

## Исполнительный механизм

Исполнительный механизм — это устройство, преобразующее выходной сигнал регулятора в перемещение регулирующего органа. Исполнительные механизмы крайне распространены и используются повсеместно не только в промышленности, но и в быту.



Исполнительный механизм

### Общий принцип действия исполнительных механизмов

Обычно исполнительные механизмы состоят из трех основных частей: **привод**, **прибор** для управления приводом и регулирующей орган — **затвора**. Привод обеспечивает изменение положения затвора, а затвора корректирует величину переменной процесса.

За счет подвода энергии извне исполнительный механизм развивает усилие и мощность, достаточные для перемещения регулирующего органа в положение, соответствующее командному сигналу. Например, исполнительный механизм может использоваться, чтобы изменить степень открытия клапана для увеличения или уменьшения загрузки, или изменить положение заслонки или жалюзи.

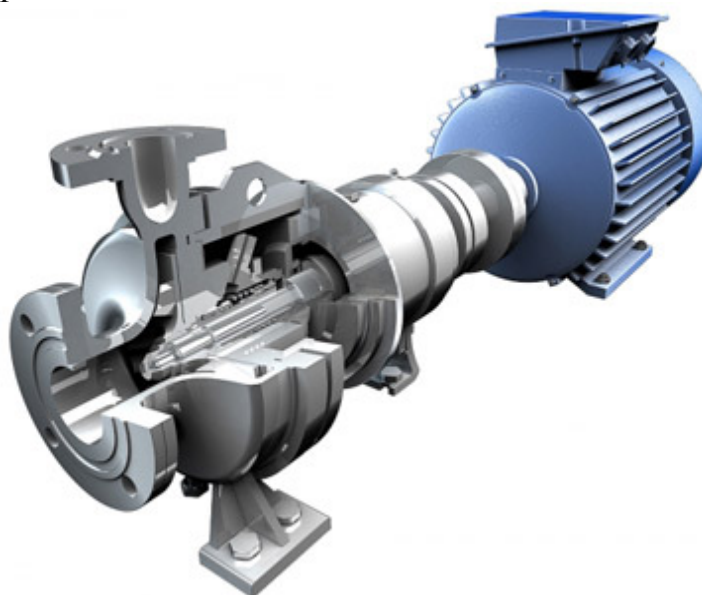
### Виды исполнительных механизмов

Существуют разные виды исполнительных механизмов, которые, в свою очередь, имеют подвиды. Их конструкция и принцип действия отличаются друг от друга. В зависимости от вида энергии, используемой для создания перестановочного усилия, исполнительные механизмы разделяют на пневматические, гидравлические и электрические.

Тип исполнительного механизма, который используется на конкретном производстве, зависит от многих факторов, включая особенности технологического процесса, действие, которое должно быть выполнено и требуемую скорость реагирования.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ

**Гидравлический исполнительный механизм** — устройство, преобразующее выходной сигнал регулятора при помощи силы жидкости под давлением, чтобы произвести механическое движение.



Гидравлический исполнительный механизм

**Гидравлические исполнительные механизмы** обычно используются в случаях, требующих приложения больших усилий для перемещения устройств. В большинстве случаев они более мощные, чем другие типы исполнительных механизмов сравнимого размера.

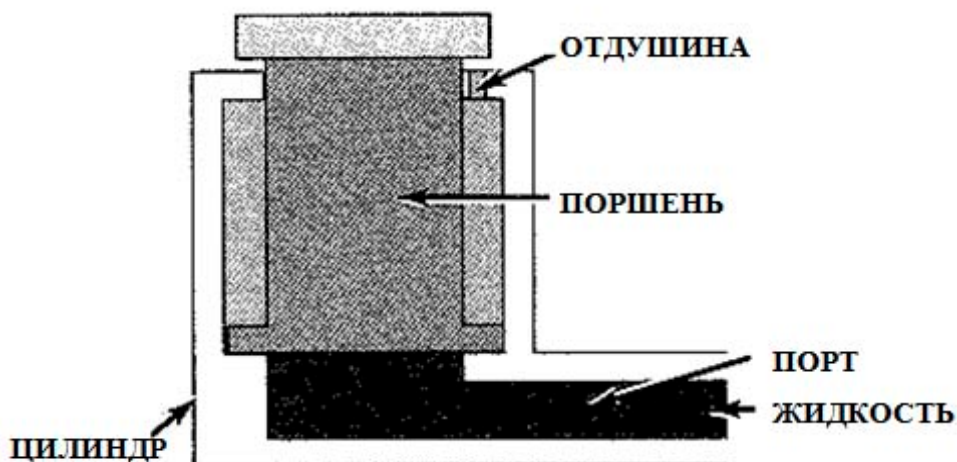
**Различаются три общих вида** гидравлических исполнительных механизмов: однонаправленного действия с возвратом по нагрузке, однонаправленного действия с пружинным возвратом и двойного действия.

Гидравлический исполнительный механизм однонаправленного действия с возвратом по нагрузке

Самый простой вид гидравлического исполнительного механизма. Этот исполнительный механизм является механизмом однонаправленного действия, потому что жидкость вводится в цилиндр только через один порт и, следовательно, действует только на одну сторону поршня.

С возвратом по нагрузке, потому что вес нагрузки (поршень) — единственная сила, которая действует, чтобы вернуть поршень в исходную

позицию. Управляя количеством жидкости, которая вводится через порт, можно установить поршень в любой точке цилиндра.



### Гидравлические исполнительные механизмы однонаправленного действия с возвратом по нагрузке

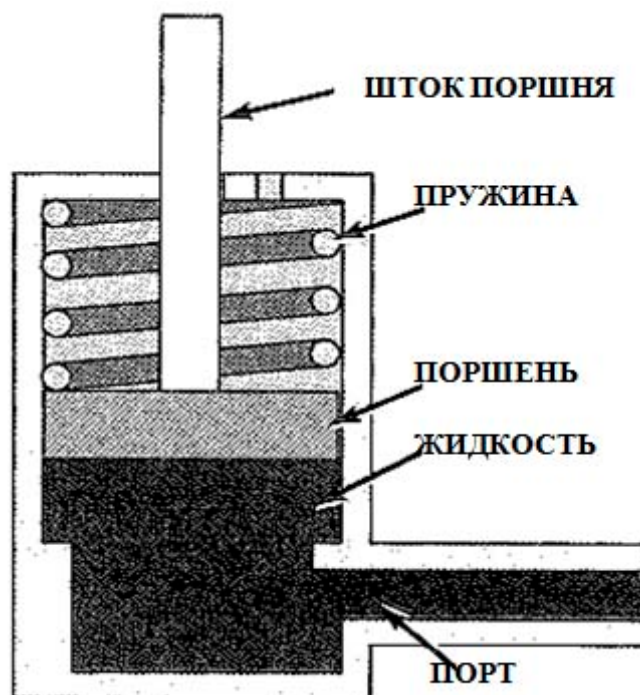
Принцип действия:

1. Жидкость подается через порт;
2. Жидкость заполняет цилиндр и поднимает поршень вверх;
3. Когда поток прекращается, поршень остается в новой позиции.

Чтобы переместить поршень вниз цилиндра, направление жидкостного потока меняется. Поскольку жидкость вытекает из цилиндра через порт, под действием собственного веса поршень возвращается в первоначальное положение.

### Гидравлический исполнительный механизм однонаправленного действия с пружинным возвратом

Этот механизм работает по такому же принципу, что и прошлый. Составные элементы те же самые, с одним важным исключением: в верхней части цилиндра установлена пружина. Как прежде, поршень выталкивается вверх в цилиндре, когда жидкость подается через порт. Поскольку поршень перемещается вверх, это сжимает пружину. Когда жидкостный поток реверсируется, усилие сжатой пружины более эффективно, чем вес поршня, возвращает поршень в первоначальное положение.

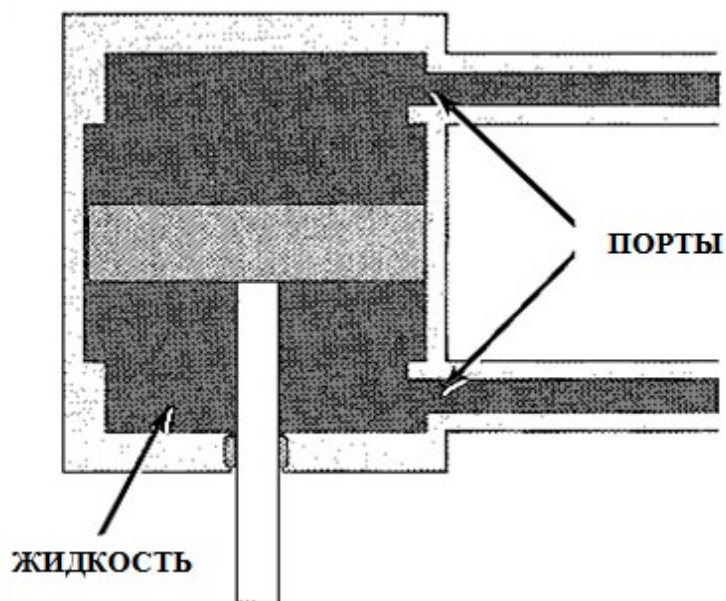


### Гидравлический исполнительный механизм однонаправленного действия с пружинным возвратом

Гидравлический исполнительный механизм двойного действия

Такой механизм обеспечивает приложение усилий в двух направлениях. В отличие от предыдущих механизмов цилиндр гидравлических исполнительных механизмов двойного действия полностью заполнен жидкостью. Жидкость может подаваться через любой из двух портов. Когда жидкость поступает в цилиндр через один порт, равному объему жидкости позволяют вытечь из другого порта. В результате, поршень перемещается в цилиндре вверх или вниз.

Реверсирование потока жидкости заставляет поршень двигаться в противоположное направление. Когда подача жидкости прекращается, жидкость под давлением остается с обеих сторон поршня и поршень, фактически, блокирован в определенном месте удерживаемой жидкостью.



### Гидравлический исполнительный механизм двойного действия

Гидравлические исполнительные механизмы, использующие в качестве рабочей жидкости воду, отличаются простотой конструкций, относительно малой стоимостью и безопасностью в работе.

#### К недостаткам их следует отнести:

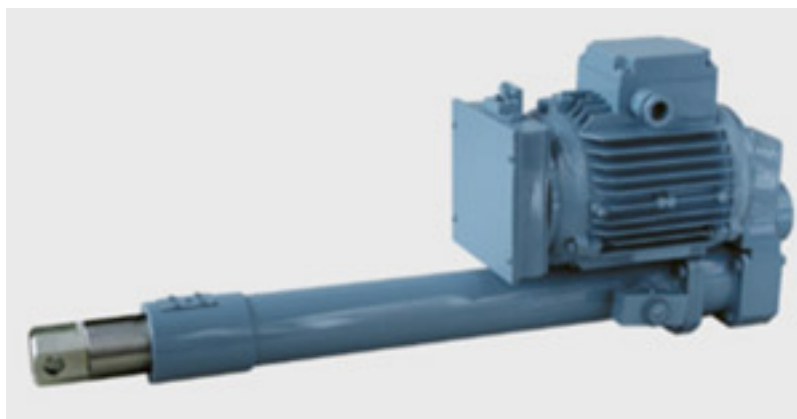
1. Возможность **коррозии** внутренней рабочей поверхности исполнительного механизма, против которой в этих приводах приходится применять специальные меры.
2. **Замерзание среды** и возникновение отказов работы механизмов при окружающей температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .
3. **Большие диаметры, габариты, вес**, вследствие низкого давления энергоносителя (давление воды в системах редко бывает выше  $5\text{ кг/см}^2$ ).
4. Трудности автоматизации работы гидравлических исполнительных механизмов, так как существующая аппаратура автоматики (золотники, пилоты и т. д.) рассчитана на масло и поэтому не может быть использована для работы на воде.
5. Необходимость специального отвода отработанной воды.

## Электрический исполнительный механизм

Электрический исполнительный механизм — устройство, преобразующее выходной сигнал регулятора при помощи электрической энергии, чтобы произвести механическое движение.

Электрические ИМ по **принципу действия** подразделяются на электродвигательные (привод от двигателя) и электромагнитные; **по характеру движения выходного элемента** — на прямоходные с поступательным движением выходного элемента, поворотные с вращательным движением до 3600 (однооборотные) и с вращательным движением на угол более 3600 (многооборотные).

Электрические ИМ имеют **преимущества**: высокое быстродействие, точность позиционирования, компактность, доступность источника энергии, большие перестановочные усилия. **Недостатки**: дороговизна, необходимость мер защиты во взрыво- и пожароопасных условиях.



Электрический исполнительный механизм

Все электрические исполнительные механизмы, можно разделить на две основные группы:

- 1) электромагнитные
- 2) электродвигательные.

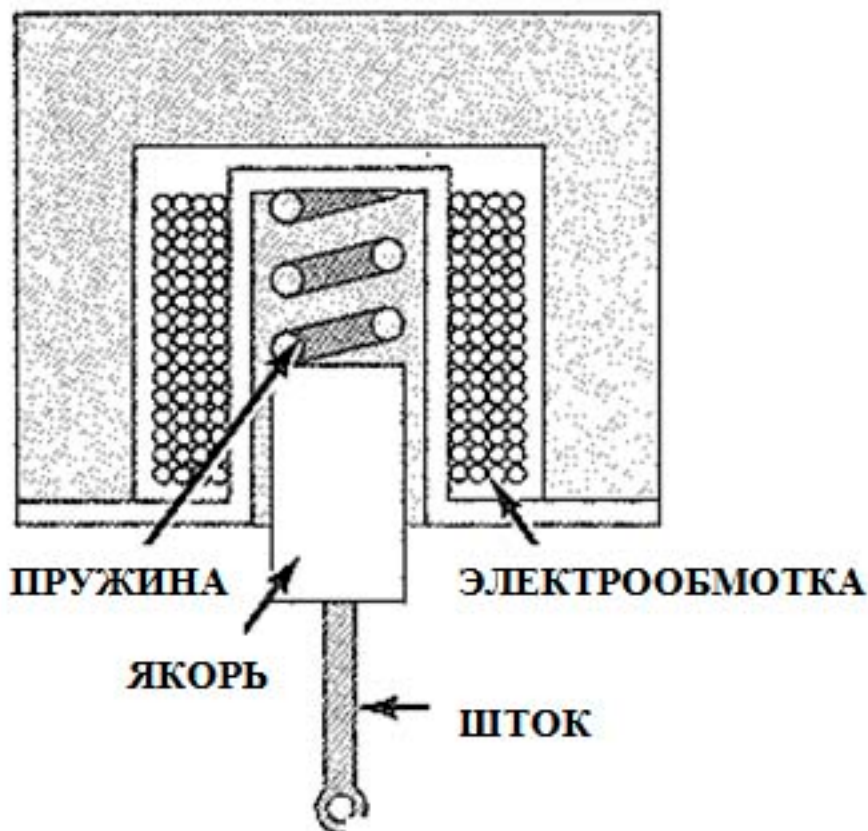
К первой группе относятся прежде всего **соленоидные электроприводы**, предназначенные для управления различного рода регулирующими и запорными клапанами, вентилями, золотниками и т. п. Сюда же можно отнести **исполнительные механизмы с различными видами электромагнитных муфт**. Характерная особенность электрических исполнительных механизмов этой группы состоит в том, что необходимое для перестановки рабочего органа усилие создается за счет электромагнита, являющегося неотъемлемой частью исполнительного механизма.

Для целей регулирования соленоидные механизмы обычно применяются только в системах двухпозиционного регулирования. В системах автоматического управления в качестве исполнительных элементов



часто используются электромагнитные муфты, которые подразделяются на муфты трения и муфты скольжения.

Ко второй, наиболее распространенной в настоящее время группе относятся **электрические исполнительные механизмы с электродвигателями различных типов и конструкций.**



Соленоидный исполнительный механизм

Главное **преимущество** соленоидных исполнительных механизмов — это их быстрая реакция: движение якоря почти мгновенно после подачи или отключения тока. **Недостатком** соленоидных исполнительных механизмов является то, что они не могут быть установлены между экстремальными значениями: они или полностью раздвинуты, или полностью сжаты (шток втянут). Также, конструкция соленоидного исполнительного механизма запрещает его использование в узлах, которые требуют больших усилий. Чтобы генерировать большую силу притяжения, соленоидный исполнительный механизм должен быть чрезвычайно больших размеров.

Основные детали:

1. Якорь, подобный цилиндру из железа или стали;
2. шток, который соединяет якорь с управляемым устройством;
3. пружина, которая давит на якорь;
4. электрообмотка, которая представляет из себя катушку из провода с выводами.

Принцип действия соленоидного механизма:

1. Ток проходит через обмотку, катушка становится электромагнитом;
2. якорь притягивается электромагнитом и перемещается внутрь катушки;
3. в результате движется шток, вызывая изменение положения, связанного с ним устройства;
4. когда электроток отключается, якорь возвращается в первоначальную позицию пружиной.

### Электрический исполнительный механизм

**Электрический исполнительный механизм** – это силовой элемент системы автоматического управления, который перемещает регулирующий орган в соответствии с управляющими сигналами этой системы.

Наибольшее применение в системах автоматического управления получили электродвигатели, обеспечивающие непрерывное (гибкое) управление регулирующим органом.

Типы:

- многооборотные (МЭМ),
- однооборотные (МЭО) с углом поворота до 360,
- прямоходовые (МЭП).
- однооборотные фланцевые (МЭОФ)

МЭО - электромеханическая система, предназначенная для приведения в действие запорно-регулирующей трубопроводной арматуры в системах автоматического регулирования технологическими процессами, в соответствии с командными сигналами регулирующих и управляющих устройств.

Электрический исполнительный механизм (рис. 2) состоит из электродвигателя **М**; тормозного устройства **ЭТ**; редуктора **Р**, понижающего частоту вращения, а в некоторых механизмах еще и преобразующего вращательное движение в поступательное; датчиков обратной связи **ДОС**; конечных выключателей **КВ**. Кроме того, ЭИМ имеет штурвал ручного управления **РУ**, позволяющий вручную устанавливать регулирующий орган **РО** в требуемое положение (при монтаже и регулировке ЭИМ). Положение регулирующего органа можно контролировать по указателю на корпусе ЭИМ, а также дистанционно с помощью прибора **П**, подключенного к датчику обратной связи **ДОС**. Помимо перечисленных ЭИМ могут содержать и другие элементы. Например, датчик обратной связи по скорости, в качестве которого обычно используются тахогенераторы.



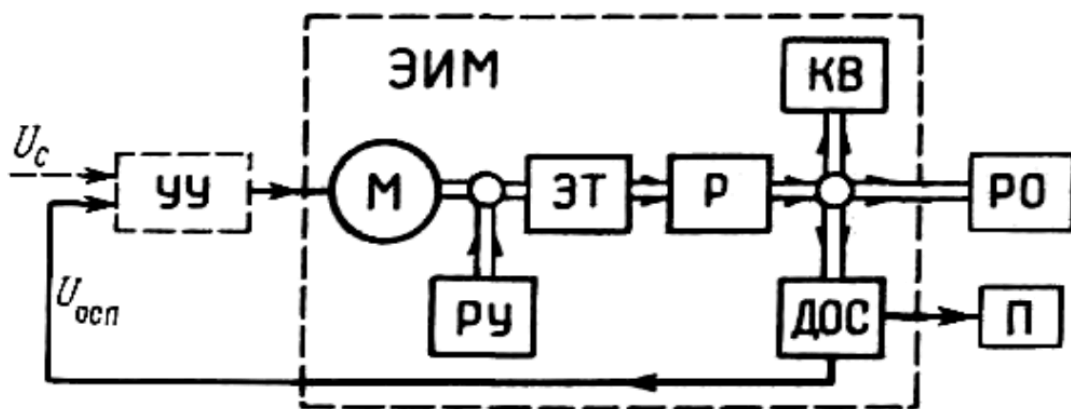


Рис. 14.2. Структурная схема электрического исполнительного механизма

Рассмотрим подробнее назначение некоторых элементов ЭИМ. **Электродвигатель** – основной элемент ЭИМ. Преимущественно в исполнительных механизмах используют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, так как они наиболее просты, дешевы и надежны по сравнению с двигателями других типов.

В зависимости от принципа работы управляющего устройства УУ, системы автоматического управления ЭИМ разделяют на два вида: исполнительные механизмы постоянной и переменной скорости.

В исполнительных механизмах *постоянной скорости* частота вращения ротора двигателя неизменна, а величина механического перемещения регулирующего органа определяется продолжительностью импульса управляющего сигнала  $U_c$ . Такой режим работы позволяет применять в исполнительных механизмах трехфазные асинхронные двигатели общепромышленного назначения серий АОЛ или 4А или же асинхронные конденсаторные двигатели. Эти двигатели имеют высокие энергетические показатели, надежны в эксплуатации, имеют минимальные габаритные размеры, массу и стоимость. Однако такие исполнительные механизмы не обеспечивают достаточно высокой точности регулирования.

В исполнительных механизмах *переменной скорости* частота вращения ротора двигателя регулируется величиной напряжения управляющего сигнала, и их применяют в системах автоматического управления, требующих высокой точности регулирования. Двигатель такого исполнительного механизма должен быть управляемым. В качестве таких двигателей используются исполнительные двигатели, частота вращения которых регулируется величиной напряжения, подводимого к обмотке управления (см. гл. 8). Такие двигатели по сравнению с неуправляемыми имеют большие габаритные размеры, массу и стоимость и худшие энергетические показатели.

В системах автоматического управления общепромышленного назначения преимущественно применяются ЭИМ постоянной скорости

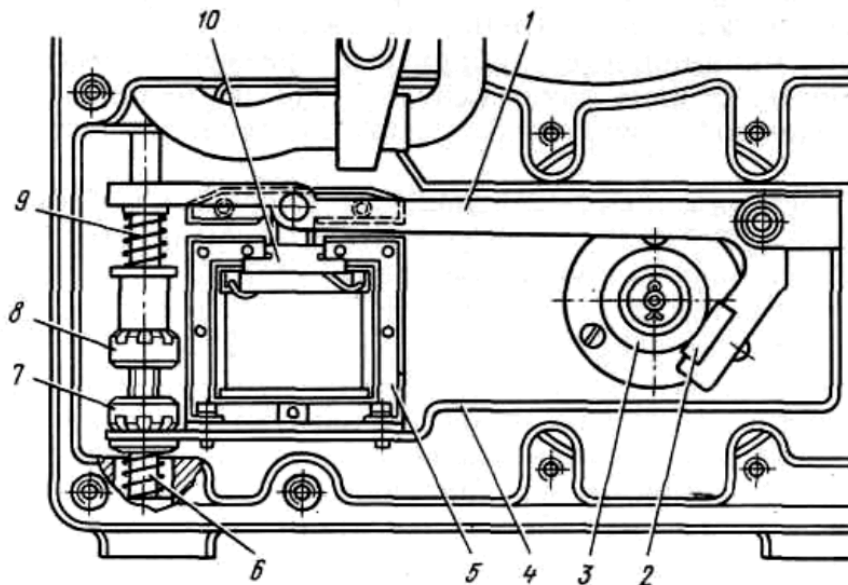


Рис. 14.3. Устройство электромагнитного тормоза ЭИМ

**Тормозное устройство** служит для фиксированного останова регулирующего органа механизма после прекращения управляющего сигнала и для устранения самохода (если в механизме применен асинхронный конденсаторный двигатель). Наиболее широко в электрических исполнительных механизмах применяются фрикционные тормоза с электромагнитным управлением. На рис. 3 показано устройство такого тормоза. Сердечник электромагнита 5 с катушкой укреплен на рычаге 4, опирающемся на пружину 6, а якорь 10 этого электромагнита установлен на рычаге 1. Пружина 6 поджимает рычаг 4 к гайке 7, а пружина 9 через рычаг 1 поджимает тормозную колодку 2 к шкиву 3. Усилие пружины 9 регулируется гайкой 8. При подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь 10 притягивается к сердечнику, пружина 9 сжимается, тормозная колодка 2 отходит от шкива 3 и происходит растормаживание механизма. При снятии напряжения с обмотки электромагнита пружина 9 прижимает колодку 2 к шкиву 3, т. е. происходит торможение механизма, исключаящее перемещение его регулирующего органа.

**Датчики обратной связи** по положению служат для получения электрического сигнала обратной связи  $U_{осн}$ , значение которого определяется пространственным положением регулирующего органа механизма. В механизме таких датчиков обычно два: сигнал с одного из них подается на управляющее устройство УУ, где он, суммируясь с управляющим сигналом  $U_c$ , корректирует работу двигателя в соответствии с пространственным положением регулирующего органа механизма, а сигнал с другого датчика подается на дистанционный указатель положения регулирующего органа. В качестве датчиков обратной связи по положению используют датчики двух типов: реостатные и индукционные. **Реостатный датчик** – это реостат,

включенный по схеме потенциометра. Положение движка этого датчика соответствует пространственному положению регулирующего органа механизма.

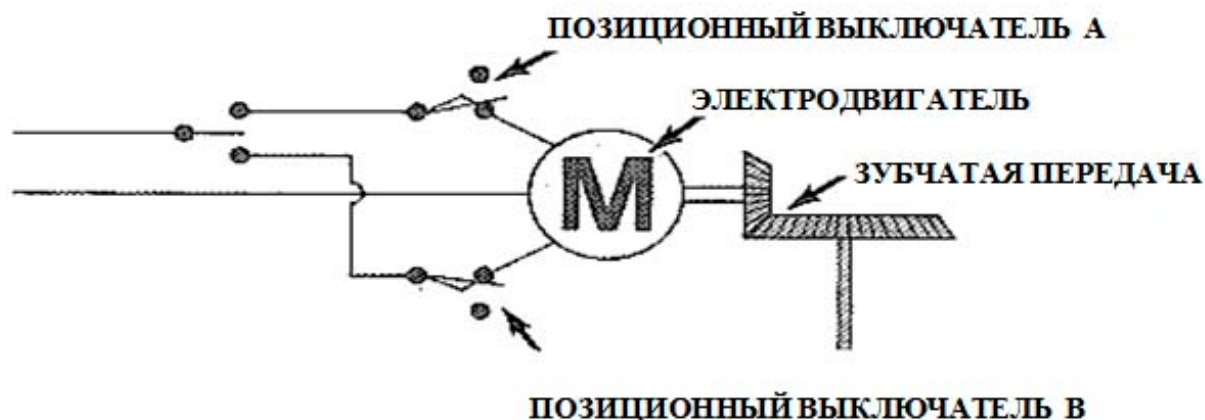
**Основной недостаток реостатных датчиков** – наличие скользящего контакта, который снижает надежность ЭИМ из-за возможного подгорания контакта или нарушения его из-за окисления. Более надежны **индукционные датчики**. Такой датчик состоит из двух катушек, включенных по дифференциальной схеме. Внутри катушек перемещается сердечник, связанный через профильный кулачок с выходным валом механизма. Рабочий ход этого сердечника 5 мм. При симметричном расположении сердечника относительно катушек напряжения на выводах обеих катушек одинаковы. При смещении сердечника от этого положения напряжения на катушках становятся неодинаковыми. Благодаря использованию кулачка специального профиля напряжения на катушках изменяются прямо пропорционально углу поворота выходного вала исполнительного механизма. Датчики обратной связи монтируются в отдельном блоке совместно с конечными выключателями. При подходе регулирующего органа механизма к одному из крайних положений срабатывают **конечные выключатели**, отключающие электродвигатель.

*Наличие в исполнительном механизме контактных элементов заметно снижает его надежность из-за подгорания или залипания контактов. Стремление повысить надежность ЭИМ привело к созданию бесконтактных исполнительных механизмов, не содержащих в своих цепях размыкаемых или скользящих контактов. В таких механизмах нет конечных выключателей, а для ограничения крайних положений выходного органа механизма применены механические упоры. При подходе к одному из крайних положений регулирующий орган механизма стопорится упором. Специфика работы бесконтактных исполнительных механизмов предъявляет к электродвигателю дополнительное требование – возможность его работы в режиме короткого замыкания, когда скольжение  $s = 1$ . В качестве таких двигателей используются асинхронные конденсаторные двигатели серии ДАУ. Однофазное питание двигателя упрощает схему управляющего устройства и самого механизма за счет сокращения количества управляющих элементов. Двигатели серии ДАУ не боятся перегрузки, так как для них режим короткого замыкания является одним из возможных рабочих режимов. Такое свойство этих двигателей обеспечивается оптимальным выбором формы механической характеристики, соответствующей номинальному скольжению  $S_{НОМ} \approx 20\%$ . При этом пусковой момент двигателя равен максимальному, т. е. критическое скольжение*

Основу исполнительного механизма типа МЭО (рис. 4) составляет редуктор, на корпусе 4 которого крепятся: электродвигатель 1, блок датчиков обратной связи по положению 3, электромагнитный тормоз 6. Штурвал 5 служит для



механическое перемещение и необходимо позиционирование между крайними положениями.



### Электрический моторный исполнительный механизм

#### Принцип действия электрического моторного исполнительного механизма

1. электрический двигатель управляет зубчатой передачей, которая используется для перемещения регулирующего органа;
2. два позиционных выключателя (обозначенные А и Б) размещены в точках, в которых регулирующий орган полностью открыт и полностью закрыт;
3. когда регулирующий орган достигает позиции полного открытия, позиционный выключатель А размыкается, отключая электродвигатель;
4. точно так же позиционный выключатель В размыкается, когда регулирующий орган достигает позиции полного закрытия, также отключая электродвигатель.

#### Маркировка

XXX	-	XXXX	/	XXX	-	0,XX
1		2		3		4

- 1 Тип механизма – МЭО.
- 2 Номинальный крутящий момент на выходном валу, N·m.
- 3 Номинальное время полного хода выходного вала, s.
- 4 Номинальное значение полного хода выходного вала, r.

Пример маркировки: МЭО-0,63/10-0,25

(однооборотный электрический ИМ, момент 6,3 Н.м, время хода 10 сек, номинальный ход 0,25 оборота).