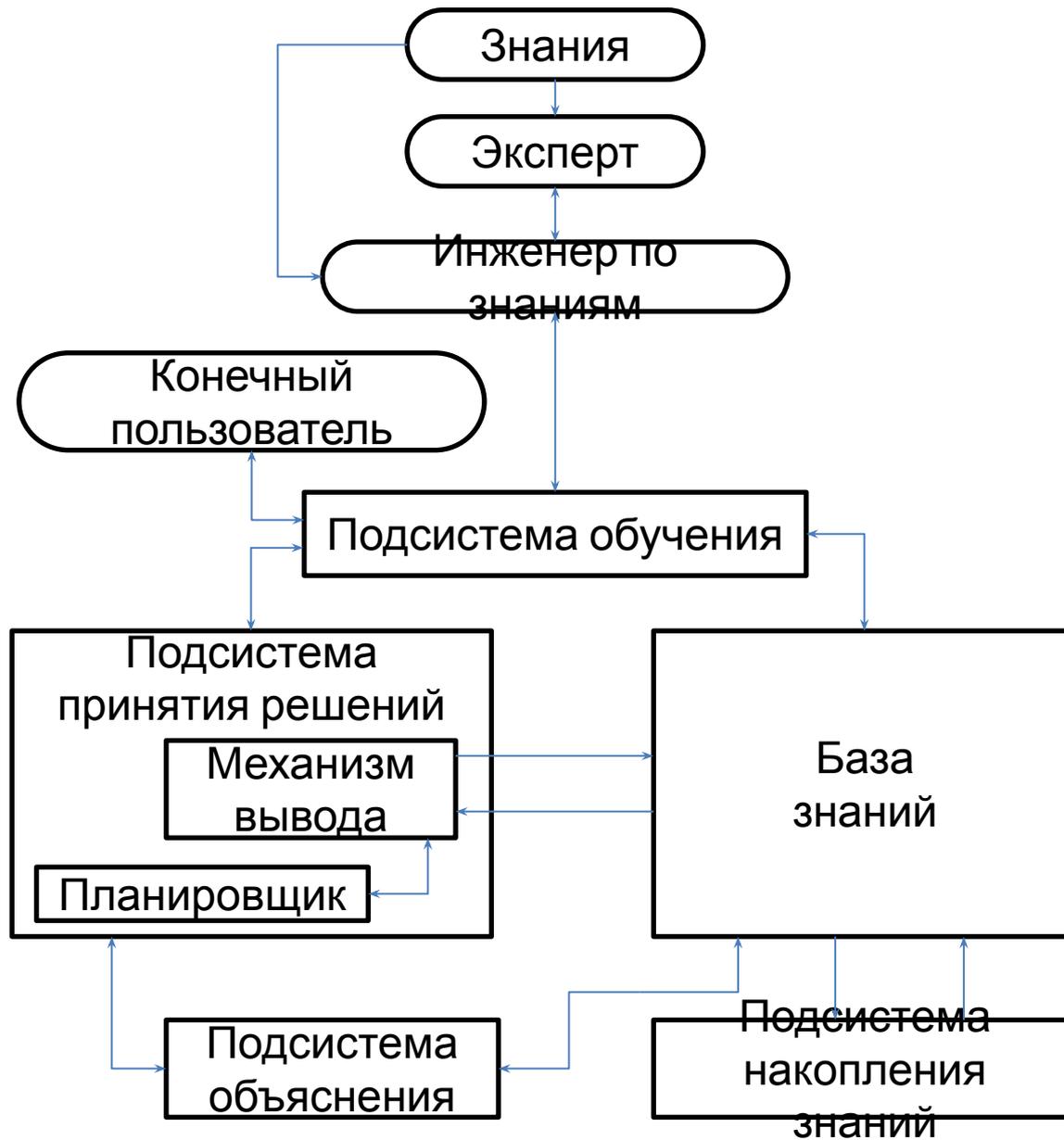
Классификация интеллектуальных информационных систем по методам



Классификация интеллектуальных систем по



Организация экспертной системы



Экспертная система

Экспертная система (ЭС) (expert system) - это программа для компьютера, которая оперирует со знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблемы. Прежде всего, необходимо четко понять, что же такое знания, и чем они отличаются от обычных данных, десятилетиями обрабатываемых ЭВМ.

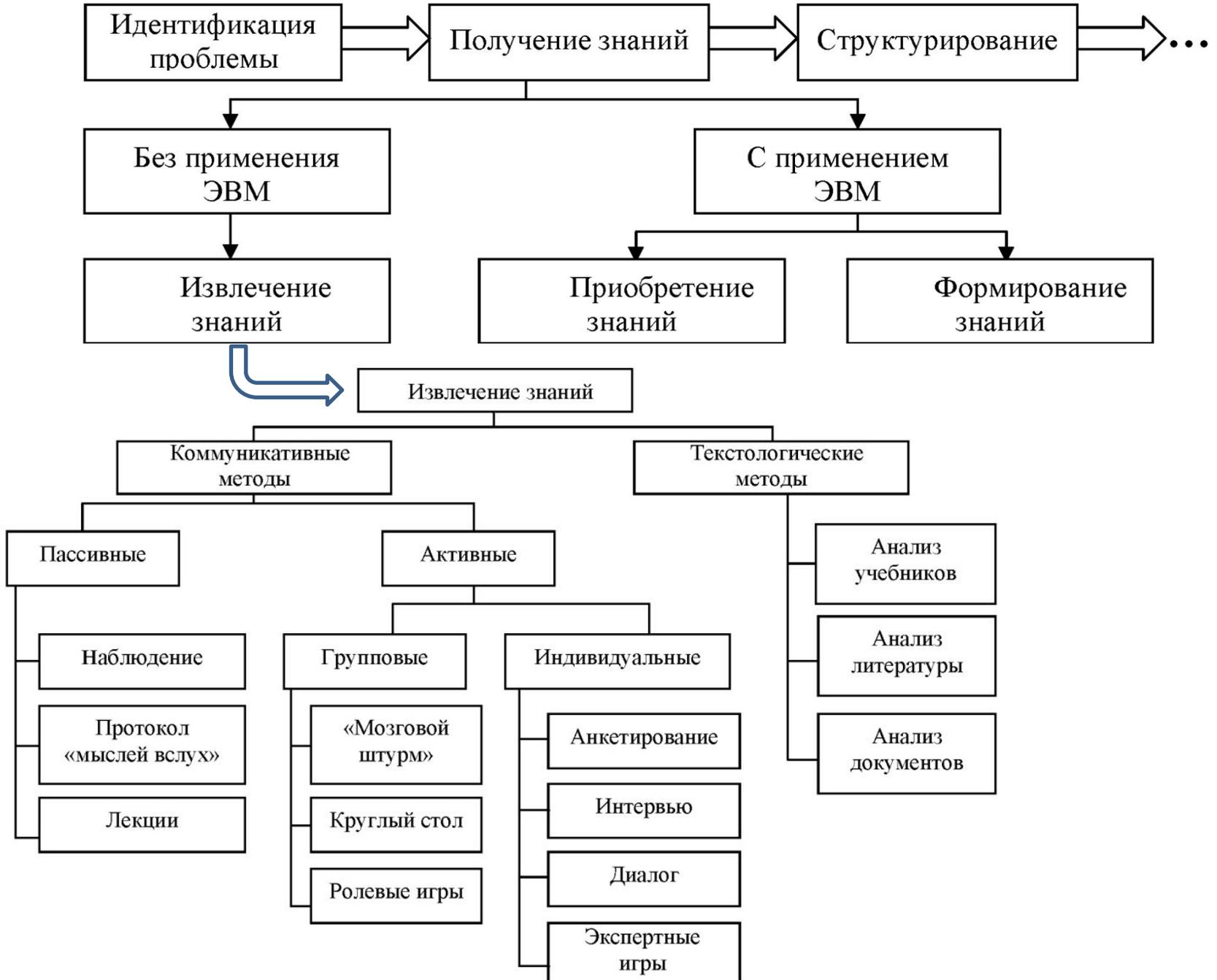
Данные - это отдельные факты, характеризующие объекты, процессы и явления предметной области, а также их свойства. Знания основаны на данных. Они представляют собой результат мыслительной деятельности человека, направленной на обобщения его опыта, полученного в результате практической деятельности.

Знания - это закономерности предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области.

• Базовые функции экспертных систем

- приобретение знаний
- представление знаний
- управление процессом поиска решения
- разъяснения принятого решения

Экспертная система. Приобретение



Экспертная система. *Представление знаний*

Поверхностные знания - знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области.

Глубинные знания - абстракции, аналогии, схемы, отражающие структуру и природу процессов, протекающих в предметной области.

Модели представления знаний:

- ❖ продукционные модели;
- ❖ семантические сети;
- ❖ фреймы;
- ❖ формальные логические модели.

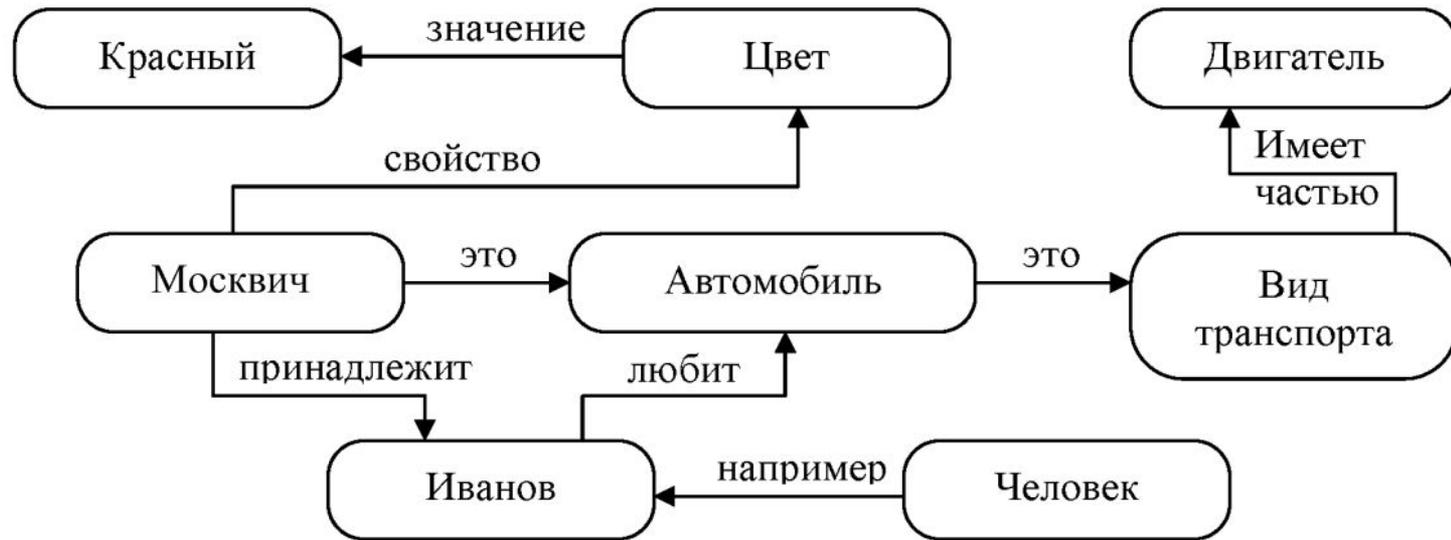
Продукционная модель или модель, основанная на правилах, позволяет представить знания в виде предложений типа «*Если* (условие - *антецедент*), *то* (действие - *консеквент*)»

Семантическая сеть - это ориентированный граф, вершины которого - понятия, а дуги - отношения между ними.

Экспертная система. *Представление знаний*

Продукционная модель или модель, основанная на правилах, позволяет представить знания в виде предложений типа «Если (условие - антецедент), то (действие - консеквент)»

Семантическая сеть - это ориентированный граф, вершины которого - понятия, а дуги - отношения между ними.



Экспертная система. Представление

Фрейм - это абстрактный образ ~~данных~~ представления некоего стереотипа восприятия.

$$\langle Z, (Y, T, A), \dots, (Y, T, A) \rangle$$

Где Z - имя фрейма;

Y - имя слота;

T - значение слота;

A - имя присоединенной процедуры

Различают *фреймы-образцы*, или *прототипы*, хранящиеся в базе знаний, и *фреймы-экземпляры*, которые создаются для отображения реальных фактических ситуаций на основе поступающих данных.

Модель фрейма является достаточно универсальной, поскольку позволяет отобразить все многообразие знаний о мире через:

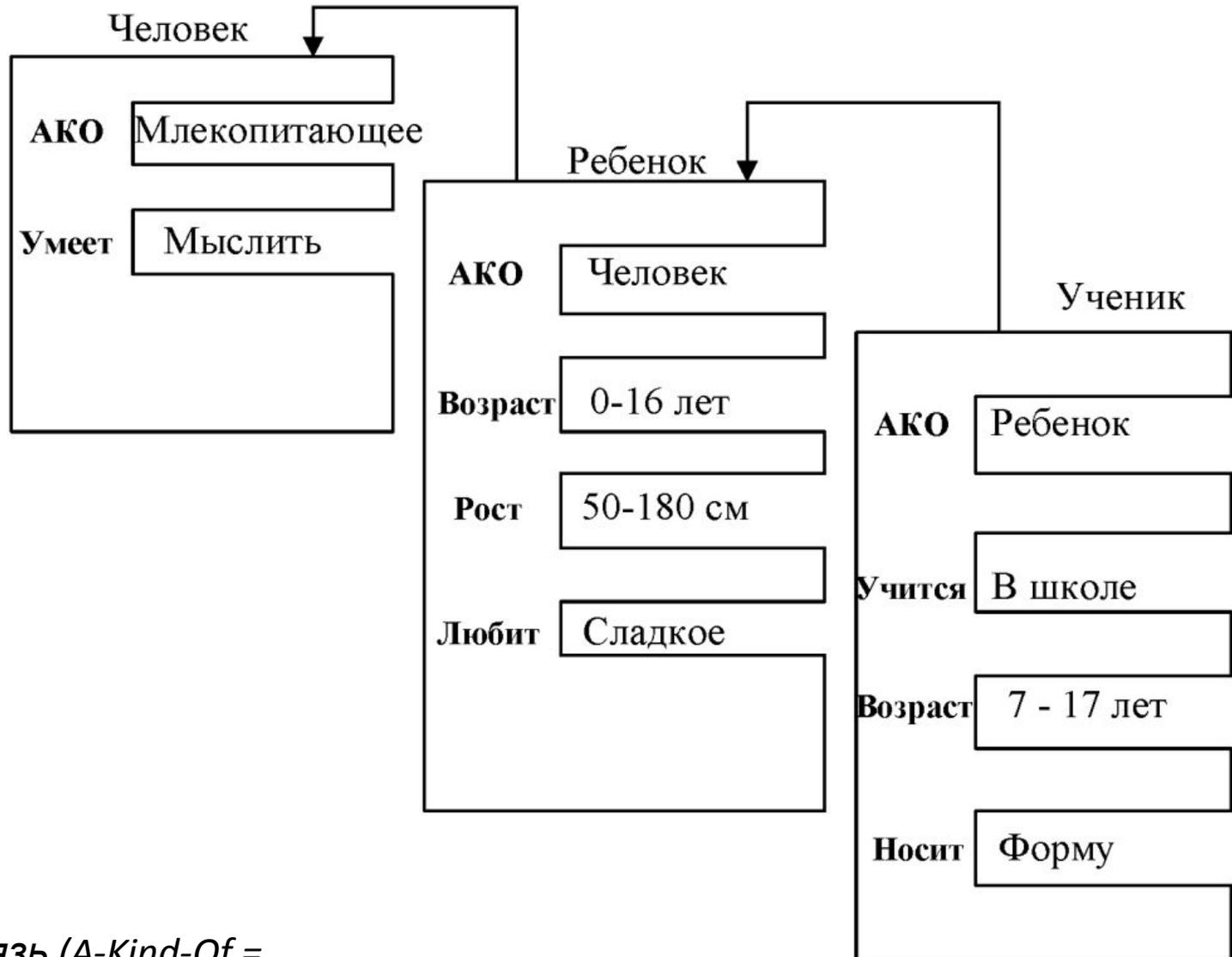
- фреймы-структуры, использующиеся для обозначения объектов и понятий (заем, залог, вексель);
- фреймы-роли (менеджер, кассир, клиент); - *фреймы-сценарии* (банкротство, собрание акционеров, празднование именин);
- фреймы-ситуации (тревога, авария, рабочий режим устройства) и др.

Структура фрейма

Имя фрейма			
Имя слота	Значение слота	Способ получения значения	Присоединенная процедура

Экспертная система. Представление

Фрейм - это абстрактный образ данных, представляющий некое стереотипа восприятия.



АКО-связь (A-Kind-Of = это)

Экспертная система. Управление процессом поиска

П1. Если «отдых - летом» и «человек активный», то «ехать в горы».

П2. Если «любит солнце», то «отдых летом».

Предположим, в систему поступили факты - «человек активный» и «любит солнце».

ПРЯМОЙ ВЫВОД - исходя из фактических данных, получить рекомендацию.

1-й проход.

Шаг 1. Пробуем **П1**, не работает (не хватает данных «отдых - летом»).

Шаг 2. Пробуем **П2**, работает, в базу поступает факт «отдых - летом».

2 -й проход.

Шаг 3. Пробуем **П1**, работает, активизируется цель «ехать в горы», которая и выступает как совет, который дает ЭС.

ОБРАТНЫЙ ВЫВОД - подтвердить выбранную цель при помощи имеющихся правил и данных.

1-й проход.

Шаг 1. Цель - «ехать в горы»: пробуем **П1** - данных «отдых - летом» нет, они становятся новой целью и ищется правило, где цель в правой части.

Шаг 2. Цель - «отдых - летом»: правило **П2** подтверждает цель и активизирует ее.

2 -й проход.

Экспертная система. *Управление процессом поиска решения*

Стратегии управления

выводом:

- поиск в глубину
- поиск в ширину
- разбиение на подзадачи
- альфа-бета алгоритм

Машина вывода (интерпретатор правил) выполняет две функции:

- просмотр существующих фактов из рабочей памяти (базы данных) и правил из базы знаний и добавление (по мере возможности) в рабочую память новых фактов;
- определение порядка просмотра и применения правил (механизм

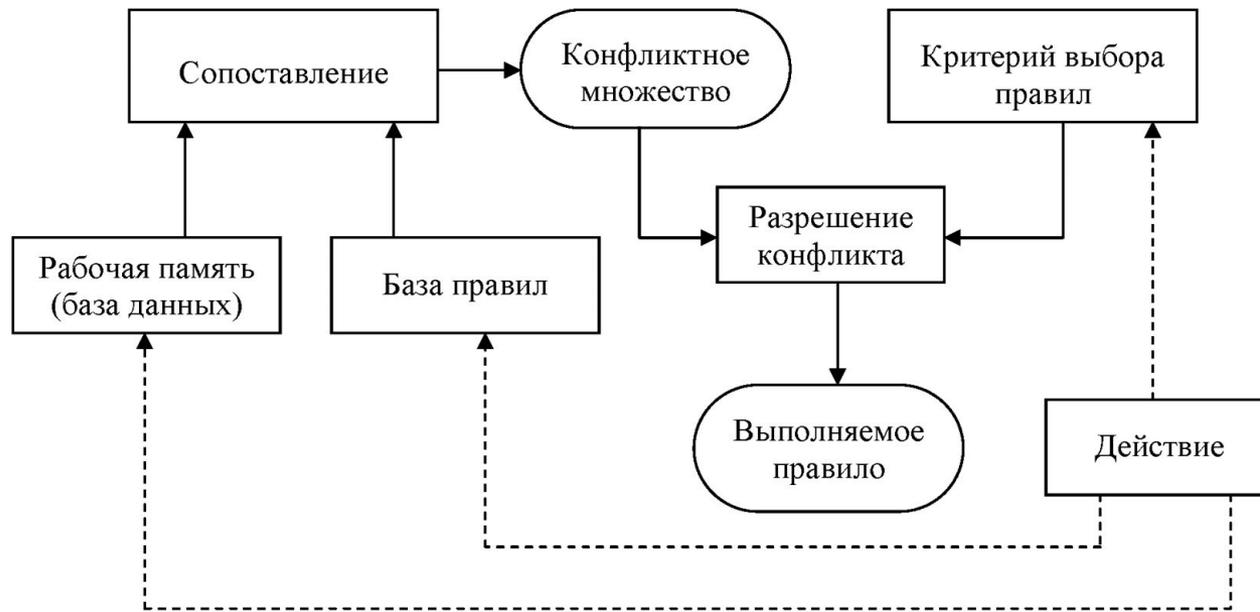
вывода)
Механизм вывода включает два компонента - один реализует вывод, другой управляет этим процессом.

Действие компонента вывода основано на применении правила, называемого *modus ponens*: **Если известно, что истинно утверждение *A* и существует правило «ЕСЛИ *A*, ТО *B*», тогда утверждение *B* также истинно.**

Управляющий компонент определяет порядок применения правил и выполняет четыре функции.

- 1) *Сопоставление*
- 2) *Выбор*
- 3) *Срабатывание*
- 4) *Действие*

Экспертная система. Управление процессом поиска решения



Цикл работы интерпретатора

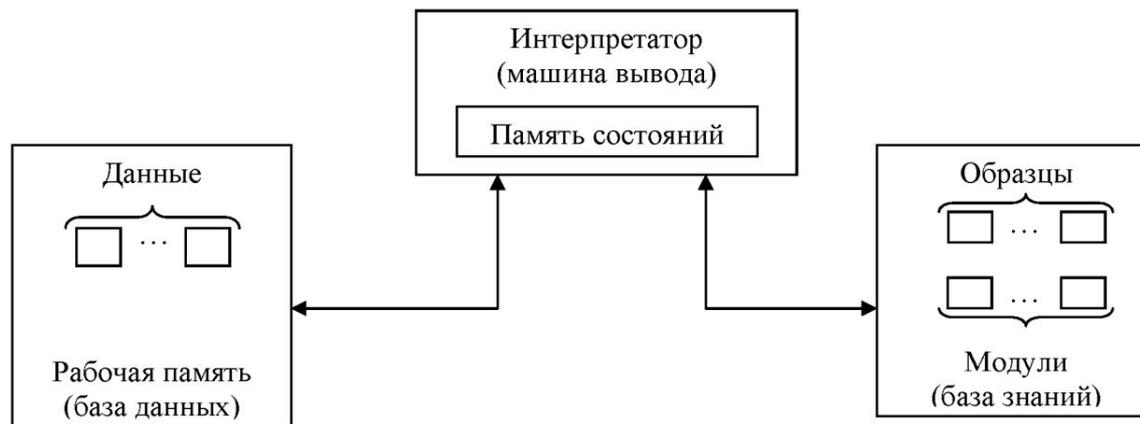


Схема функционирования интерпретатора

Экспертная система. *Разъяснение принятого решения*

Способность системы объяснить методику принятого решения иногда называют **прозрачностью** системы

Пользователи, нуждаются в подтверждении того, что в каждом конкретном случае заключение, к которому пришла программа, в основном корректно.

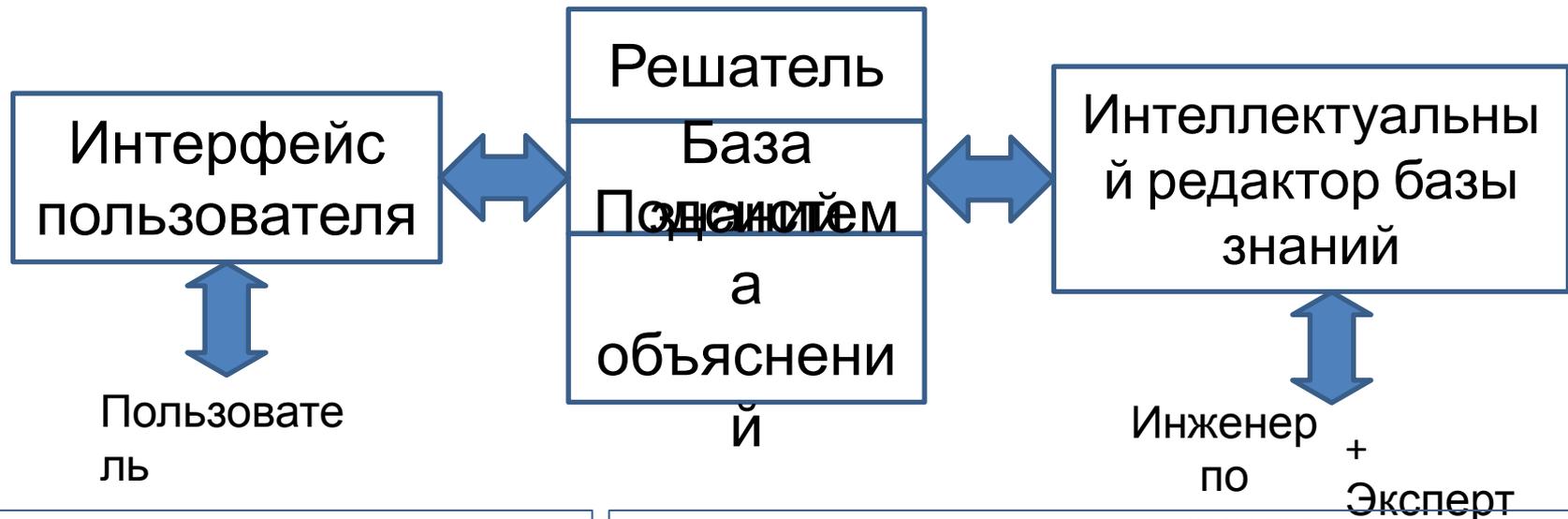
Инженеры, имеющие дело с формированием базы знаний, должны убедиться, что сформулированные ими знания применены правильно, в том случае и в случае, когда существует прототип.

Экспертам в предметной области желательно проследить ход рассуждений и способ использования тех сведений, которые с их слов были введены в базу знаний. Это позволит судить, насколько корректно они применяются в данной ситуации.

Программистам, нужно иметь в своем распоряжении инструмент, позволяющий заглянуть в «ее нутро» на уровне более высоком, чем вызов отдельных языковых процедур.

Менеджер системы, нуждается в подтверждении, что эти решения достаточно обоснованы.

Экспертная система



Классификация по типу решаемых задач:

- Интерпретация данных.
- Распознавание образов.
- Определение свойств
- Диагностика
- Мониторинг
- Проектирование
- Прогнозирование
- Планирование
- Обучение
- Управление
- Поддержка принятия решений

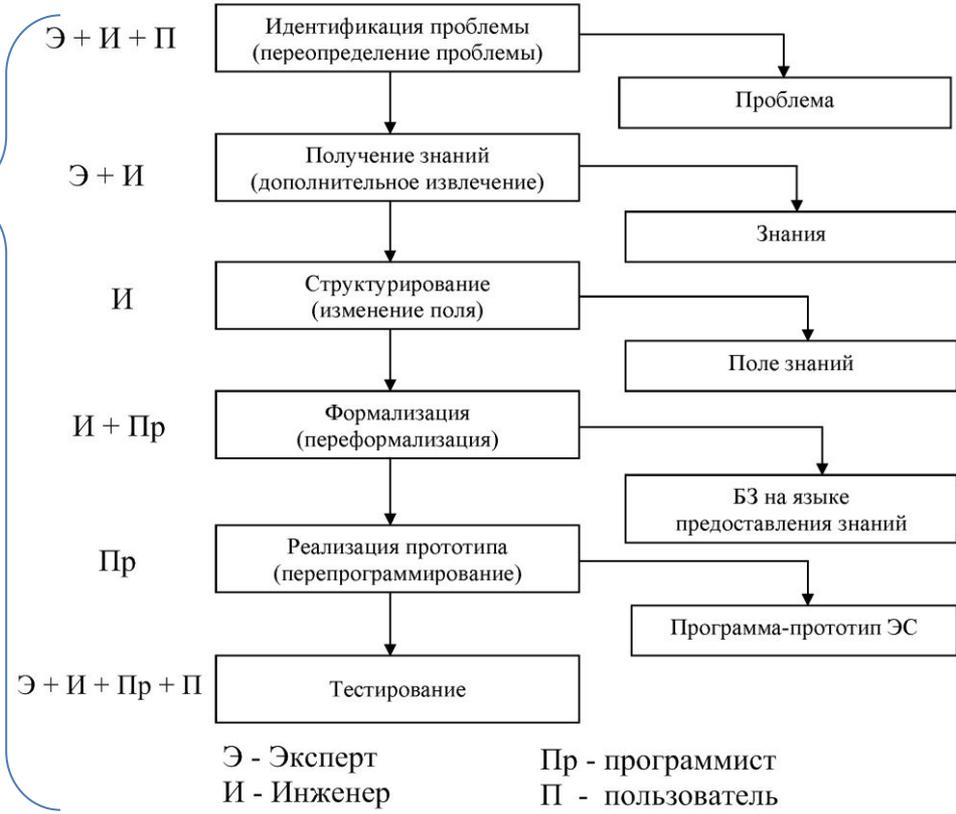
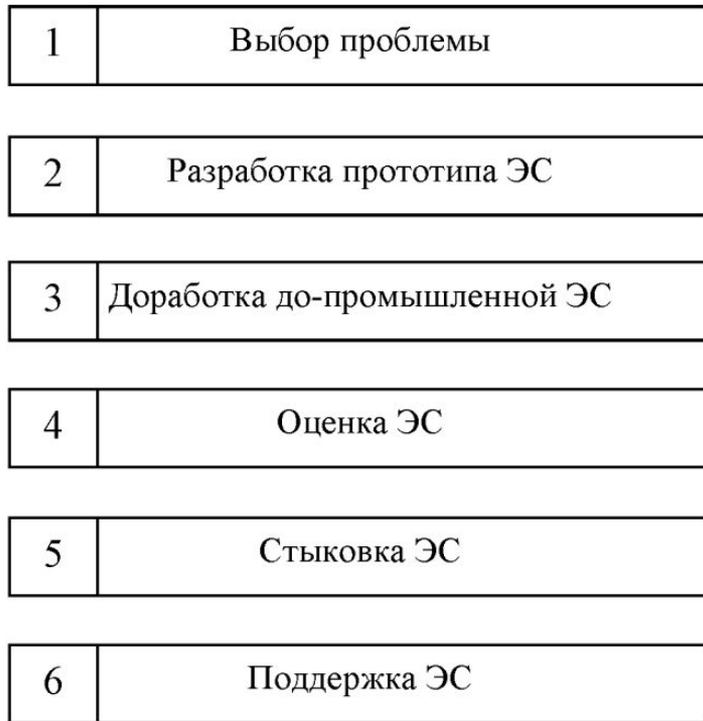
Классификация по связи с реальным временем:

- Статические ЭС
- Квази динамические ЭС
- Динамические ЭС

Классификация по типу ЭВМ:

- ЭС для уникальных стратегически важных задач на суперЭВМ (Эльбрус, CRAY, CONVEX и др.);
- ЭС на ЭВМ средней производительности (типа ЕС ЭВМ, mainframe);
- ЭС на символьных процессорах в рабочих станциях (SUN, Silicon Graphics, APOLLO);
- ЭС на мини- и супермини-ЭВМ (VAX, micro-VAX и др.);
- ЭС на персональных компьютерах

Экспертная система. Этапы разработки

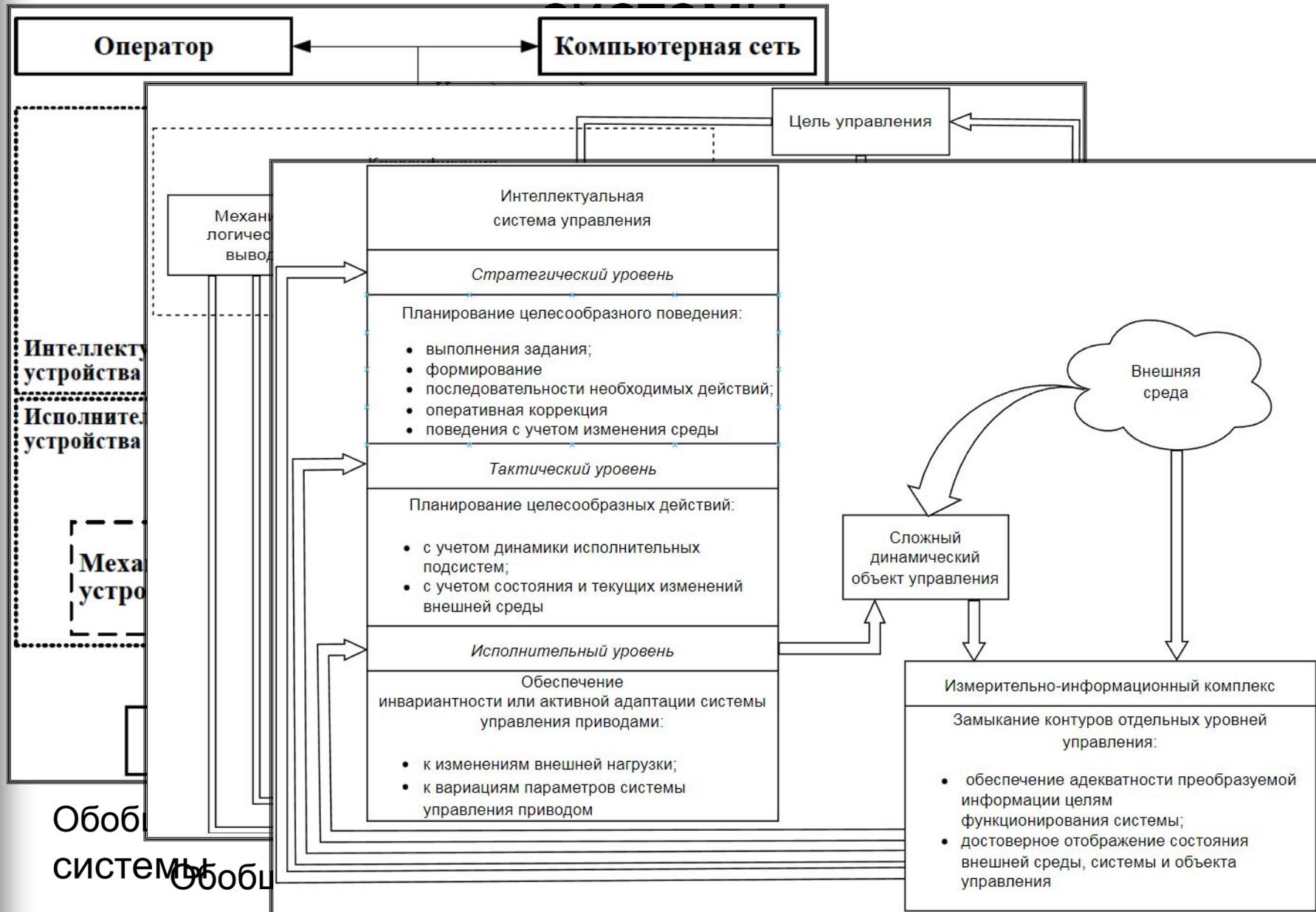


Экспертная система. Этапы разработки

Переход от прототипа к промышленной экспертной системе

Система	Описание
Демонстрационный прототип ЭС	Система решает часть задач, демонстрируя жизнеспособность подхода (несколько десятков правил или понятий)
Исследовательский прототип ЭС	Система решает большинство задач, но неустойчива в работе и не полностью проверена (несколько сотен правил или понятий)
Действующий прототип ЭС	Система надежно решает все задачи на реальных примерах, но для сложной задачи требует много времени и памяти
Промышленная система	Система обеспечивает высокое качество решений при минимизации требуемого времени и памяти; переписывается с использованием более эффективных средств представления знаний
Коммерческая система	Промышленная система, пригодная для продажи, то есть хорошо документирована и снабжена сервисом

Обобщенная схема мехатронной системы



Иерархическое построение системы интеллектуального управления сложным динамическим объектом

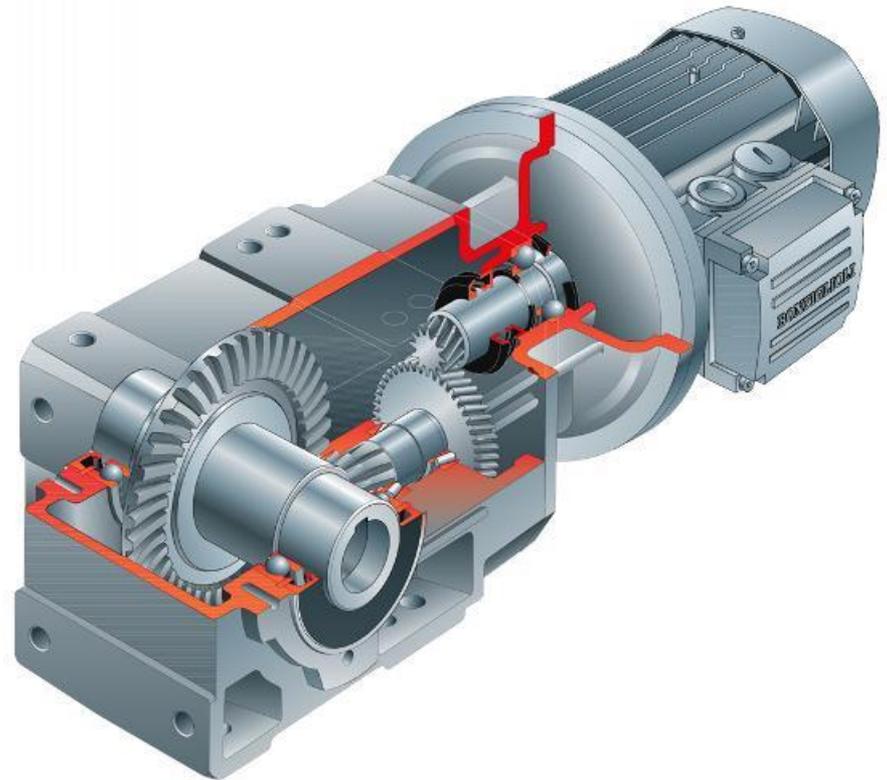
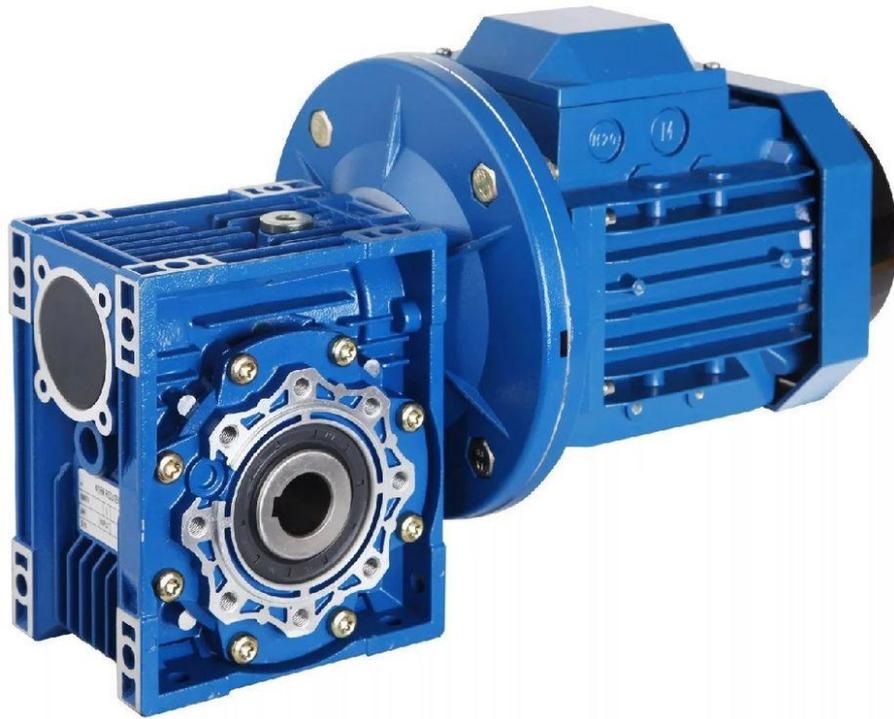
Мехатронные модули движения

Модуль движения (МД) - конструктивно и функционально самостоятельное изделие, включающее в себя механическую (гидравлическую, пневматическую) и электротехническую части, которое можно использовать индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями.

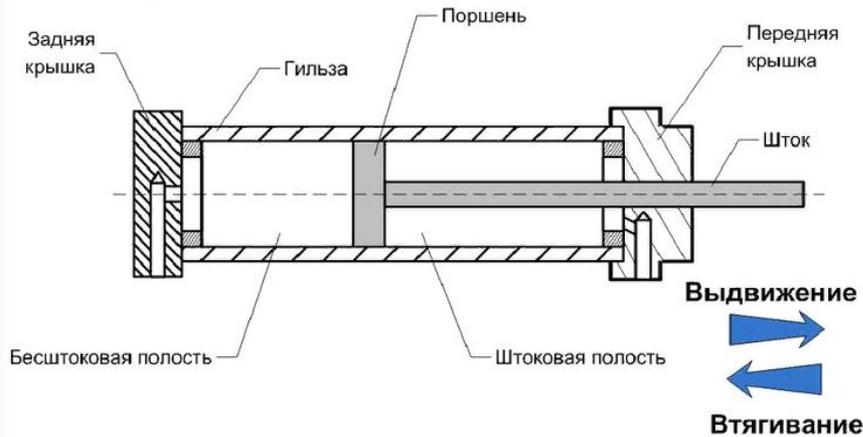
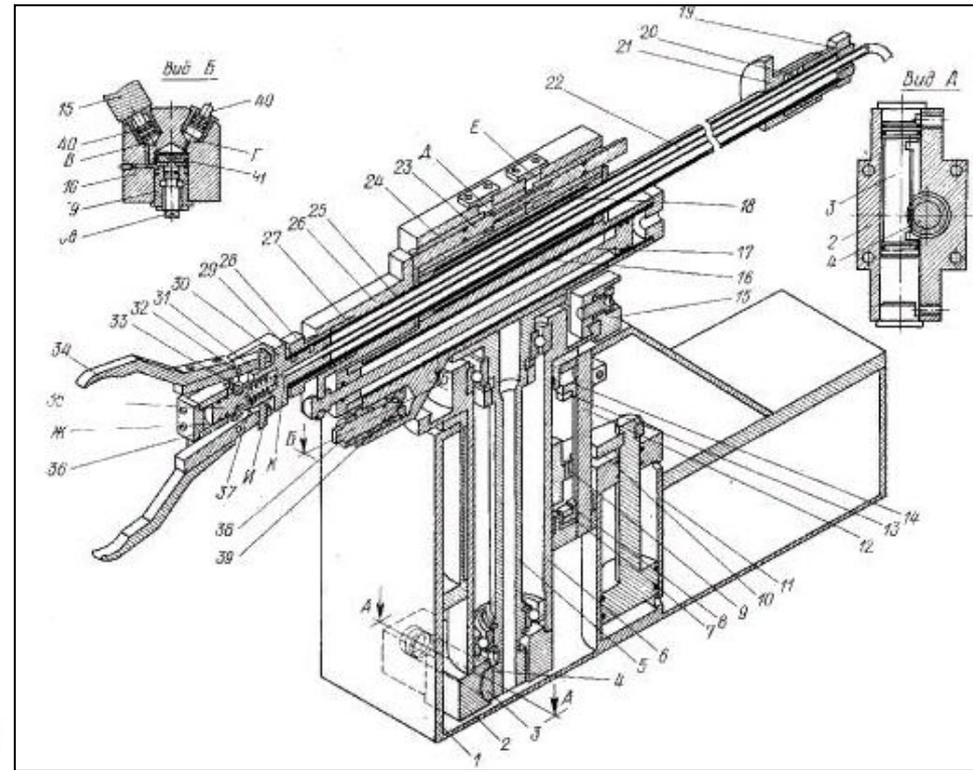
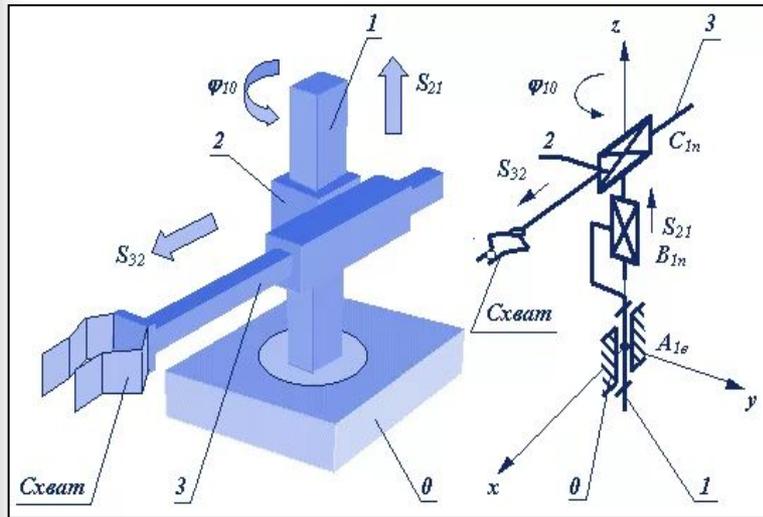
Мехатронный модуль движения (ММД) - конструктивно и функционально самостоятельное изделие, включающее в себя механическую (гидравлическую, пневматическую), электротехническую, электронную и информационную части, которое можно использовать индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями.

Интеллектуальный мехатронный модуль (ИММ) - конструктивно и функционально самостоятельное изделие с синергетической интеграцией механической (гидравлической, пневматической), электротехнической и компьютерной (микропроцессорной) частей, которое можно использовать индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями.

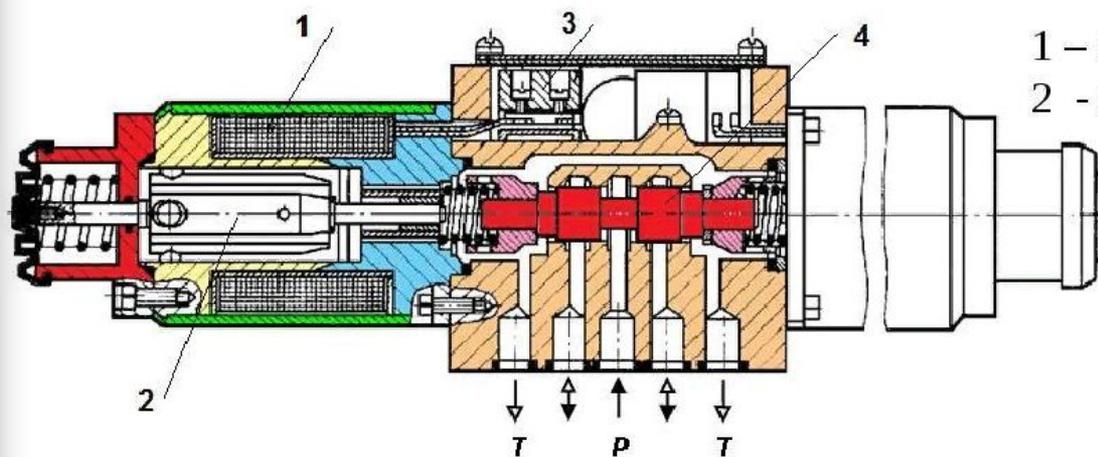
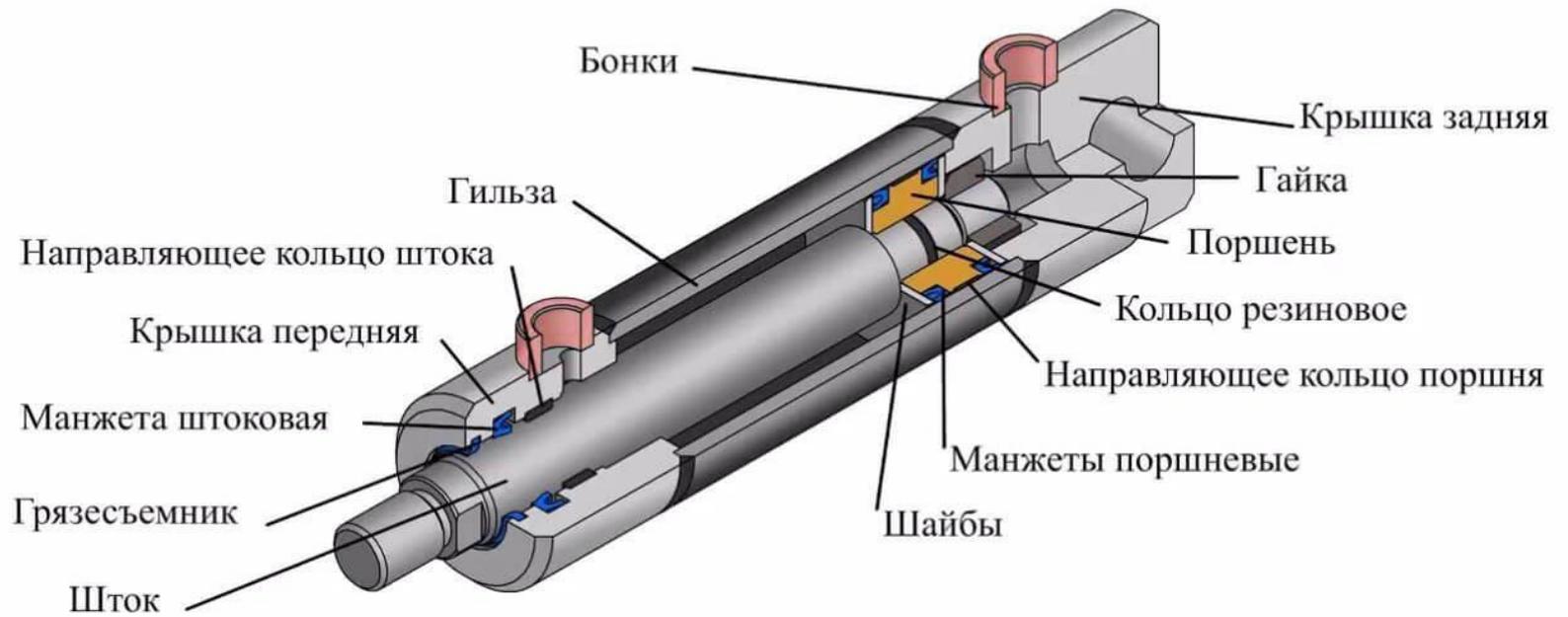
Электромеханические модули движения



Пневмопривод



Гидропривод

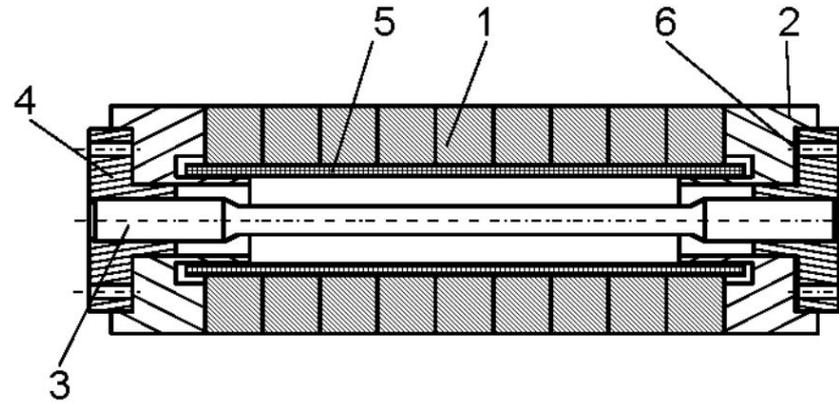


1 – катушка; 3 – клеммная коробка;
2 – якорь; 4 – золотник

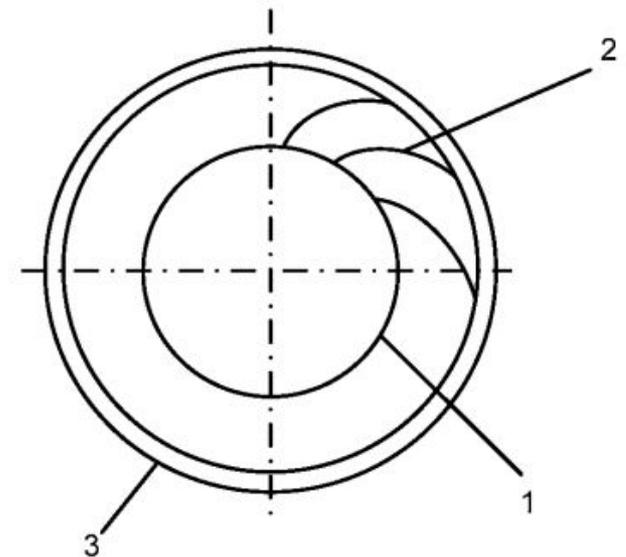
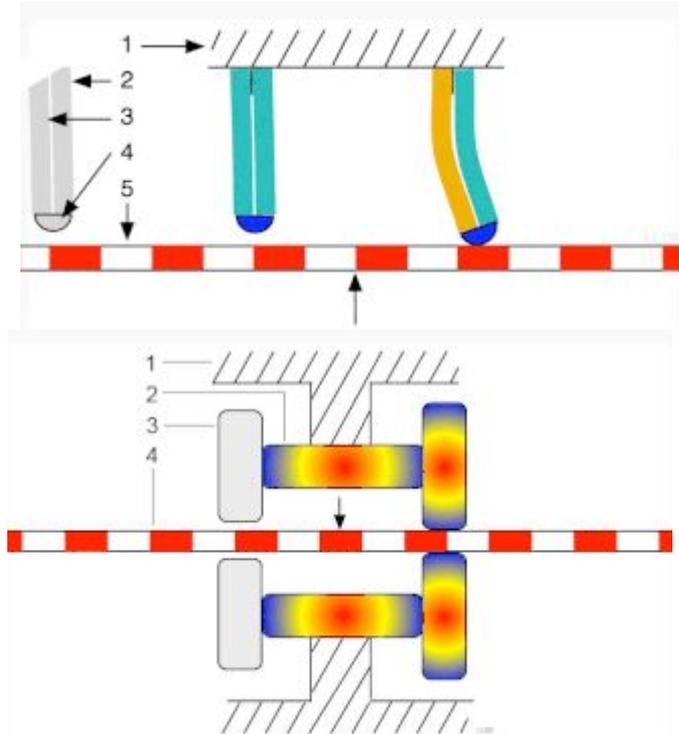


Гидрораспределитель с электромагнитным управлением

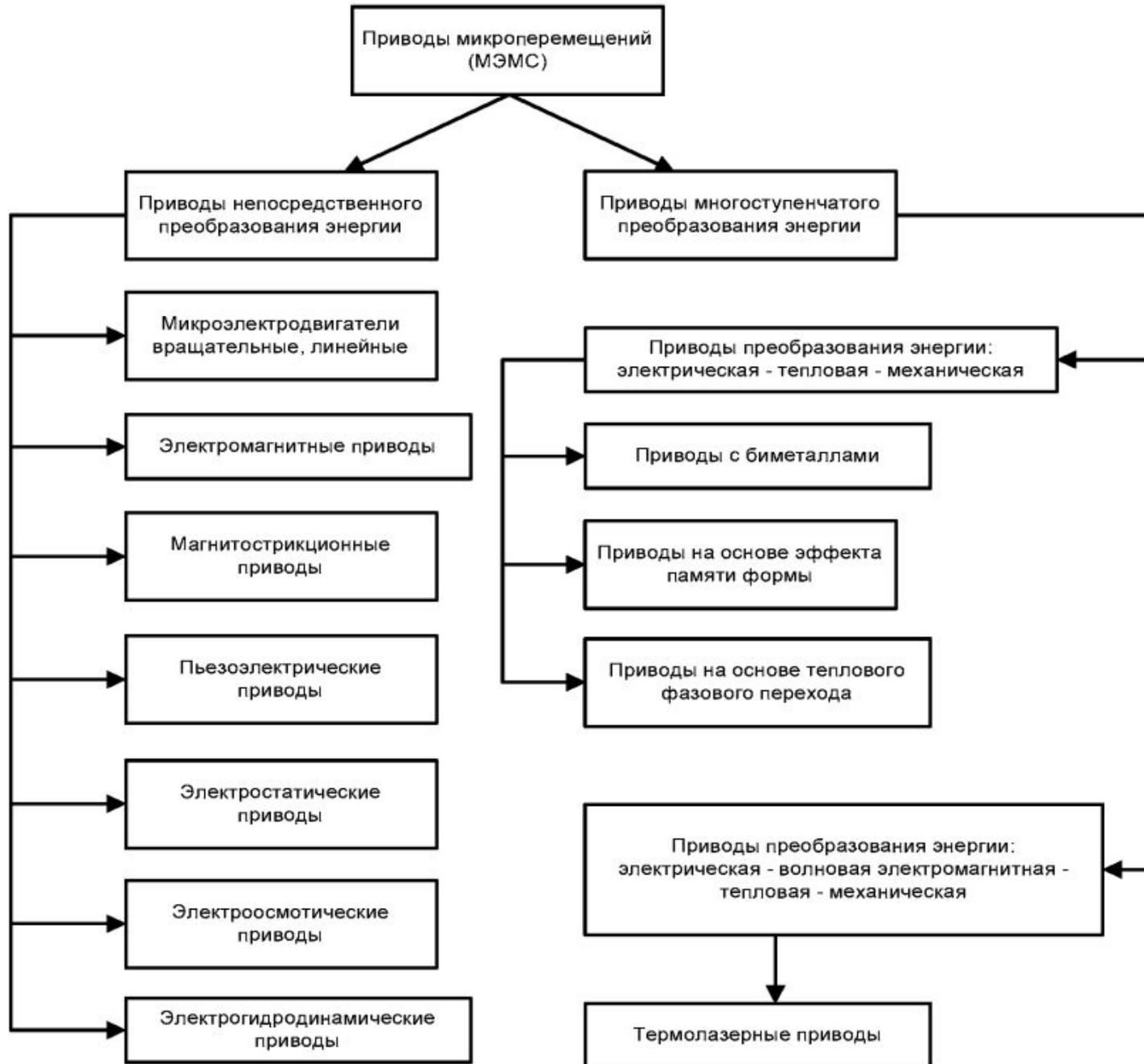
Пьезоэлектрические модули движения



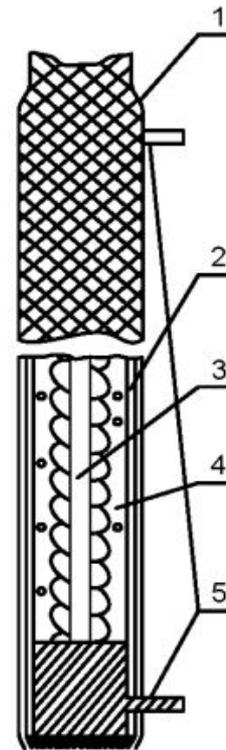
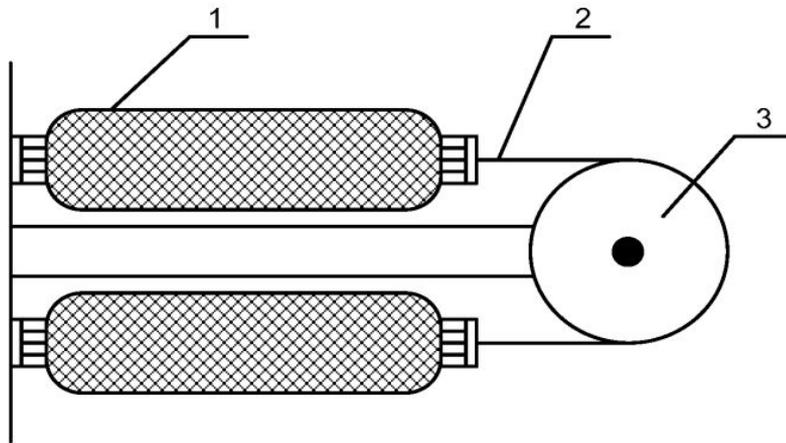
1 - керамические шайбы; 2 - фланец;
3 - шпилька; 4 - гайка; 5 - пластмассовая
втулка; 6 - слюдяная шайба



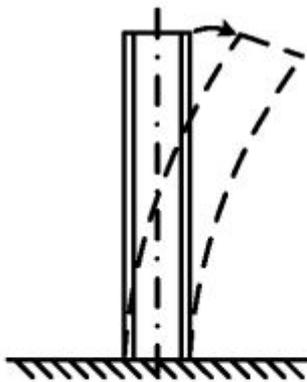
Пьезоэлектрические модули движения



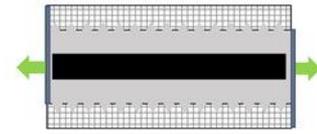
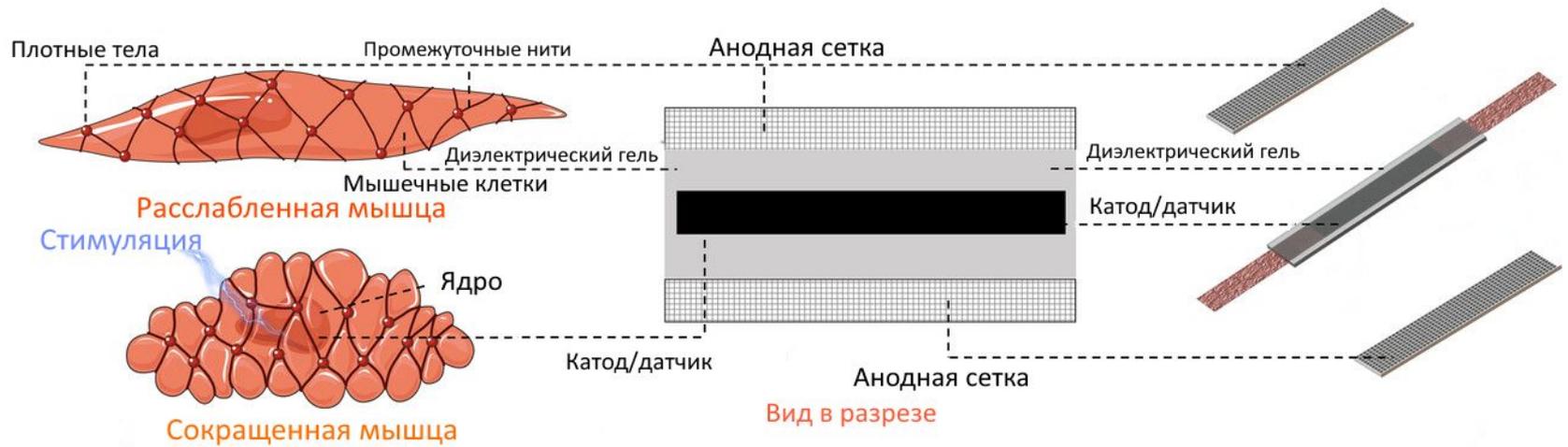
Бионический модуль движения



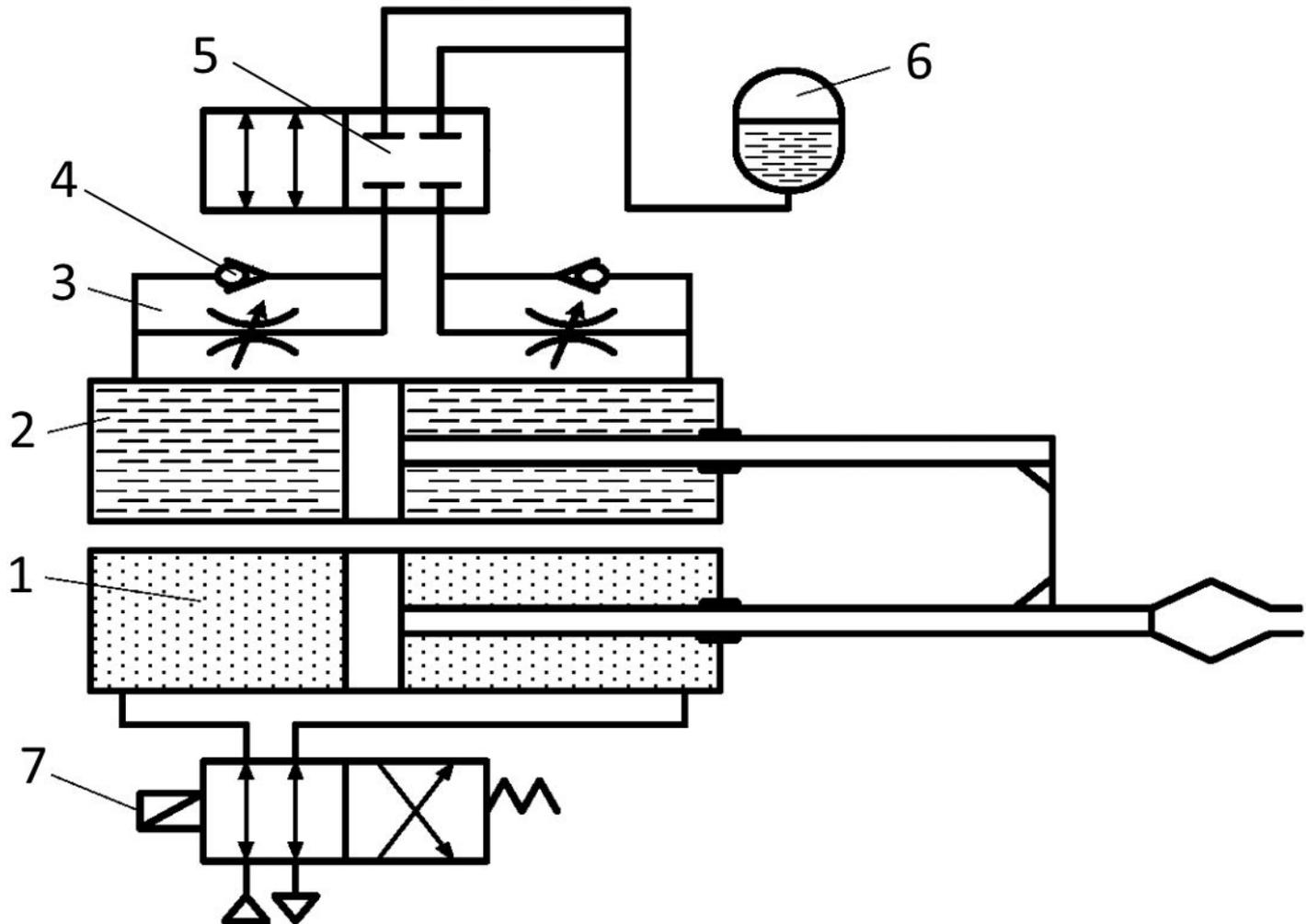
- 1 – защитная сетка;
- 2 – трубка;
- 3 – термоэлемент;
- 4 – наполнитель;
- 5 – кронштейн



Искусственная мышца SSVS-AM

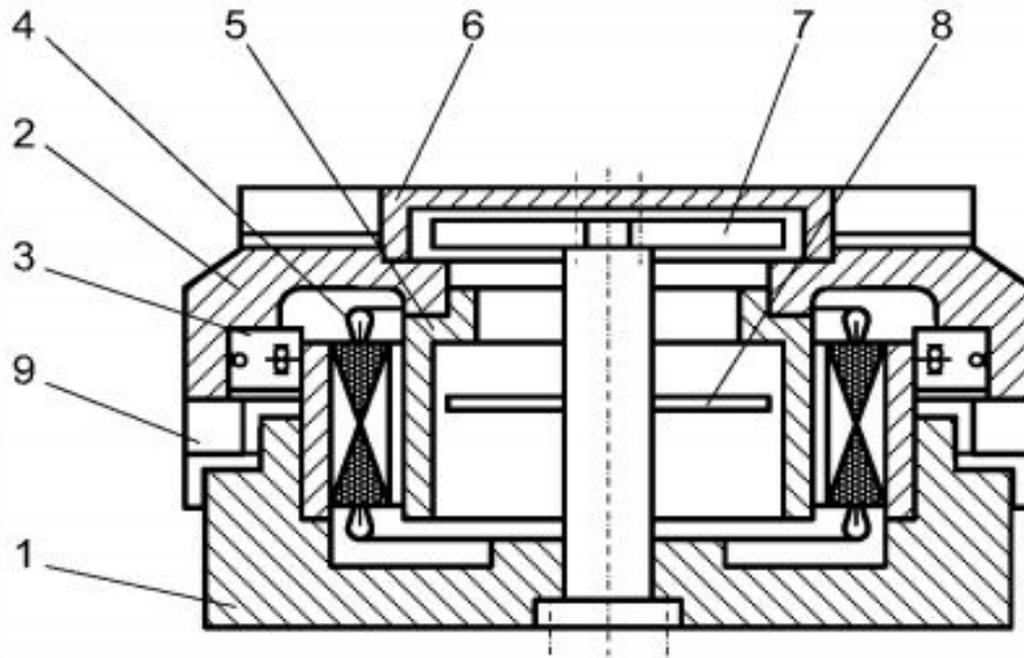


Комбинированные модули движения

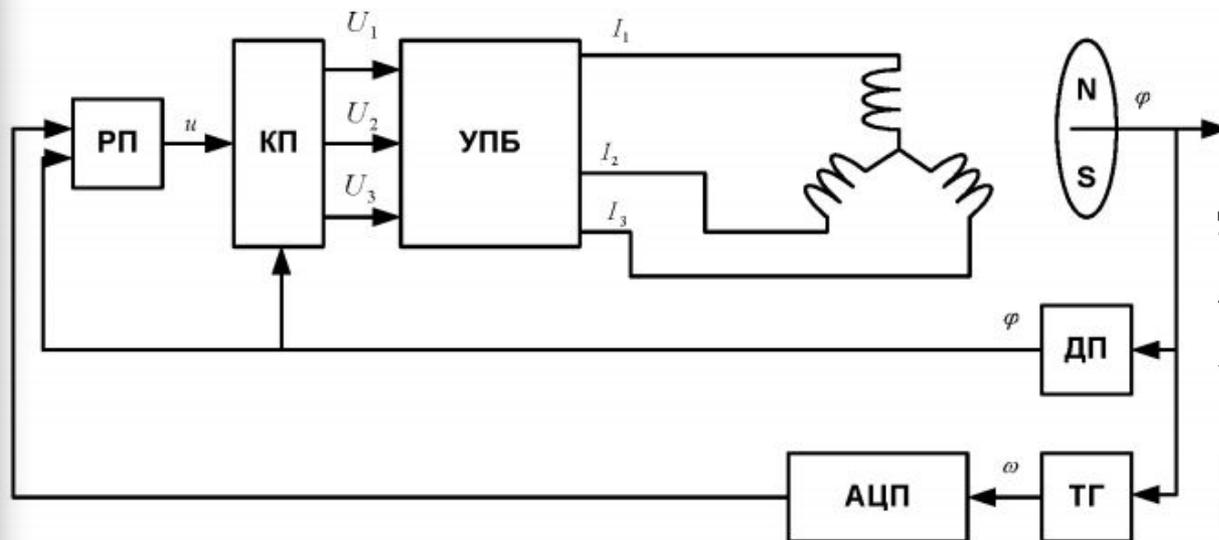


1 - исполнительный пневмоцилиндр; 2 – гидроцилиндр; 3 – гидродроссель; 4 - обратные клапаны; 5 – гидрораспределитель; 6 - масляный аккумулятор; 7 - пневмо-распределитель

Мехатронный модуль движения



- 1 – основание;
- 2 – поворотный стол;
- 3 – упорные подшипники;
- 4 – встроенный бесконтактный трехфазный электродвигатель;
- 5 – ротор;
- 6 – планшайба;
- 7 – датчик положения;
- 8 – датчик скорости ;
- 9 – гидротормоз.



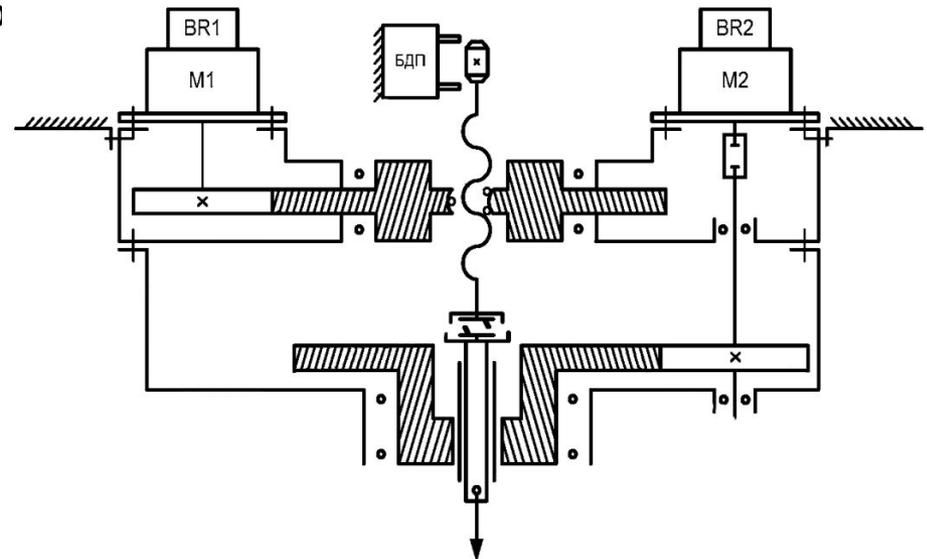
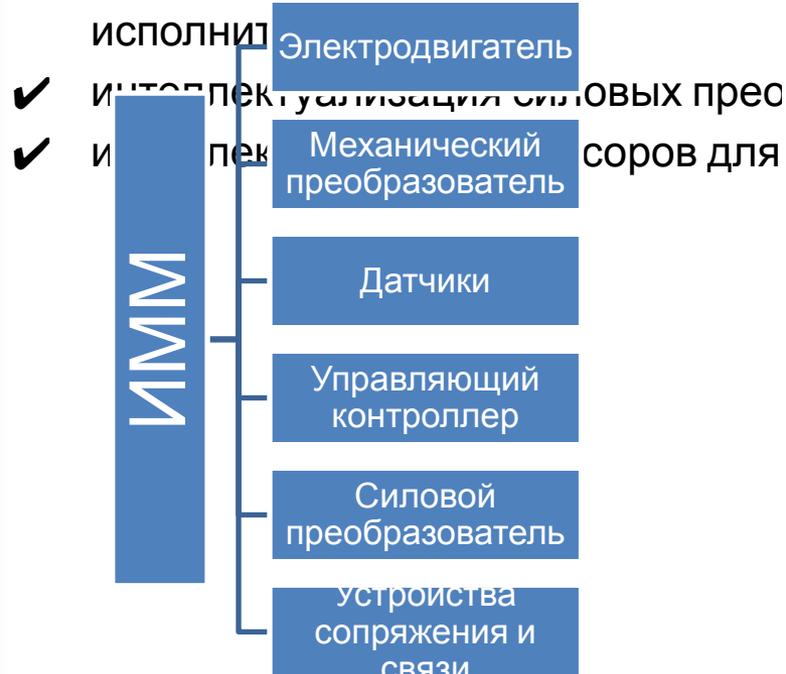
- ДП – датчик положения ;
- ТГ – тахогенератор;
- АЦП – аналогово-цифровой преобразователь ;
- УПБ – усилительно-преобразовательный блок
- РП – регулятор положения;
- КП – координатный преобразователь ;

Функциональная схема мехатронного поворотного

Интеллектуальные модули движения

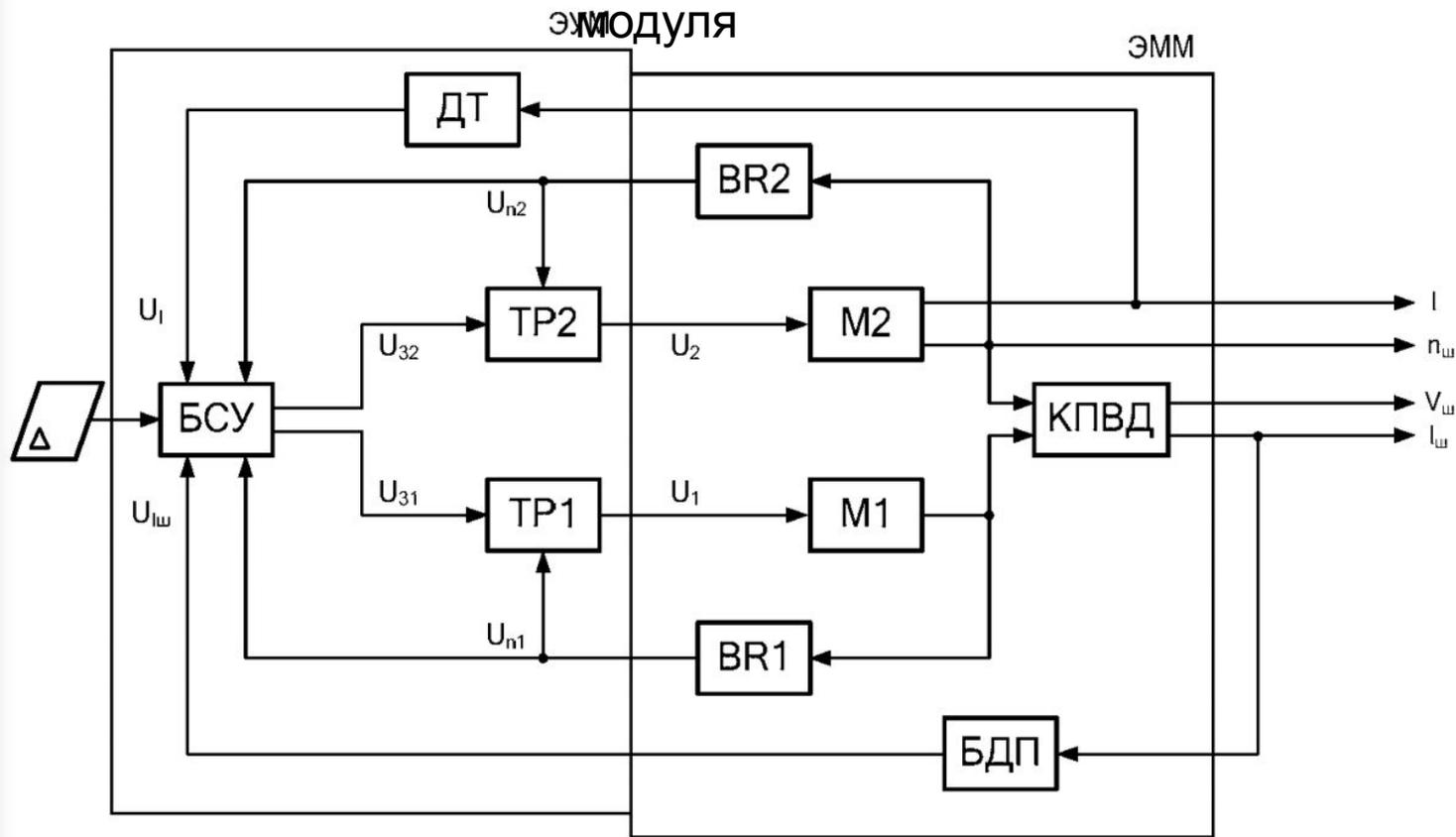
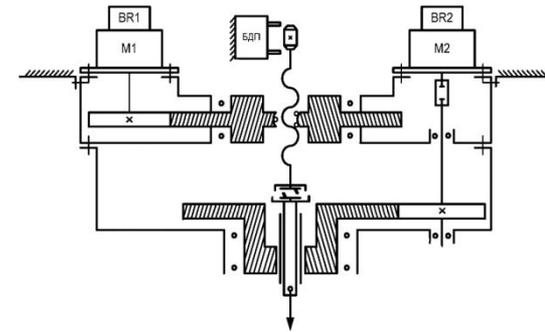
Интеллектуальные мехатронные модули (ИММ) - конструктивно и функционально самостоятельное изделие, построенное путём синергетической интеграции двигательной механической, информационной, электронной и управляющей частей.

- ✓ способность ИММ выполнять сложные движения самостоятельно;
- ✓ упрощение коммуникаций между модулями и центральным устройством управления;
- ✓ повышение надежности и безопасности мехатронных систем;
- ✓ создание на основе ИММ распределенных систем управления;
- ✓ использование современных методов теории управления (программных, адаптивных, интеллектуальных, оптимальных) непосредственно на



Интеллектуальные модули движения

Структурно-функциональная схема системы автоматического управления мехатронного



M1, M2 – электродвигатели ;
ТР1, ТР2 – тиристорные регуляторы;
БДП – блок датчиков положения;
КПВД – кинематическое преобразование вращательных движений

BR1, BR2 – датчики частоты вращения;
ДТ – датчик тока;
БСУ – блок согласования управления

Движители мобильных мехатронных систем

Движитель – основная часть систем передвижения, преобразующая усилия от двигателей приводов в усилие, движущее мобильную систему.

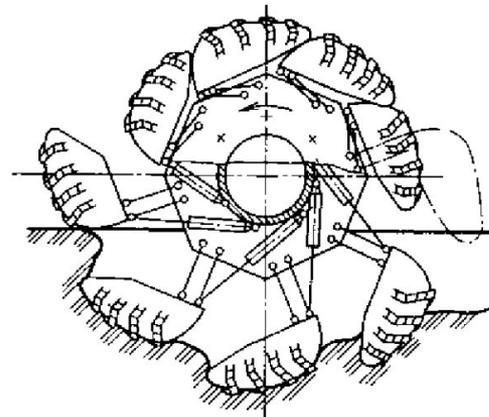
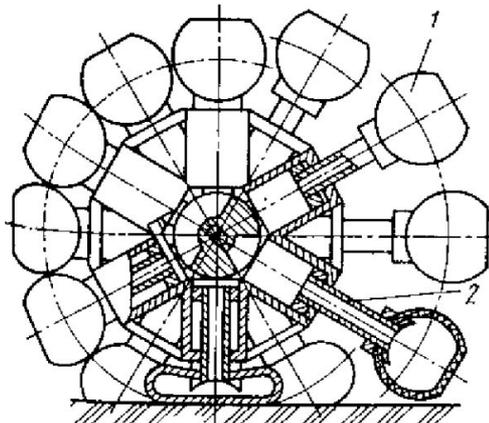
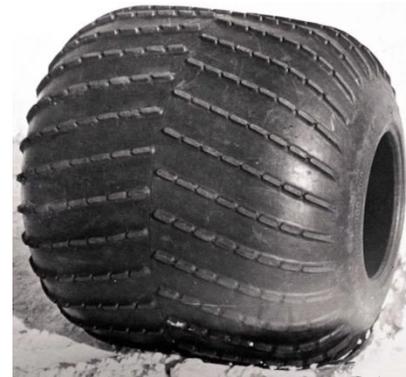
Признаки движителей:

- по признаку автономности (универсальности);
- по свойствам среды, для которой предназначен движитель;
- по назначению;
- по признаку «искусственность» (техника, бионика);
- по способу преобразования энергии (принцип осуществления движения);
- по признаку «интеллектуальность»

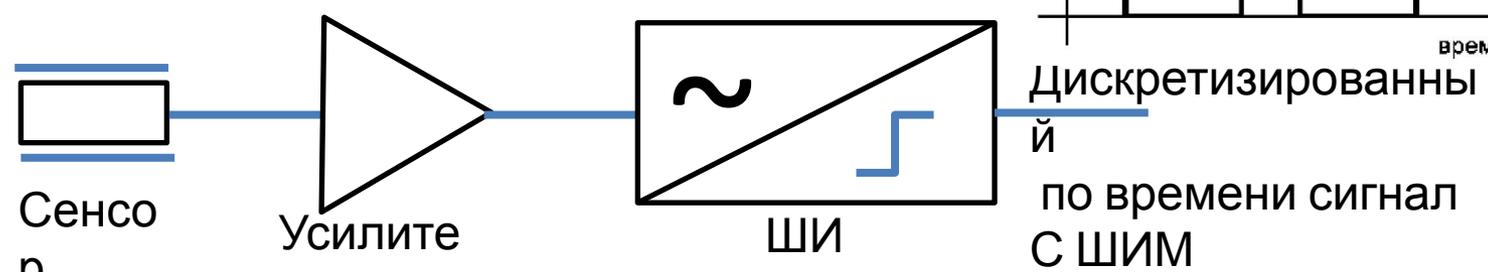
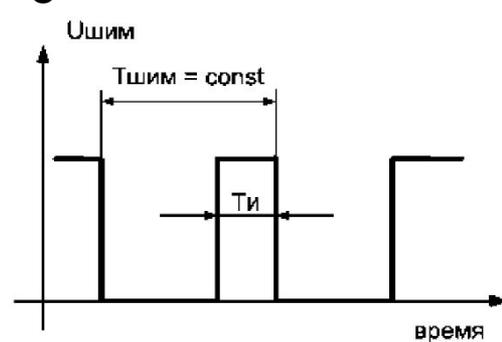
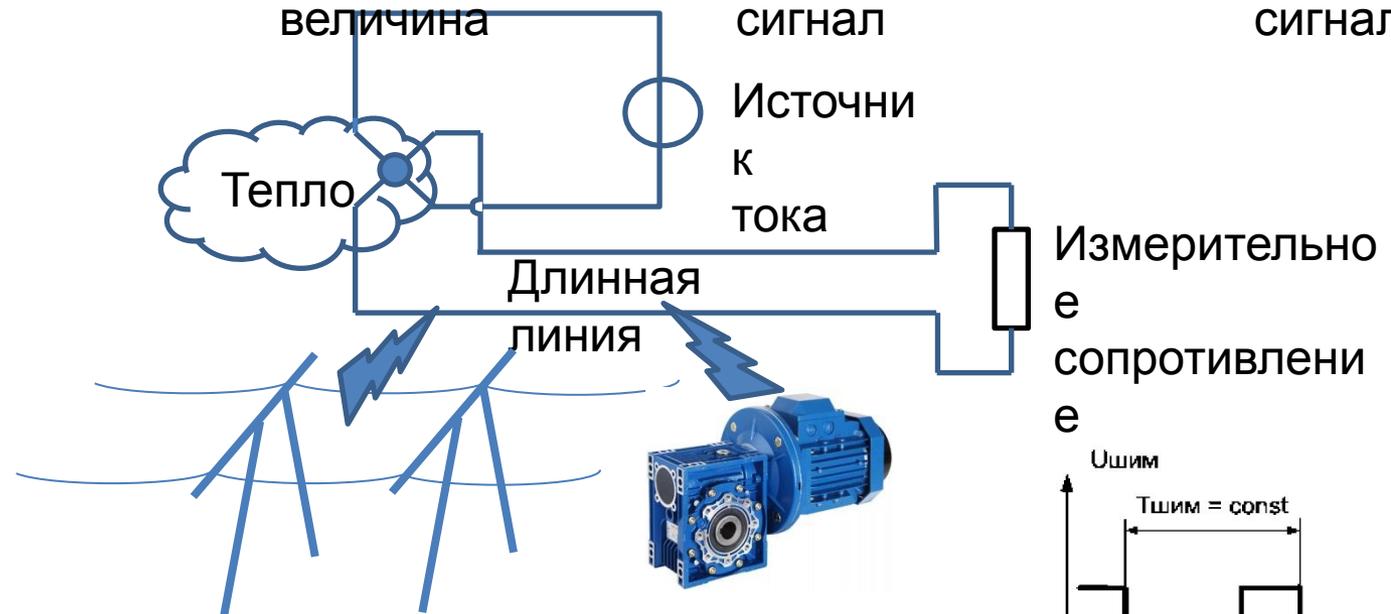
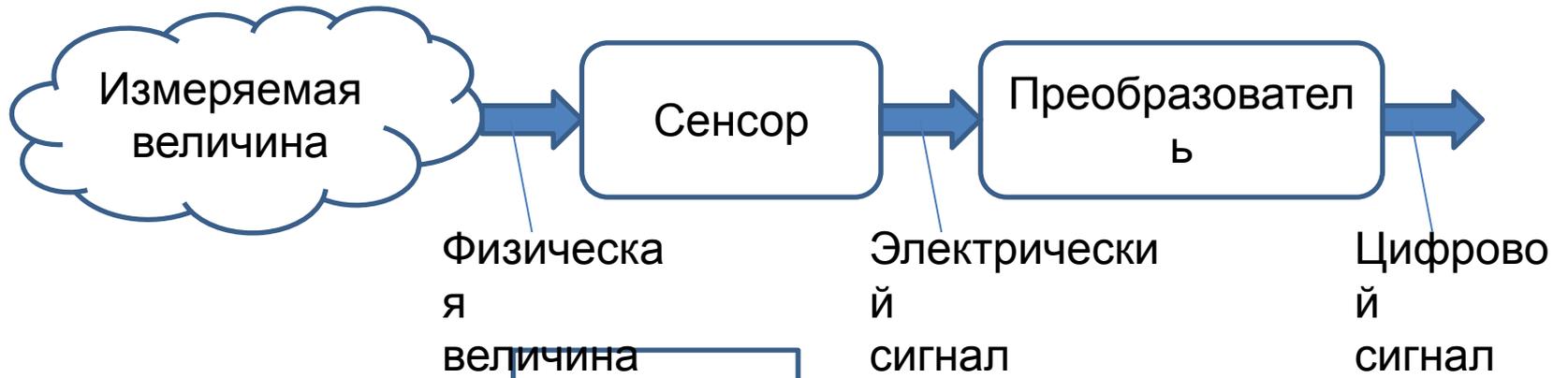
Классификация движителей по способу преобразования энергии

- Колесные
- Гусеничные
- Роторно-винтовые
- Для трубопроводного транспорта
- Аппараты на воздушной подушке
- Шагающие системы
- Для водоплавающих средств
- Комбинированные системы
- Вибрационные
- Биологические

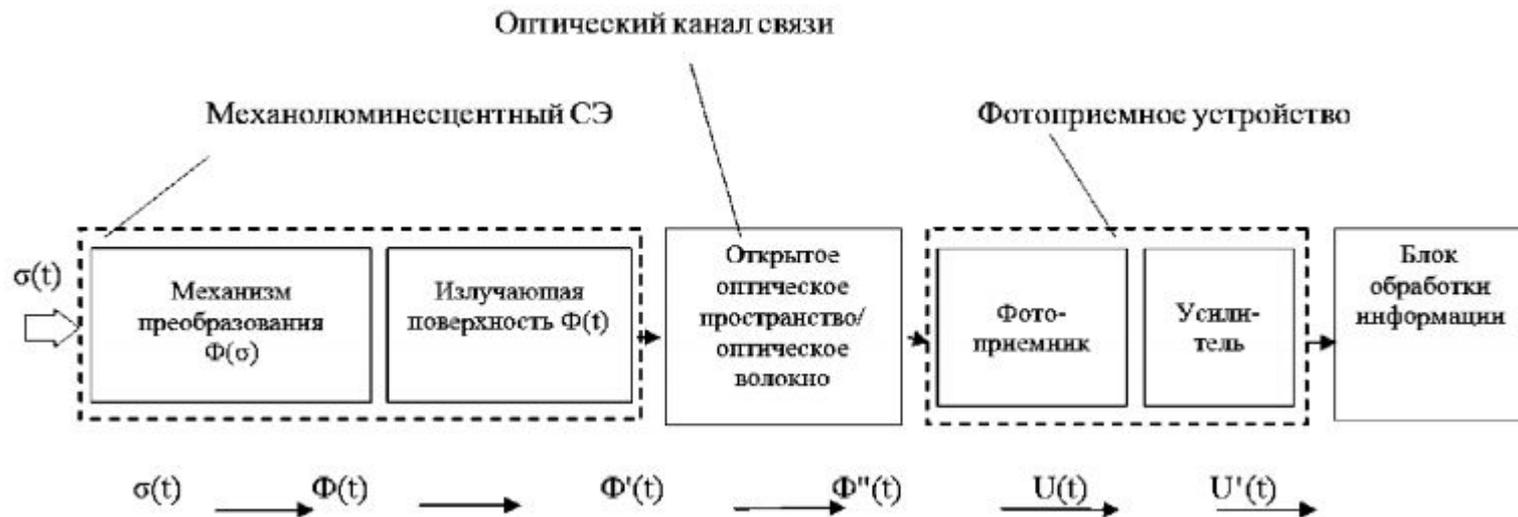
Движители мобильных мехатронных систем



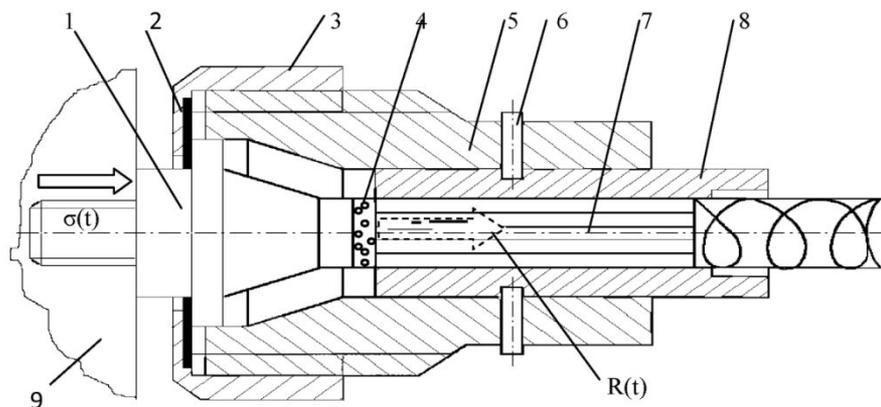
Измерительно-информационные модули



Измерительно-информационные модули. Примеры

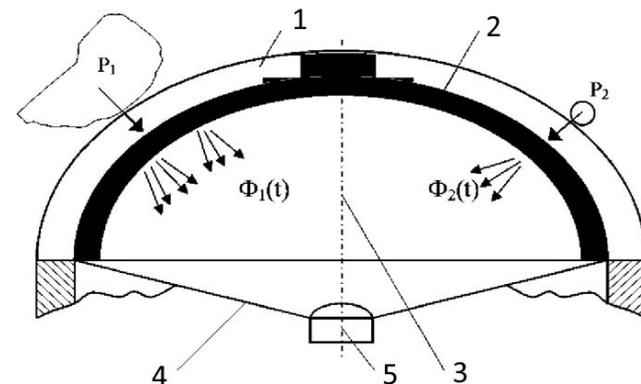


Обобщенная структурная схема преобразования энергии в оптоэлектронной информационной цепи с МЛСД



Пример конструкции МЛСД сосредоточенного типа:

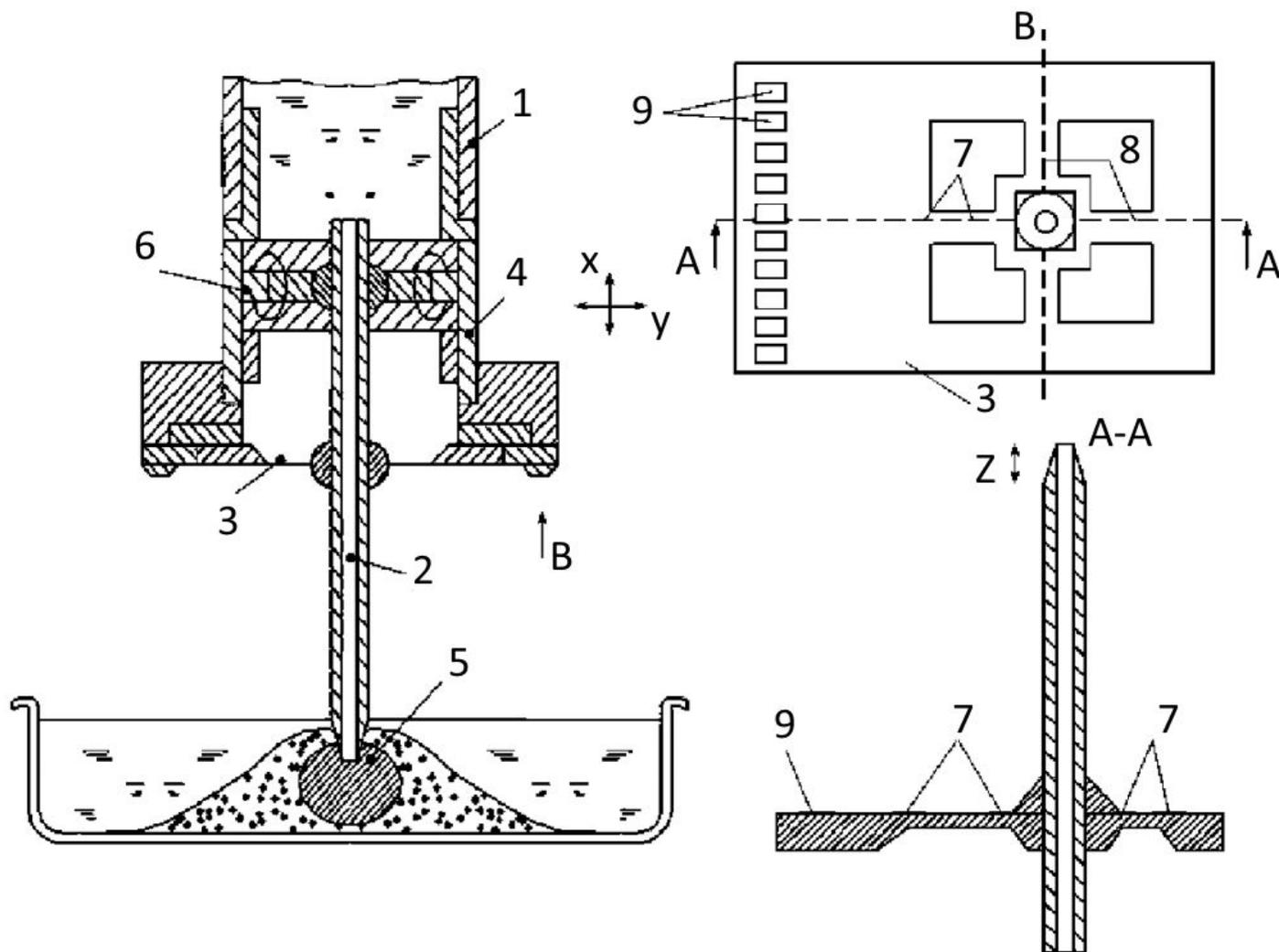
- 1 – сердечник-концентратор; 2 – шайба; 3 – накидная гайка; 4 – механоломинесцентный СЭ;
 5 – корпус; 6 – штифт; 7 – волоконно-оптический жгут (ВОЖ); 8 – наконечник ВОЖ;
 9 – объект



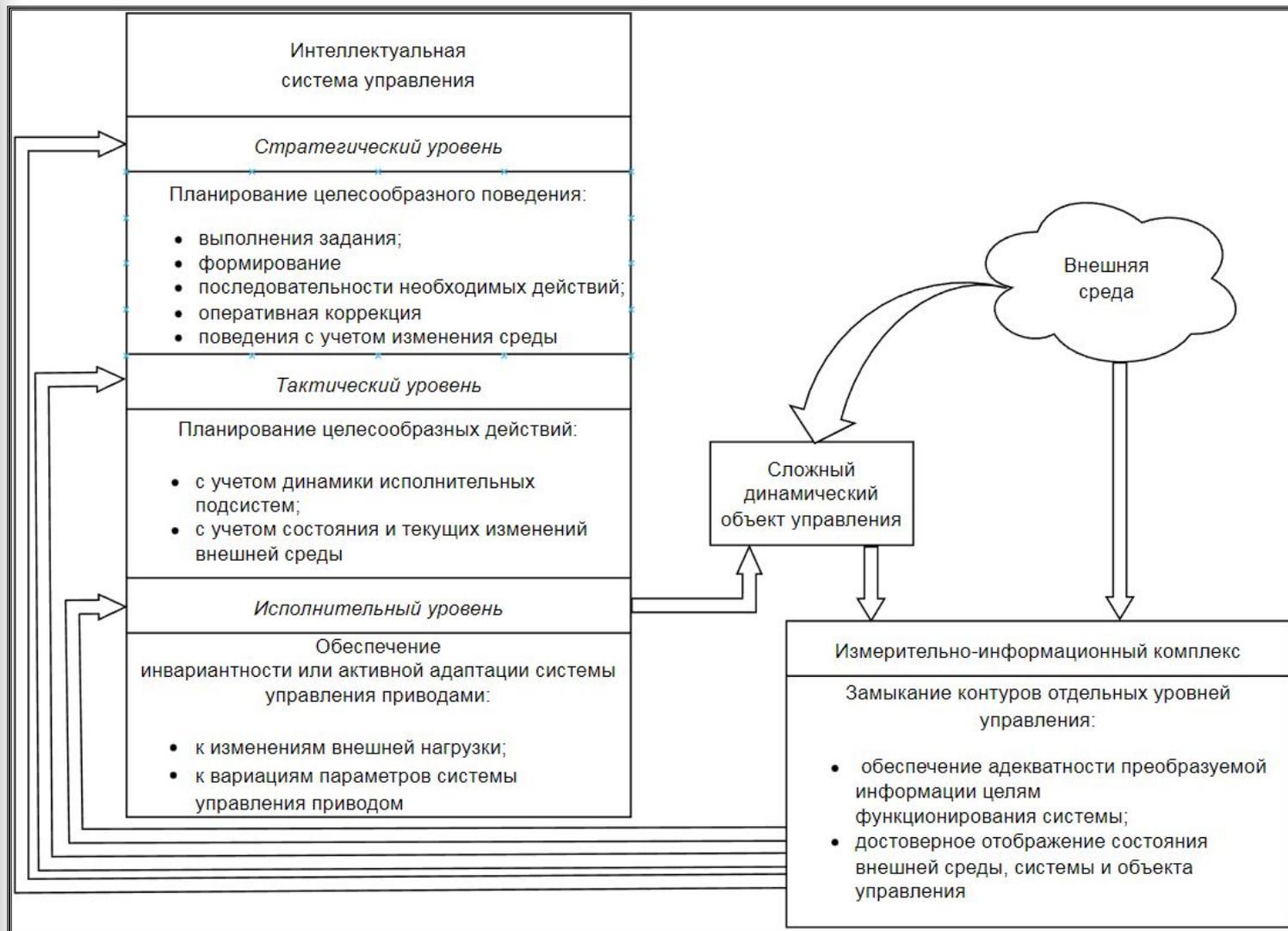
Пример конструкции МЛСД распределенного типа:

- 1 – оболочка; 2 – МЛСД; 3 – оптическое пространство;
 4 – тубус; 5 – матричный ФП;
 P_1, P_2 – различные механические воздействия

Измерительно-информационные модули. Примеры



Иерархия и неопределенность систем управления

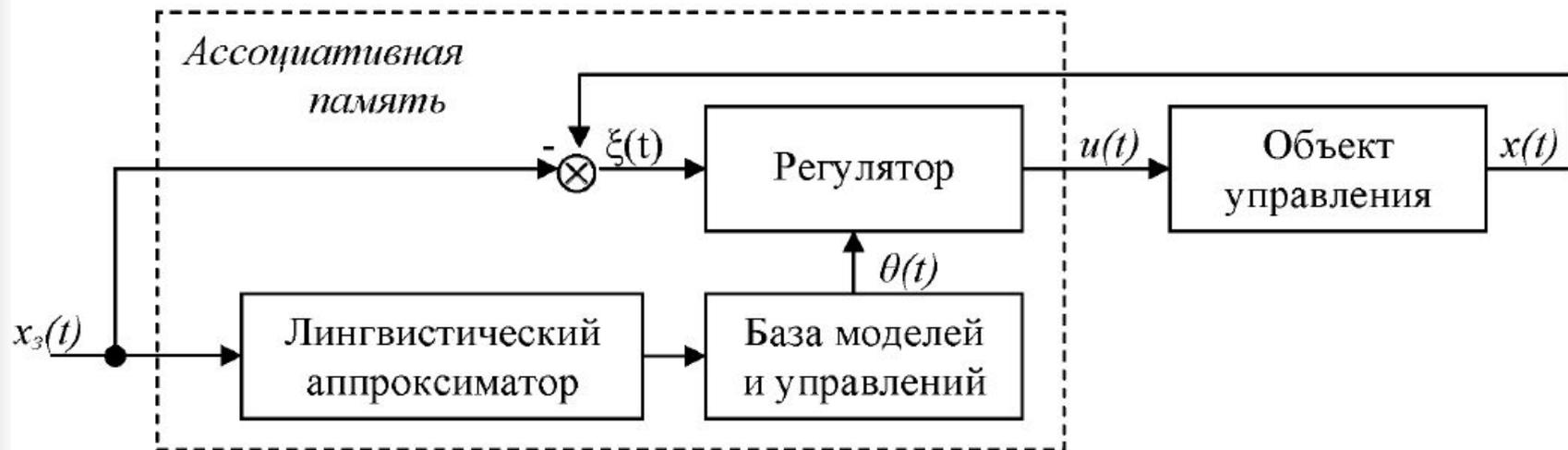


Иерархия и неопределенность систем управления

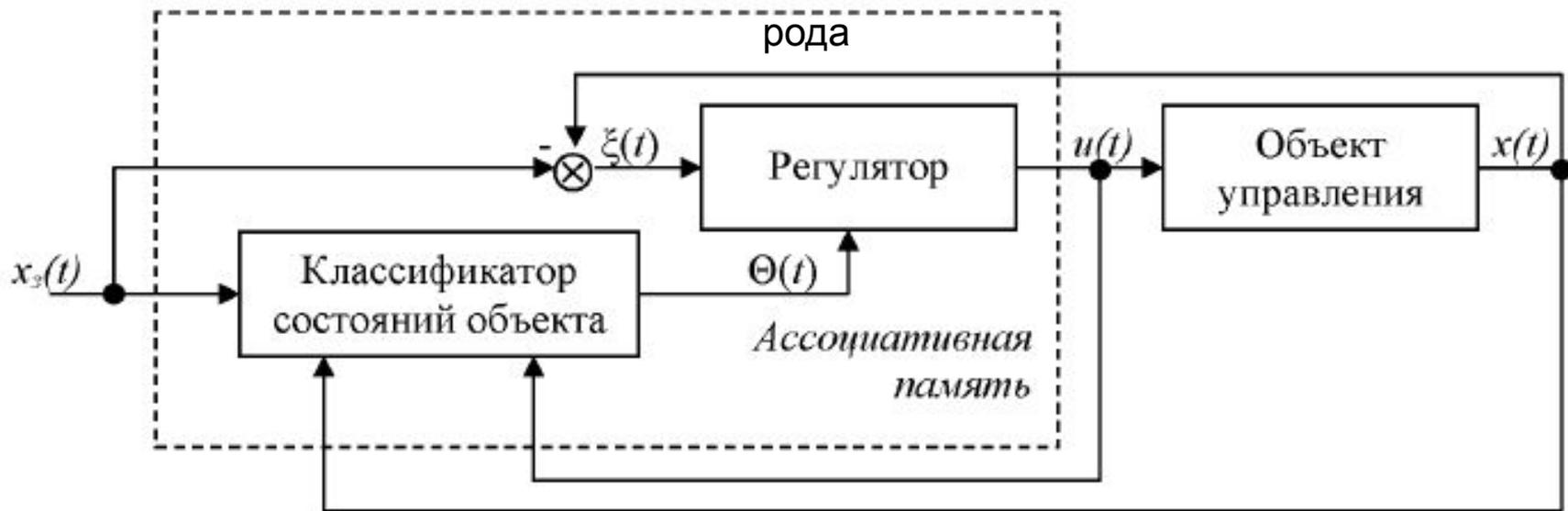


Иерархическая схема интеллектуальной системы управления I рода

Иерархия и неопределенность систем управления



Функциональная схема интеллектуальной системы управления I



Функциональная схема интеллектуальной системы управления II

Иерархия и неопределенность систем управления



Иерархическая схема интеллектуальной системы управления II рода