

Тема 10. Системы и алгоритмы силомоментного оцувствления роботов

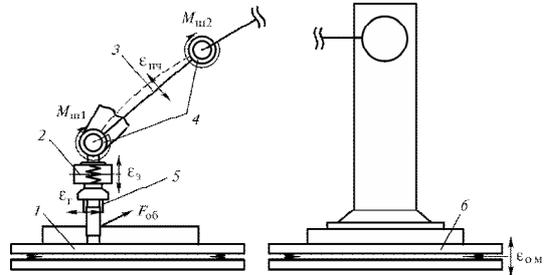
План занятия

1. Общие сведения
2. Принципы силомоментного оцувствления роботов
3. Датчики систем силомоментного оцувствления
4. Задание для самостоятельной работы
5. Алгоритмы силомоментного оцувствления
6. Тактильные датчики

1. Общие сведения

В робототехнике принято разделять **тактильные** датчики, служащие для определения вариаций давления на рабочих поверхностях исполнительного механизма, и **силомоментную** информационную систему, предназначенную для измерения динамических напряжений в сочленениях и захватном устройстве манипулятора.

Системы тактильного типа

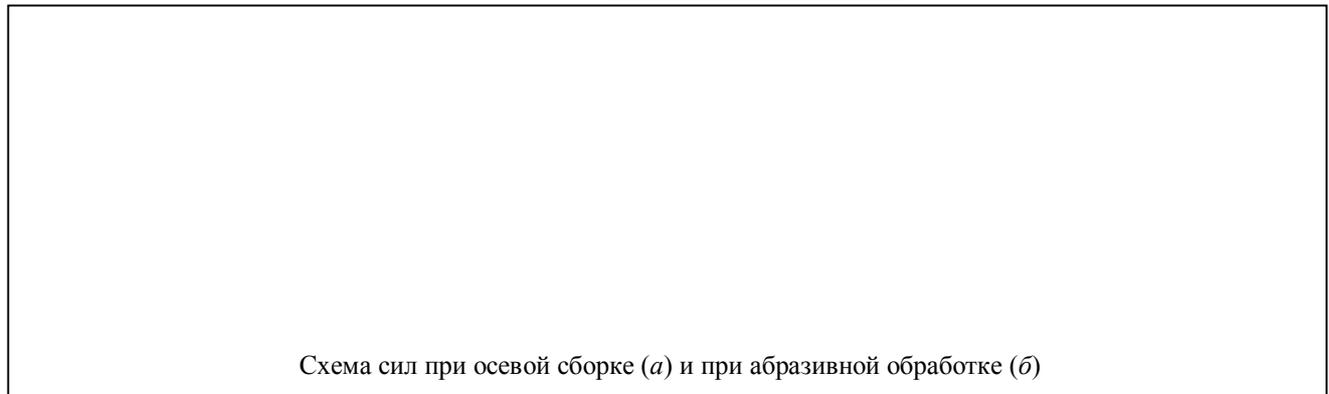


Зоны тактильного оцувствления робота: 1 — рабочий стол; 2, 4 — запястье и шарнир манипулятора; 3 — плечевой сустав; 5 — губки захватного устройства; 6 — основание манипулятора

Контактное взаимодействие объектов в общем случае характеризуется шестикомпонентным вектором $\mathbf{F} = (\mathbf{F0}, \mathbf{M0})^T$, действующим в некоторой системе координат, как правило, не связанной с роботом. Здесь $\mathbf{F0} = (F_x, F_y, F_z)^T$, $\mathbf{M0} = (M_x, M_y, M_z)^T$ — вектор сил и вектор моментов соответственно.

При сборке цилиндрических деталей в зависимости от ширины зазора и несоосности θ (угла между осями вала и отверстия), число точек контакта в процессе сопряжения изменяется от одной (в момент касания) до двух.

Условие недопущения заклинивания имеет вид:



Для автоматизации операций с силовым взаимодействием, как правило, приходится переводить силовые факторы из одной системы координат в другую. В работе **главной** системой координат является система $OXYZ$, связанная со **стойкой** манипулятора

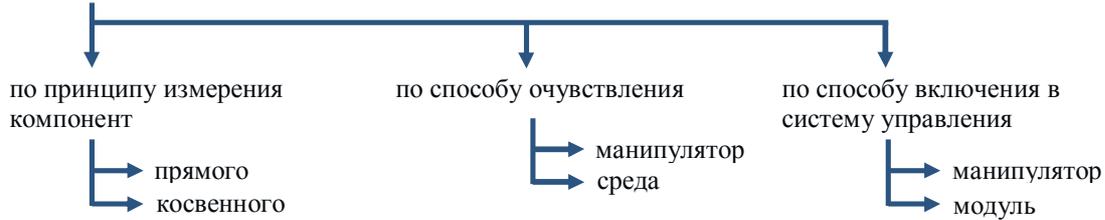


2. Принципы силомоментного оцувствления роботов

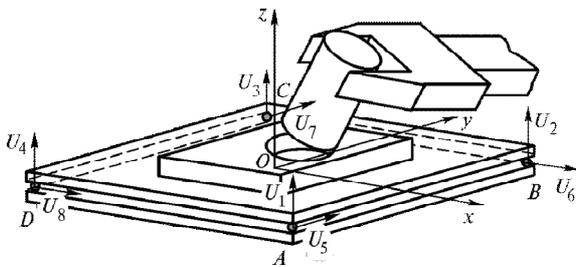
Системой силомоментного оцувствления робота называется информационная система, которая включена в его контур управления и предназначена для измерения компонент главного вектора сил и моментов, действующих на схват или инструмент манипулятора, и формирования управляющего воздействия на исполнительный механизм в проекциях на связанную со схватом систему координат.

Типовая структура ССО робота: 1, 2 — запястье и шарнир манипулятора; 3 — захватное устройство

Классификация



В способе очувствления рабочей среды объекты устанавливают на динамометрическую **платформу**



Динамометрическая платформа ($U_1 \dots U_8$ — сигналы с тензодатчиков)

Координаты проекций центра тяжести можно определить из выражения:

В схеме «очувствленного» захватного устройства используют **многокомпонентные СМД**, расположенные максимально близко к зоне, в которой возникают контактные силы.

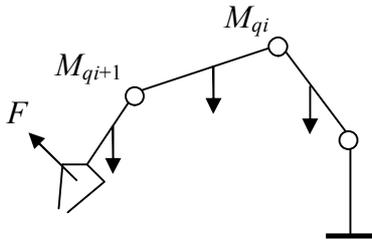
Основные конструктивные схемы



Пассивную аккомодацию реализуют с помощью устройства с **вынесенным центром податливости** или RCC, закрепленного в запястье манипулятора. Оно содержит два функциональных модуля: **силовой**, представляющий собой упругий параллелограмм, и **моментного** в виде упругого треугольника.

Устройство с вынесенным центром податливости: *a* — схема; *b* — деформация устройства под действием силы; *в* — то же под действием момента; 1, 2 — упругие элементы силового и моментного модулей; 3 — ось захватного устройства; 4 — фокус

Способ **косвенного измерения** не требует никакого дополнительного оснащения манипулятора. Он предполагает использование манипулятора с **обратимыми приводами**.



3. Датчики ССО

Функцию преобразования СМД обычно описывают выражением $U = S \cdot F$, где S — матрица чувствительности. Требование жесткости конструкции ограничивает собственную частоту колебаний СМД:

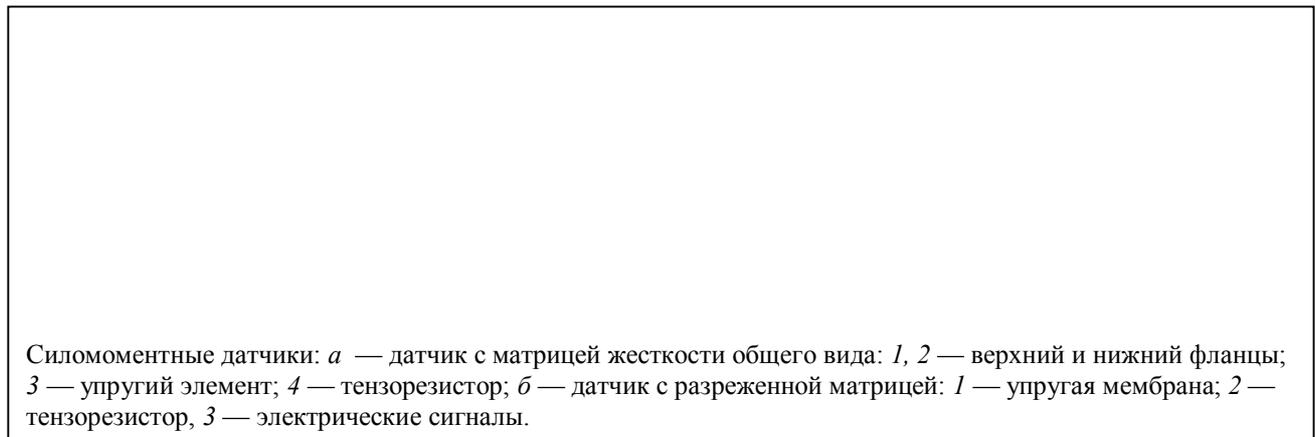
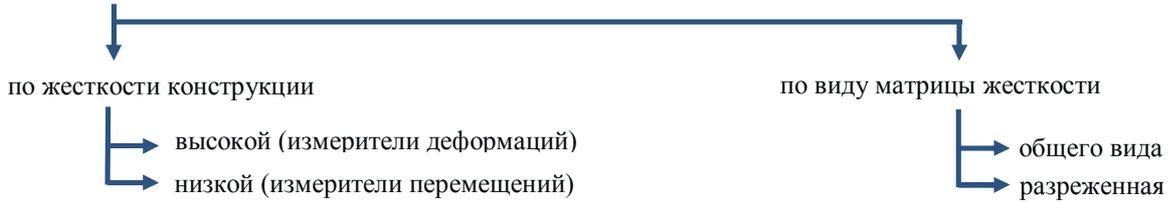


Зная величину сигналов датчика вычисляют действующие силы по формуле:



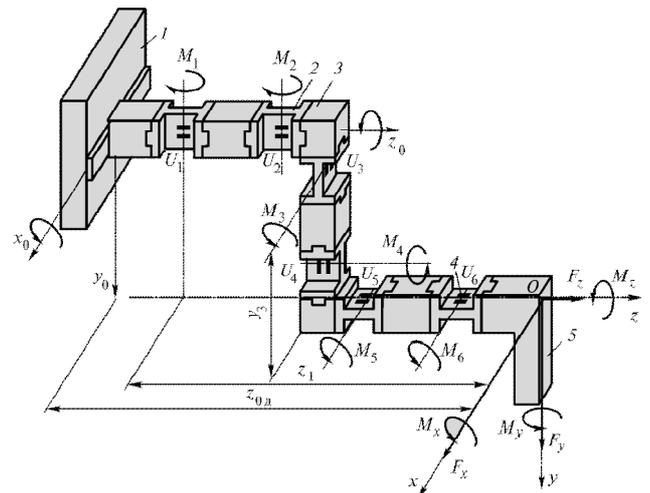
Матрица **жесткости** СМД характеризует собственно жесткость каналов измерения, матрица **чувствительности** — перекрестные связи между ними.

Классификация СМД



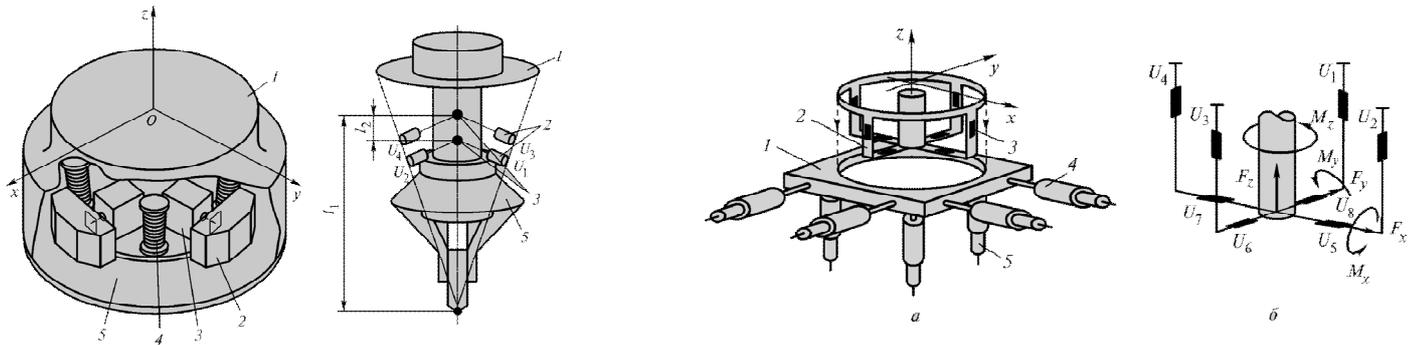
Силомоментные датчики: *a* — датчик с матрицей жесткости общего вида: 1, 2 — верхний и нижний фланцы; 3 — упругий элемент; 4 — тензорезистор; *b* — датчик с разреженной матрицей: 1 — упругая мембрана; 2 — тензорезистор, 3 — электрические сигналы.

Шестикомпонентный СМД **модульного типа** предназначен для «очувствления пальцев» захватного устройства манипулятора. Датчик состоит из шести одинаковых упругих элементов — балок равного сечения.



4. Задание для самостоятельной работы

Составьте уравнения для определения матриц преобразования датчиков.

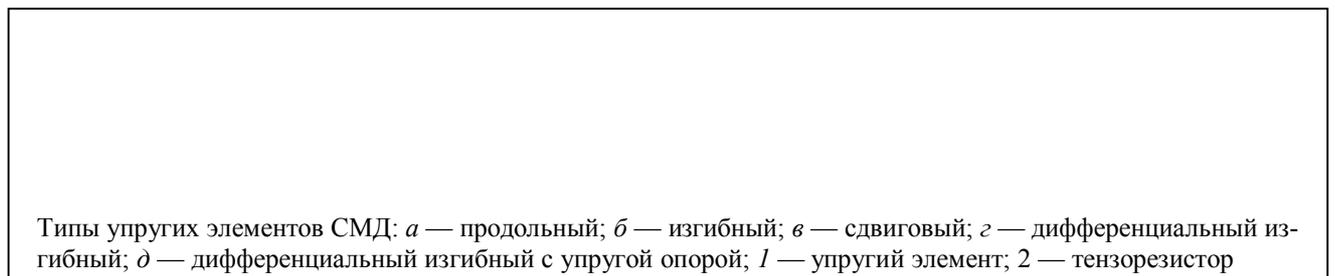


Напряженное состояние, возникающее в материале упругого элемента СМД, в значительной степени определяется его формой. При расчете конструкций обычно выделяют четыре типа напряженных состояний: **растяжение-сжатие**, **изгиб**, **сдвиг** и **кручение**.

Типы упругих элементов



В многокомпонентных СМД чаще всего используют **тензорезисторы**, каждый из которых измеряет деформацию непосредственно в месте закрепления. Поэтому их совокупность образует так называемую схему с **действительным интегрированием**, эффективность которого определяется количеством измерителей деформации. Интегрирование осуществляется суммирующей (измерительной) цепью в виде **потенциометрической** или **мостовой** схем.



Типы упругих элементов СМД: *a* — продольный; *b* — изгибный; *в* — сдвиговый; *г* — дифференциальный изгибный; *д* — дифференциальный изгибный с упругой опорой; *l* — упругий элемент; *2* — тензорезистор

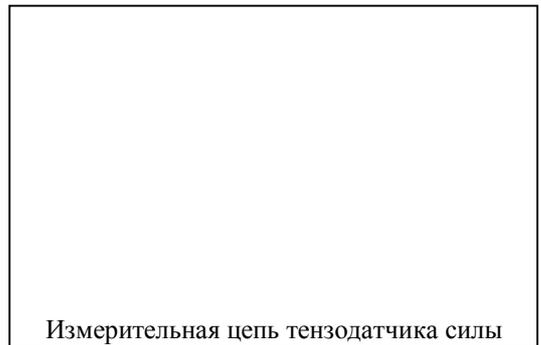
Тип упругого элемента	Деформация		Коэффициент влияния λ
	измеряемая	паразитная	

Продольный

Изгибный

Сдвиговый

Наряду с тензорезисторами в СМД используются преобразователи, принцип действия которых основан на пьезо- или магнитоупругом эффекте (**совмещенные** чувствительные элементы).



Измерительная цепь тензодатчика силы



Шестикомпонентный СМД высокой жесткости: *a* — схема; *б, в* — блоки с пьезоэлементами; *l-4* — совмещенные ЧЭ; *5* — измерительный блок; *6* — пьезоэлемент

5. Алгоритмы ССО

В задачах **распознавания** контактных ситуаций, возникающих в робототехнике, используются те же подходы, что и в СТЗ.

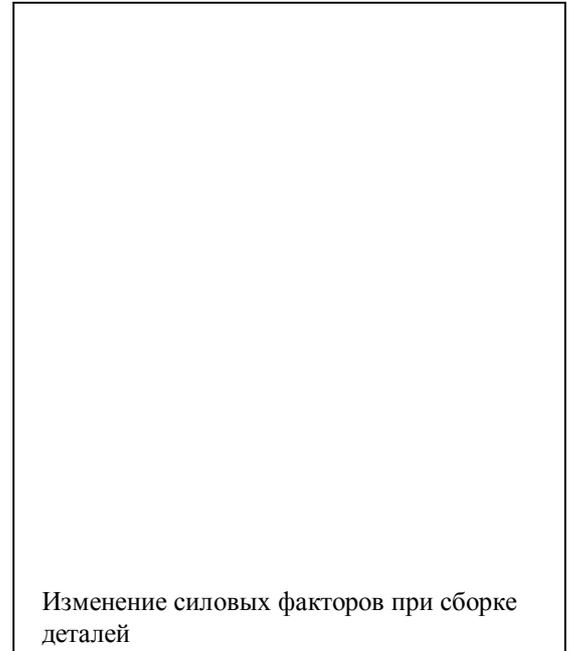
Классификация алгоритмов



Ситуативное управление

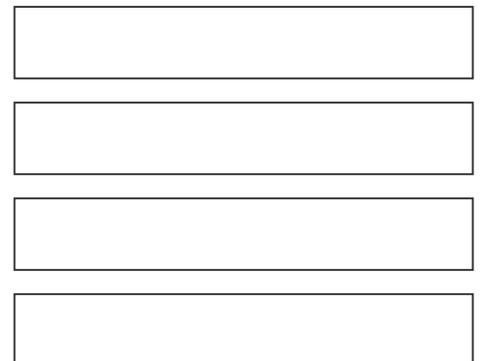
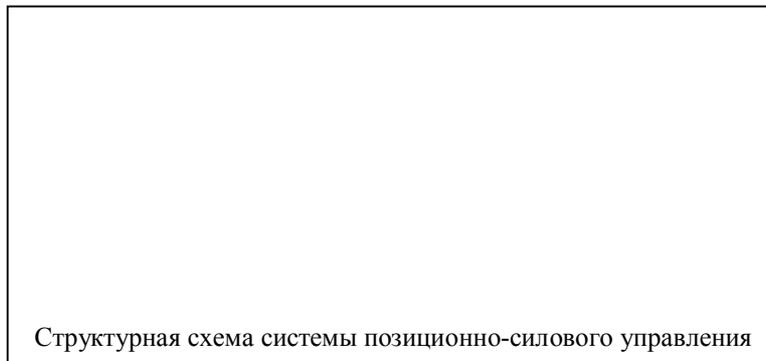
В соответствии с алгоритмом **ситуативного управления** информация о силовых факторах используется не непрерывно, а лишь в ситуациях, описанных **заранее**.

Фаза	F_x		F_z		M_y	
	знак	абсолютное значение	знак	абсолютное значение	знак	абсолютное значение
I						
II						
III						



Подчиненное регулирование

Обычно в робототехнике применяют **позиционную систему управления**. Тогда, сигналами от СМД проводится модификация номинальной траектории или скорости звеньев манипулятора.



Устойчивость системы управления зависит от жесткости датчика и конфигурации манипулятора.

6. Тактильные датчики

Тактильные датчики в робототехнике реализуют бионическую функцию осязания и предназначены для распознавания объектов внешней среды при контактном взаимодействии.

Классификация

