

ДРОССЕЛЬНЫЙ РАЗОГРЕВ ЖИДКОСТИ

Серебренникова Ю.Г.

научный руководитель доцент Каверзина А.С.

Сибирский федеральный университет

Дросселирование — протекание жидкости, пара или газа через дроссель.

Дроссель (дроссельная заслонка) — устройство, проходное сечение которого значительно меньше сечения подводящего трубопровода. При этом наблюдается местное гидродинамическое сопротивление потоку (сужение трубопровода, вентиль, кран и др.), при котором происходит изменение давления и температуры. При таком сужении, вследствие сопротивлений, давление за местом сужения - P_2 , всегда меньше давления перед ним - P_1 .

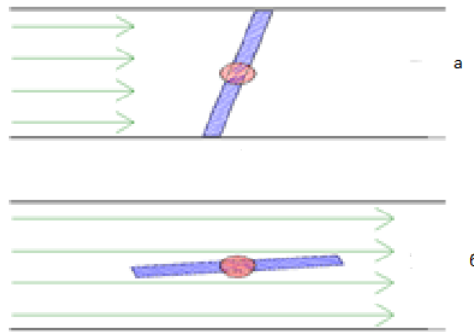


Рисунок 1. Дроссельная заслонка: а- в закрытом состоянии, б-в открытом.

Процессом дросселирования приходится часто сталкиваться на практике, например при движении воды через полностью открытый водопроводный кран или при движении воздуха через полностью открытый воздушный шибер. В обоих случаях вследствие сопротивления дроссельного органа (крана или шибера) давление за ним уменьшается. Дросселирование широко применяется для измерения и регулирования расхода жидкостей и газов. А так же эффект дросселирование используется главным образом для глубокого охлаждения и сжижения газов. Дроссель регулирует расход и изменяет другие параметры рабочего тела, протекающего в замкнутом канале.

Жидкость с определенным давлением и температурой дросселируется в область низкого давления. Так как температура кипения жидкости зависит от давления, то жидкость, имея определенную температуру и поступая в область низкого давления, оказывается перегретой по отношению к низкому давлению. Происходит ее бурное кипение с образованием сухого насыщенного пара. Тепло на испарение жидкости и образование пара отбирается от самой жидкости. Жидкость при этом охлаждается. Температура пара и оставшейся (не выкипевшей) жидкости достигает одного и того же значения и зависит от давления, при котором они находятся.

Физически падение давления за местным сопротивлением обусловлено диссипацией энергии потока, расходуемой на преодоление этого местного сопротивления. Рассмотрим процесс течения газа (жидкости) через трубу, имеющую местное сопротивление, например диафрагму. Сечение трубы до и после диафрагмы считаем одинаковым.

Скорость потока до и после диафрагмы считаем пренебрежимо малой; это позволяет пренебречь значением кинетической энергии потока по сравнению с его энтальпией.

В процессе дросселирования к рабочему телу может подводиться теплота. Рассмотрим в первую очередь такой процесс дросселирования, в котором к газу (жидкости) не подводится и от него не отводится теплота — так называемое адиабатное дросселирование. Считаем, что стенки трубы окружены идеальной теплоизоляцией, исключаящей теплообмен с окружающей средой. Мы получили важный вывод — уравнение показывает, что в результате адиабатного дросселирования значения энтальпий рабочего тела до местного сопротивления и после него одинаковы

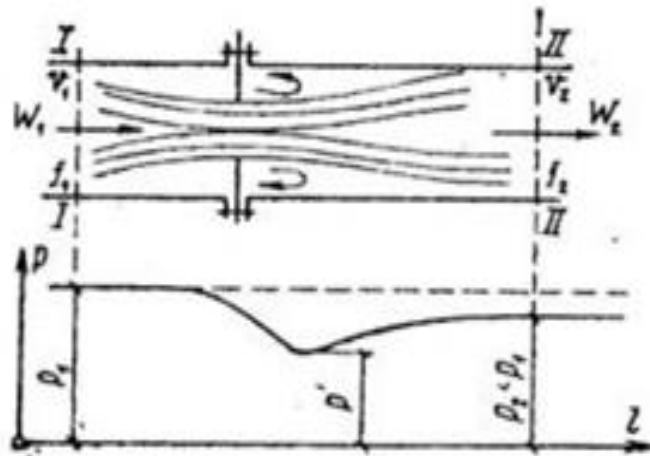


Рисунок 2. Дросселирование через сужение трубы

Мы рассматриваем здесь состояния дросселируемого вещества до дросселя и за дросселем. Следует заметить, что при течении газа (жидкости) внутри дросселя энтальпия газа (жидкости) может изменяться; в самом деле, поскольку дроссель или другое местное сопротивление представляет собой сужение проходного сечения трубы, при протекании через дроссель газ (жидкость) ускоряется, его кинетическая энергия возрастает и, следовательно, энтальпия уменьшается. После того как за дросселем сечение потока газа (жидкости) снова возрастает, поток замедляется (тормозится), его кинетическая энергия уменьшается и энтальпия увеличивается до прежнего значения. Для лучшего понимания физики процессов, происходящих в потоке при его дросселировании, следует обратиться к полученным ранее уравнениям первого закона термодинамики для потока.

При дроссельном регулировании мощность, потребляемая насосом, остается постоянной, а скорость поршня гидроцилиндра (частота вращения вала гидромотора) изменяется в зависимости от величины сопротивления дросселя. Часть рабочей жидкости, находящейся под давлением, «сравливаются» и перепускается через переливной клапан в гидробак, не выполняя полезной работы. Следовательно, дроссельное регулирование основано на изменении величины потерь, т.е. на изменении КПД гидропривода. В связи с этим дроссельное регулирование применяют при малых передаваемых мощностях.

При дроссельном регулировании возможны два принципиально разных способа включения регулирующего дросселя: последовательно с гидродвигателем и параллельно ему.

Дроссельное регулирование гидропривода при последовательном включении дросселя. Последовательное включение дросселя может быть осуществлено тремя способами: дроссель включают на входе в гидродвигатель, на выходе из него и на входе и выходе одновременно (рис. 3).

Потери давления и КПД гидропередачи при регулировании последовательно включенным дросселем не зависят от места его установки. Однако, при дросселировании потока на выходе из гидродвигателя, последний работает более устойчиво, особенно при знакопеременной нагрузке. Имеется возможность регулирования гидропривода при отрицательных нагрузках, т.е. при направлении действия силы в сторону перемещения поршня. Кроме того, при установке дросселя на сливной гидролинии теплота, выделяющаяся при дросселировании потока жидкости, отводится в бак и не оказывает влияния на работу гидродвигателя.

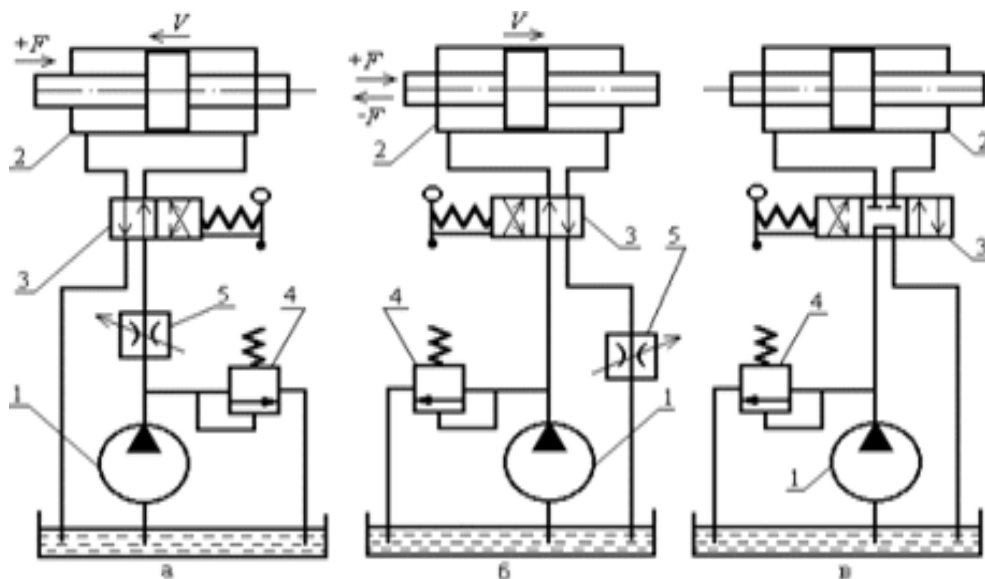


Рисунок 3. Дроссельное регулирование при последовательном включении. В приведенных схемах: насос 1 - нерегулируемый; гидроцилиндр 2 - с двусторонним штоком; распределитель 3 на схемах а и б - двухпозиционный, на схеме в - трехпозиционный; клапан 4 в данном примере является переливным; дроссель 5 (дросселирующий распределитель на рис. 3, в) служит для регулирования скорости перемещения поршня.

Дроссельное регулирование гидропривода при параллельном включении дросселя. На рис. 4. представлена схема объемного гидропривода при включении регулирующего дросселя параллельно гидродвигателю.

В рассмотренном случае КПД процесса управления однозначно определяется относительным расходом жидкости через дроссель, т.е. степенью его открытия. Дросселирование изменяет характеристику трубопровода насосной установки. Действительно, прикрытие задвижки на трубопроводе равносильно вводу добавочного гидравлического сопротивления. Здесь рабочая точка А определяет расход насосной установки Q_a при полностью открытой задвижке. Прикрывая немного задвижку, получим другое положение рабочей точки (на рисунке точка Б) и соответствующую ей меньшую подачу Q_b .

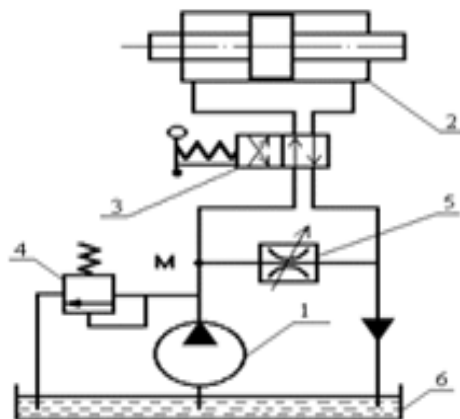


Рисунок 4. Схема гидропривода при включении дросселя параллельно гидродвигателю.

Дальнейшее перекрытие задвижки сопровождается соответственным снижением подачи вплоть до ее полного прекращения. Работа насоса при закрытой задвижке не влияет на его гидравлические качества. Однако в этом случае вследствие перегрева жидкости и корпуса насоса могут произойти недопустимые термические деформации. Поэтому длительная работа насоса при закрытой задвижке нежелательна.

При подаче Q_6 напор насоса H_6 складывается из напора, необходимого для перемещения воды по системе

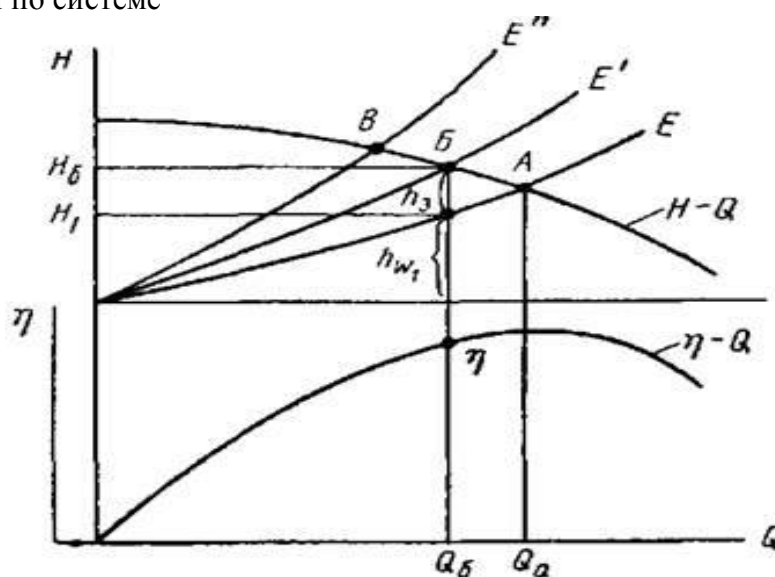


Рис. 5. Изменение режима работы насосной установки при регулировании подачи задвижкой.

трубопроводов установки при открытой задвижке H_1 и потерь напора в задвижке $h_з$, то есть: $H_6 = H_1 + h_з$ (1)

При уменьшении подачи (например, до Q_6) потери на дросселирование увеличиваются. Таким образом, регулирование подачи задвижкой вызывает дополнительные потери энергии, которые ухудшают эксплуатационный к. п. д. установки ($h_{э,уст}$).

Величина этого к. п. д. определяется так: $кпд_{э,уст.} = \frac{N_y}{N}$ (2)

где $N_y = \frac{(\gamma \cdot Q_6 \cdot H_1)}{102}$ необходимая мощность для перемещения жидкости в трубопроводе насосной установки с открытой задвижкой;

$N = \frac{(\gamma \cdot Q_6 \cdot H_6)}{102 \text{ кпд}}$ затраченная мощность на валу насоса при дросселировании.

Отсюда эксплуатационный к. п. д. установки будет определяться так:

$$\text{кпд}_{\text{э.уст}} = \text{кпд} \frac{H_1}{H_0} \quad (3)$$

Приведенные выше уравнения показывают неудовлетворительные экономические качества этого способа регулирования, вследствие чего он и не находит применения на мелиоративных (особенно автоматизированных) насосных станциях. Но на небольших водопроводных насосных станциях с ручным управлением регулирование задвижкой в силу исключительной простоты, дешевизны осуществления и надежности в работе еще применяется при уменьшении подачи не более чем на 10-15% от нормальной.

Дополнительное гидравлическое сопротивление создаётся за счёт изменения проходного сечения потока жидкости. Изменением гидравлического сопротивления гидродросселя создаётся необходимый перепад давлений на тех или иных элементах гидросистем, а также изменяется величина потока жидкости, проходящего через гидродроссель.