

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СЛЕДЯЩИЕ ПРИВОДЫ (ГИДРОУСИЛИТЕЛИ)

1. Общие сведения

Гидроусилитель - совокупность гидроаппаратов и объемных гидродвигателей, в которой движение управляющего элемента преобразуется в движение управляемого элемента большей мощности, согласованное с движением управляющего элемента по скорости, направлению и перемещению.

Гидроусилитель следящего типа представляет собой силовой гидропривод, в котором исполнительный механизм (выход) воспроизводит (отслеживает) закон движения управляющего органа (входа), для чего в системе предусмотрена непрерывная связь между выходным и входным элементами, которая называется обратной связью.

Название такого привода - "следающий Гидроусилитель" или "следающий гидропривод" - обоснованы тем, что выход такого гидроусилителя автоматически устраняет через обратную связь возникающее рассогласование между управляющим воздействием (входным сигналом) и ответным действием (выходным сигналом).

Гидравлические следящие приводы нашли широкое применение в различных отраслях техники и в особенности в системах управления современными транспортными машинами, включая автомашины, морские суда, самолеты и прочие летательные аппараты.

Блок-схема следящего привода (рис.6.1) состоит из следующих основных элементов:

- задающего устройства ЗУ, которым формируется сигнал управления, пропорциональный требуемому перемещению исполнительного механизма (датчики, реагирующие на изменение условий работы или параметров технологического процесса);
- сравнивающего устройства СУ, или датчика рассогласования, устанавливающего соответствие сигнала воспроизведения, поступающего от исполнительного механизма, сигналу управления;
- усилителя У, которым производится усиление мощности сигнала управления за счет внешнего источника энергии ВИЭ;
- исполнительного механизма ИМ, которым перемещается объект управления и воспроизводится программа, определяемая задающим устройством;
- обратная связь ОС, которой исполнительный механизм соединен со сравнивающим устройством или с усилителем. Обратная связь является отличительным элементом следящего привода.



Рис.6.1. Блок-схема следящего привода

Величина $x = f(t)$ (перемещение или скорость), сообщаемая задающим устройством сравнивающему устройству, называется "входом", а $y = \varphi(t)$ (перемещение или скорость), воспроизведенная исполнительным механизмом, - "выходом". Разность $(x - y) = \varepsilon$ называется ошибкой слежения или рассогласования системы.

Принцип работы следящего привода заключается в следующем. Изменение условий работы машины или параметров технологического процесса вызывает перемещение задающего устройства, которое создает рассогласование в системе. Сигнал рассогласования воздействует на усилитель, а через него и на исполнительный механизм. Вызванное этим сигналом перемещение исполнительного механизма через обратную связь устраняет рассогласование и приводит всю систему в исходное положение.

Рассмотрим работу следящего привода на примере принципиальной схемы рулевого управления автомобиля (рис.6.2).

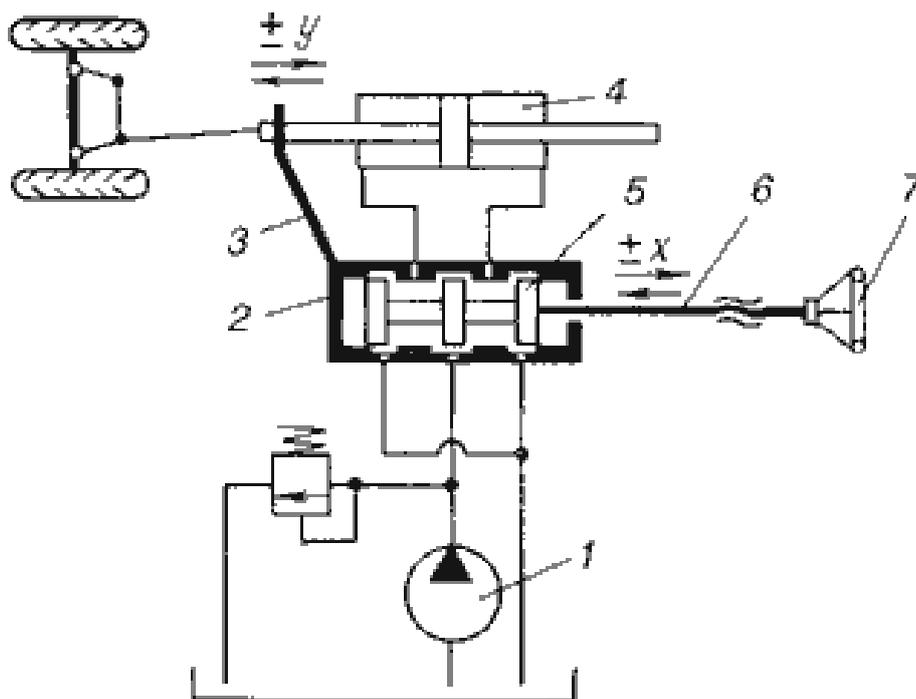


Рис.6.2. Принципиальная схема следящего рулевого привода автомобиля:

- 1 - насос (внешний источник энергии); 2 - втулка усилителя;
- 3 - обратная связь; 4 - исполнительный механизм; 5 - золотник усилителя; 6 - винт; 7 - рулевое колесо (задающее устройство)

При прямолинейном движении автомашины все элементы системы рулевого управления находятся в исходном положении. Жидкость из насоса 1 поступает к гидроусилителю золотникового типа. Золотник 5 усилителя занимает нейтральное положение, а в обеих полостях исполнительного механизма 4 установилось одинаковое давление. При необходимости изменить направление движения автомобиля водитель поворачивает рулевое колесо 7. Связанный с рулевым колесом винт 6 перемещает золотник усилителя на величину x , вызывая рассогласование в системе. При этом проходные сечения одних рабочих окон усилителя уменьшаются, а других увеличиваются. Это создает перепад давлений у исполнительного механизма, а его поршень приходит в движение, перемещаясь на величину y и поворачивая колеса автомобиля. Одновременно через обратную связь 3 движение поршня передается на втулку 2 усилителя. Совокупность 2 и 3 является сравнивающим устройством. Втулка перемещается в том же направлении, что и золотник 5 до тех пор, пока рассогласование в гидросистеме, вызванное поворотом рулевого колеса, не будет устранено. При непрерывном вращении водителем рулевого колеса поршень со штоком будет также непрерывно перемещаться, вызывая соответствующий поворот колес. При этом небольшие усилия водителя, прикладываемые к рулевому колесу, гидроприводом преобразуются в значительные усилия на штоке поршня, необходимые для управления автомобилем.

2. Классификация гидроусилителей

Применяемые в автоматизированных гидроприводах гидроусилители классифицируют по следующим признакам.

По *методу управления* различают гидроусилители без обратной связи и с обратной связью между управляющим элементом и ведомым звеном исполнительного механизма.

По *конструкции управляющего элемента* гидроусилители подразделяют на усилители с дросселирующими гидрораспределителями золотникового типа, с соплом и заслонкой, со струйной трубкой, крановые, с игольчатым дросселем.

По *числу каскадов усиления* гидроусилители подразделяют на одно-, двух- и многокаскадные. Многокаскадные применяют в тех случаях, когда требуется получить на выходе большую мощность и сохранить при этом высокую чувствительность гидроусилителя.

По *виду сигнала управления* гидроусилители подразделяют на усилители с механическим и электрическим сигналами управления.

Важными характеристиками усилителей являются коэффициенты усиления: по мощности k_N , по расходу k_Q , по скорости k_v и по давлению k_P :

$$k_N = \frac{N_{\text{вых}}}{N_{\text{вх}}}; \quad k_Q = \frac{\partial Q}{\partial x}; \quad k_v = \frac{\partial v}{\partial x}; \quad k_P = \frac{\partial P}{\partial x}$$

где $N_{\text{вых}}$, $N_{\text{вх}}$ - мощности на ведомом звене исполнительного элемента гидроусилителя и мощность, затрачиваемая на его управление; δQ , δv , δP - изменение расхода, скорости движения ведомого звена исполнительного элемента и давления жидкости на выходе при изменении положения управляющего элемента гидроусилителя на величину δx .

3. Гидроусилитель золотникового типа

Гидроусилители золотникового типа получили наибольшее распространение. Они просты по конструкции, разгружены от аксиальных статических сил давления жидкости, легко управляемы, имеют высокий КПД и обеспечивают достижение значительных коэффициентов усиления по мощности.

Схема следящего гидроусилителя золотникового типа с гидродвигателем прямолинейного движения и жесткой рычажной обратной связью представлена на рис.6.3.

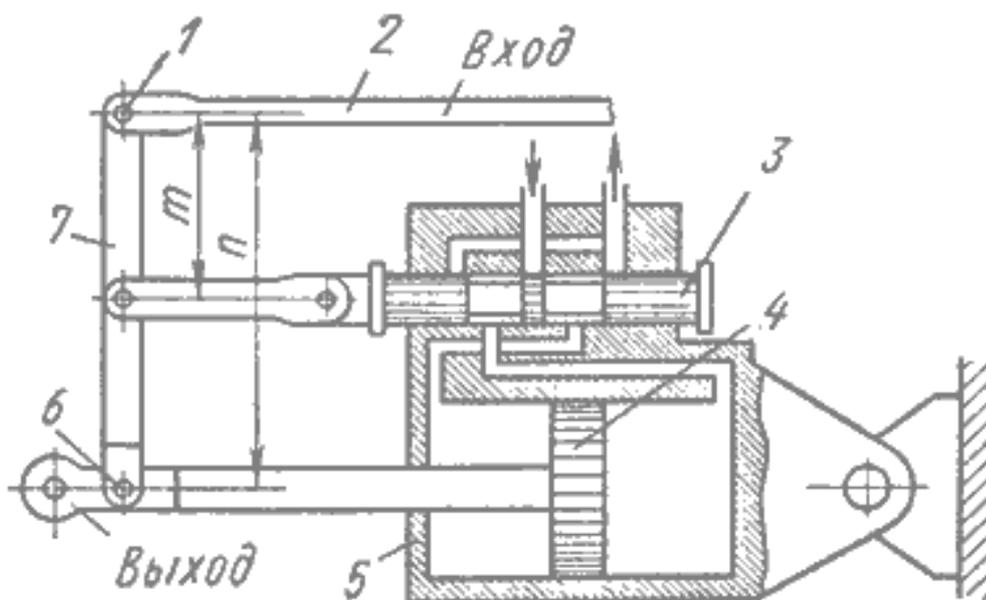


Рис.6.3. Схем гидроусилителя золотникового типа с обратной связью:

- 1 - шарнир; 2 - тяга; 3 - золотник распределителя; 4 - поршень; 5 - корпус силового цилиндра;
6 - шарнир; 7 - дифференциальный рычаг

Этот гидроусилитель состоит в основном из тех же элементов что и рассмотренный выше усилитель рулевого привода автомобиля. При перемещении тяги 2, связанной с ручкой управления, перемещается шарнир 1 дифференциального рычага 7 обратной связи, с которым вязаны штоки силового цилиндра 5 и золотника распределителя 3. Так как силы, противодействующие смещению золотника распределителя, значительно меньше соответствующих сил, действующих в системе силового поршня 4, то шарнир 6 может рассматриваться в начале движения тяги 2 как неподвижный, ввиду чего движение его вызовет через рычаг 7 смещение плунжера золотника распределителя 3. В результате при смещении золотника из нейтрального положения, жидкость поступит в соответствующую полость цилиндра 5, что вызовет перемещение поршня 4, а, следовательно, и шарнира 6, связанного с "выходом". При этом выходное звено сместится пропорционально перемещению тяги 2.

После того как движение тяги 2 будет прекращено, продолжающийся выдвигаться поршень 4 сообщит через рычаг 7 обратной связи плунжеру золотника распределителя 3 перемещение, противоположное тому, которое он получал до этого при смещении тяги 2 управления. Так как при этом расходные окна золотника будут в результате обратного движения плунжера постепенно прикрываться, количество жидкости, поступающей в цилиндр 5, уменьшится, вследствие чего скорость его поршня будет уменьшаться до тех пор, пока плунжер золотника не придет в положение, в котором окна полностью перекроются, при этом скорость станет равной нулю.

При перемещении плунжера золотника в противоположную сторону движение всех элементов регулирующего устройства будет происходить в обратном направлении.

В действительности отдельных этапов движения "входа" и "выхода" рассматриваемого следящего привода с жесткой обратной связью не существует, и оба движения протекают практически одновременно, т.е. имеет место не ступенчатое, а непрерывное "слежение" исполнительным механизмом за перемещением "входа".

4. Гидроусилитель с соплом и заслонкой

Гидроусилитель с соплом и заслонкой (рис.6.4) состоит из управляющего элемента в виде нерегулируемого дросселя 1, междроссельной камеры 2, регулируемого дросселя, выполненного в виде сопла 3, заслонки 4 и задающего устройства 6, а также из исполнительного элемента 5.

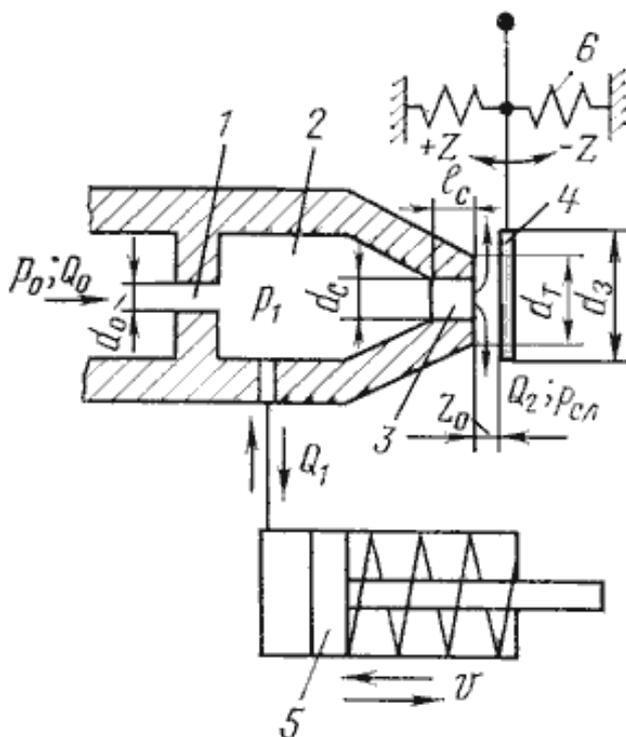


Рис.6.4. Гидроусилитель с соплом и заслонкой:

- 1 - нерегулируемый дроссель; 2 - междроссельная камера; 3 - сопло;
4 - заслонка; 5 - исполнительный элемент; 6 - задающее устройство

Жидкость подается к гидроусилителю со стороны нерегулируемого дросселя. Из междроссельной камеры одна часть жидкости Q_2 вытекает через щель, образованную торцом сопла и заслонкой, а другая Q_1 поступает к исполнительному элементу. При изменении положения заслонки изменяются давление в междроссельной камере и расход через сопло. Одновременно изменяются усилие на исполнительный элемент, расход Q_1 и скорость v движения выходного звена. Нерегулируемый дроссель может быть выполнен в виде пакета тонких шайб с круглыми отверстиями.

Сопло гидроусилителя выполняется в виде цилиндрического насадка или в виде капиллярного канала. Увеличение диаметра сопла приводит к увеличению расхода и быстродействия системы. Заслонка имеет плоскую форму и перемещается от воздействия на нее сигнала управления.

Гидроусилитель типа сопло-заслонка отличается простотой конструкции, надежностью в работе и быстродействием. К нему можно подводить жидкость с большим давлением питания P_0 . В устройстве сопло-заслонка отсутствуют трущиеся пары, что обеспечивает его высокую чувствительность. Недостатком является непроизводительный расход жидкости через сопло, низкий КПД и невысокий коэффициент усиления по мощности.

5. Гидроусилитель со струйной трубкой

Гидроусилитель со струйной трубкой (рис.6.5) состоит из трубки 5 с коническим насадком на конце, сопловой головки 1 с двумя наклонными коническими расходящимися каналами и устройства управления. Устройство управления струйной трубкой состоит из задающего устройства 4 в виде регулируемой пружины, толкателя 6 и ограничителя 3 хода струйной трубки. Каналы сопловой головки соединены с исполнительным элементом 8 гидроусилителя. Жидкость с параметрами P_0 и Q_0 подается к трубке от источника питания. По трубе 2 жидкость отводится от гидроусилителя на слив.

Принцип работы гидроусилителя со струйной трубкой основан на преобразовании удельной потенциальной энергии давления в удельную кинетическую энергию струи, вытекающей из конического насадка, и последующем преобразовании этой энергии в удельную потенциальную энергию давления в каналах сопловой головки.

Гидроусилитель работает следующим образом. При отсутствии сигнала управления струйная трубка занимает нейтральное положение по отношению к отверстиям в сопловой головке. Вытекающая из насадка струя в одинаковой мере перерывает оба отверстия (рис.6.5, б), вследствие чего давления в каналах сопловой головки одинаковы, а выходное звено исполнительного элемента неподвижно. При подаче сигнала управления на толкатель струйная трубка смещается из нейтрального положения, равенство площадей отверстий, перекрытых струей, и равенство давлений в каналах сопловой головки нарушается. В результате выходное звено исполнительного элемента начинает перемещаться. При изменении знака сигнала управления выходное звено будет двигаться в другую сторону. Вытесняемая из исполнительного элемента жидкость попадает через канал в сопловой головке в полость 7 усилителя и далее на слив. Для того чтобы в каналы сопловой головки вместе с жидкостью не попал воздух, насадок струйной трубки делают погруженным в жидкость.

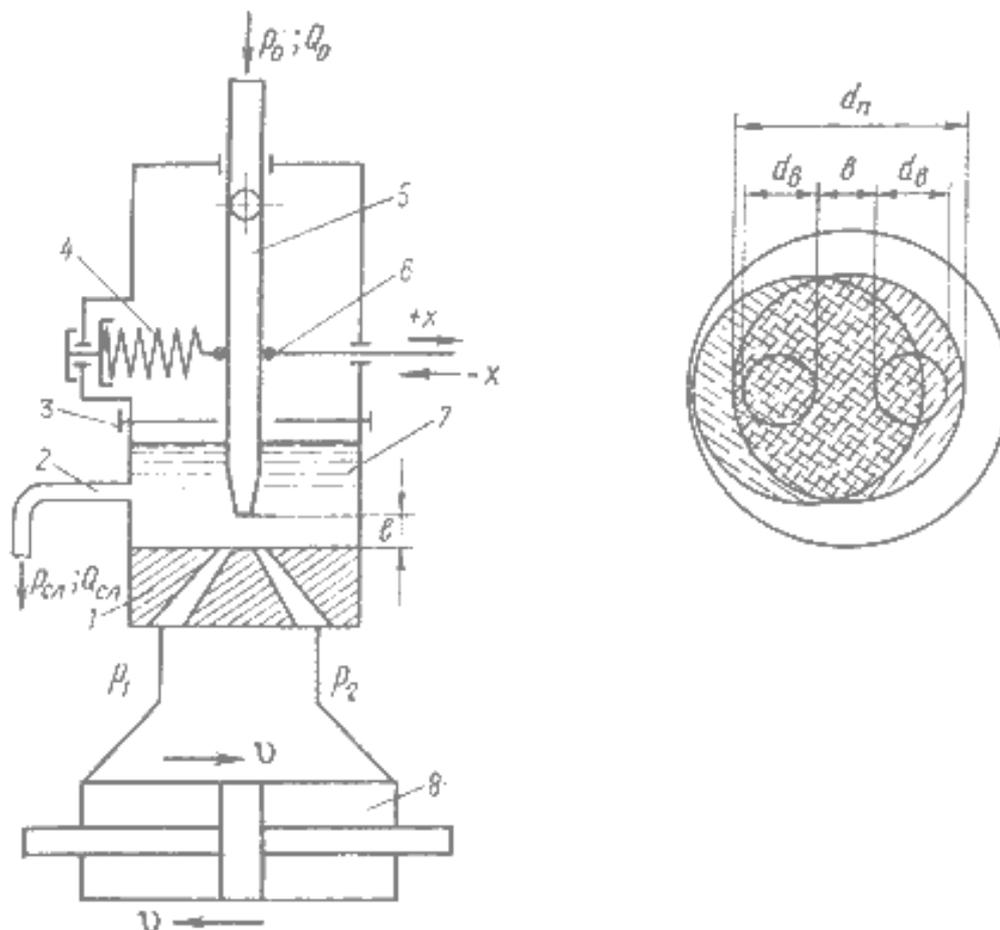


Рис.6.5. Гидроусилитель со струйной трубкой:

- 1 - сопловая головка; 2 - сливной трубопровод; 3 - ограничитель хода;
- 4 - задающее устройство; 5 - струйная трубка; 6 - толкатель;
- 7 - внутренняя полость; 8 - исполнительный элемент

6. Двухкаскадные усилители

Для повышения чувствительности усилителя и обеспечения одновременно увеличения мощности выходного сигнала применяют двухкаскадные устройства, первой ступенью усиления которых является обычно усилитель типа сопло заслонка, а второй - золотник.

Принципиальная схема такого устройства показана на рис.6.6. Междроссельная камера а этой схемы соединена с правой полостью основного распределительного золотника, плунжер 2 которого находится в равновесии под действием усилия пружины 4 и давления жидкости в этой камере. Жидкость постоянно подводится в штоковую полость в силового цилиндра, поршень которого при одновременной подаче жидкости в противоположную полость перемещается вследствие разности площадей поршня влево, и при соединении этой полости с баком - в правую сторону.

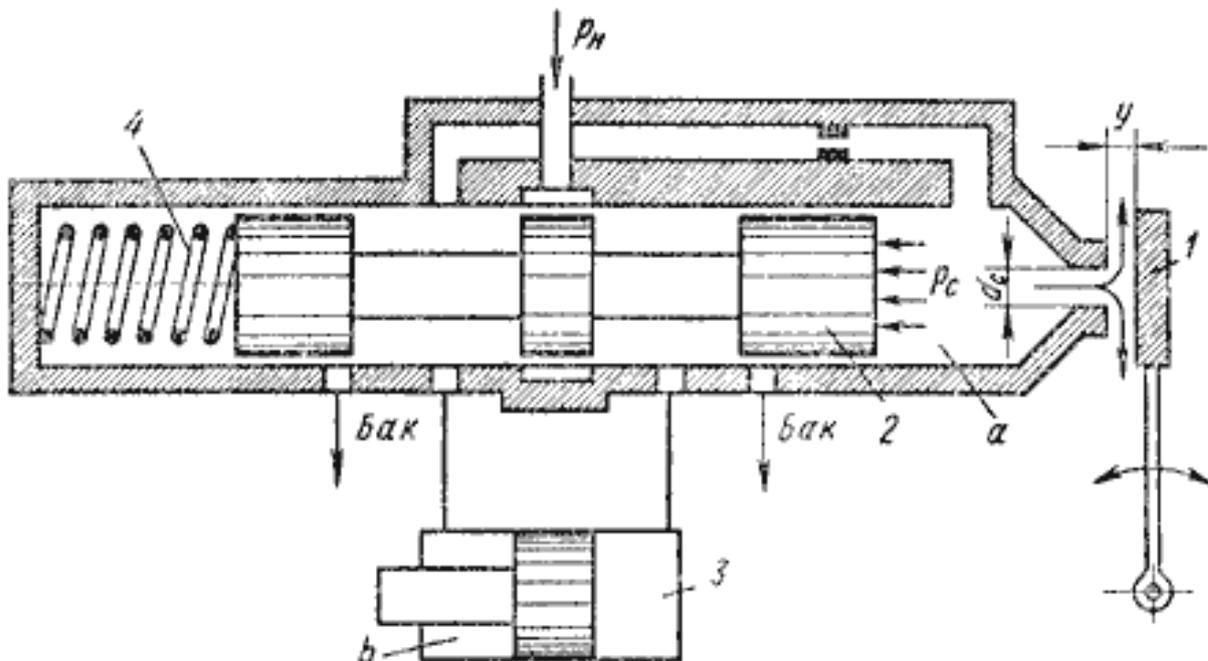


Рис.6.6. Двухкаскадный усилитель типа сопло-заслонка:
1 - заслонка; 2 - плунжер; 3 - силовой цилиндр; 4 – пружина

На рис.6.6. усилитель показан в нейтральном положении, в котором правая полость цилиндра 3 перекрыта. При смещении заслонки 1 равновесие сил, действующих на плунжер 2 золотника, нарушится, и он, смещаясь в соответствующую сторону, соединит правую полость силового цилиндра 3 либо с полостью питания (давление P_H), либо с баком. Благодаря тому, что усилие, создаваемое давлением жидкости на плунжер 2 золотника, уравнивается пружиной 4, перемещение распределительного золотника будет пропорционально перемещению заслонки (регулируемого дросселя), в результате чего достигается приближенная пропорциональность расхода жидкости через золотник и перемещения заслонки. Следовательно, в данном случае имеет место обратная связь по давлению.

Схема применения этого распределительного устройства в следящей системе приведена на рис.6.7. Плунжер золотника 2 в этой схеме находится в равновесии под действием усилия пружины 1 и давления жидкости в камере а, которая соединена с линией питания через дроссель 3 и со сливом - через сверление б в штоке плунжера. Сопротивление последнего канала, а, следовательно, и давление в камере а можно изменять смещением заслонки 5; при этом вследствие нарушения равновесия сил натяжения пружины и давления жидкости плунжер золотника будет следовать за заслонкой. Для повышения чувствительности давление в камере а обычно понижается с помощью клапана 4 или путем питания этой камеры от отдельного источника и, в частности, от сливной магистрали.

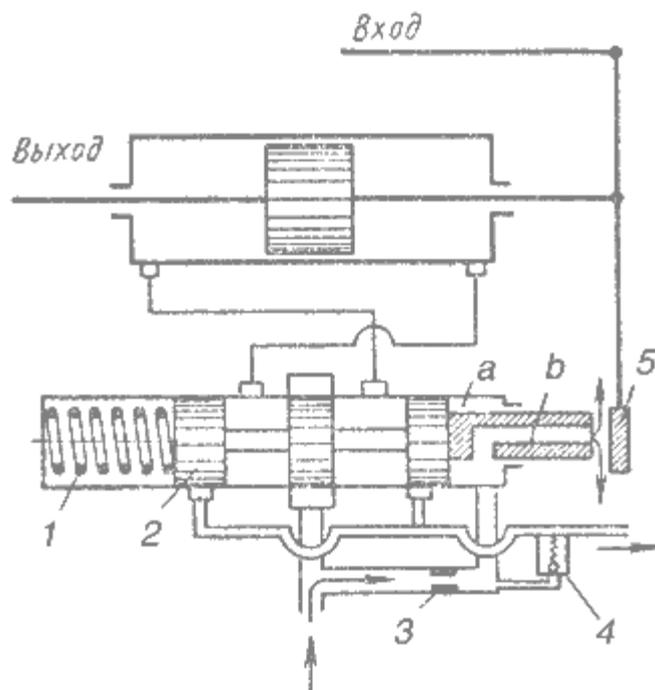


Рис.6.7. Двухступенчатая следящая система с обратной связью по давлению:
 1 - пружина; 2 - плунжер; 3 - дроссель; 4 - клапан; 5 - заслонка