

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Мытищинский филиал
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МФ-МГТУ им. Н.Э.Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства

КАФЕДРА ЛТ-4

С. П. Карпачев

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.
Изучение работы дросселя.
Исследование расходно-перепадной
характеристики дросселя с обратным клапаном**

Методические указания

2021 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.

Изучение работы дросселя.

Исследование расходно-перепадной характеристики дросселя с обратным клапаном

Цель работы: изучение устройства и исследование расходно-перепадной характеристики дросселя с обратным клапаном.

1. Назначение и конструкции дросселей.

Гидравлический дроссель - это регулирующий гидроаппарат, предназначенный для получения заданной величины расхода при данной величине перепада давления в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости.

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.

Дроссель конструктивно представляет собой калиброванное отверстие определенного размера. При этом площадь проходного сечения в зависимости от конструктивного исполнения дросселя либо остается постоянной, либо может изменяться путем вращения регулировочного винта. Соответственно дроссель будет называться либо постоянным (рис. 1), либо регулируемым (рис. 2).

Регулируемый дроссель — это такой дроссель, у которого площадь его проходного сечения можно менять путём воздействия на его запорно-регулирующий элемент извне (рис. 2).

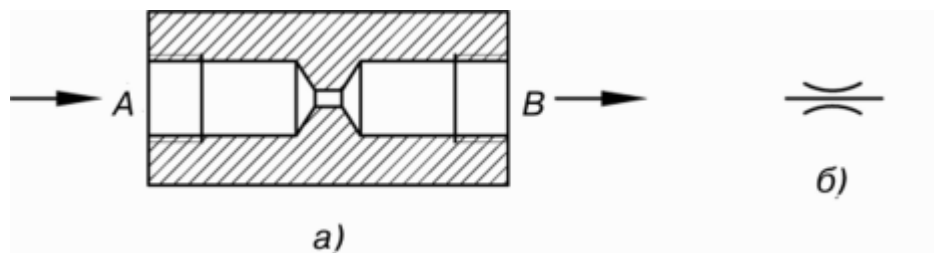


Рис. 1. Гидродроссель постоянного сечения: а — схема гидродросселя; б — условное графическое обозначение

Источник: <https://m.studref.com/597043/agropromyshlennost/>

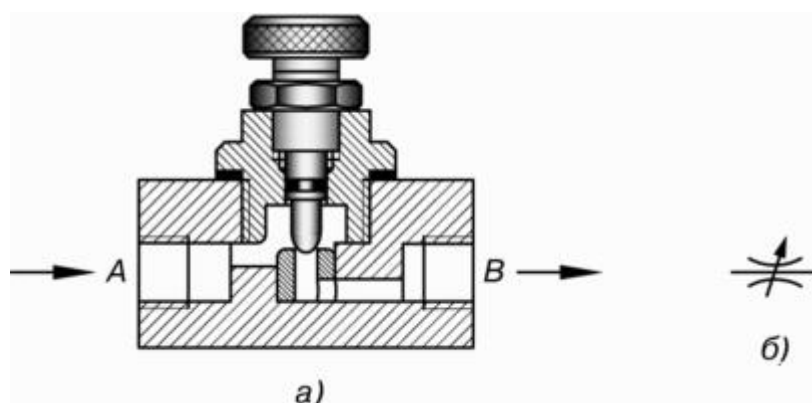


Рис. 2. Гидродроссель регулируемый: а — схема дросселя; б — условное графическое обозначение

Источник: <https://m.studref.com/597043/agropromyshlennost/>

Гидродроссели по типу запорного элемента подразделяются на игольчатые, золотниковые, щелевые, тарельчатые и др. (рис. 3).

Важной особенностью гидродросселя является то, что проходное сечение в нем не изменяется под действием потока рабочей жидкости.

Применение гидродросселей в качестве регулирующих элементов объемных гидроприводов требует от них двух качеств:

- возможности получения характеристики гидродросселя желаемого вида;
- сохранения стабильности характеристики гидродросселя во время эксплуатации.

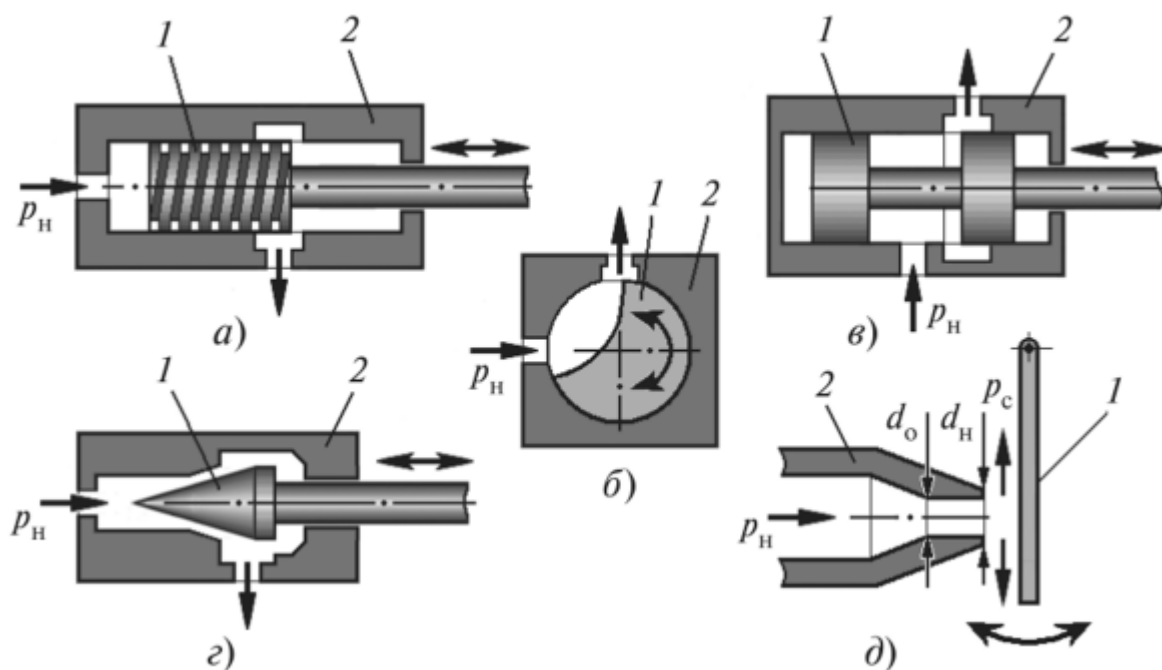


Рис. 3. Регулируемые гидродроссели:

а — линейный; б — крановый; в — золотниковый; г — клапанный или игольчатый; д — гидродроссель «сопло-заслонка»

1 - запорно-регулирующий элемент; 2 –корпус.

Источник: <https://m.studref.com/597043/agropromyshlennost/>

2. Конструктивные особенности дросселей серии STU380.

В лабораторном стенде используются гидродроссели серии STU380.

Дроссель гидравлический односторонний (с обратным клапаном) STU380 регулирует поток рабочей жидкости в одном направлении. Дроссель STU380 не является компенсированным по давлению, т.е. поток жидкости, проходящий через него, зависит от давления и вязкости масла. Общий вид дросселя серии STU380 показан на рис. 4.

Дроссели серий STUF380 представляют собой магистральные дроссели одностороннего действия (с обратным клапаном), устанавливаемые либо непосредственно в трубопроводной магистрали, либо в виде встраиваемых элементов с резьбовым соединением для блочной установки.

Регулирование расхода с помощью этих дросселей осуществляется за счет установленной в цилиндрическом седле конической иглы, конструкция которой обеспечивает хорошую линейность регулирования.

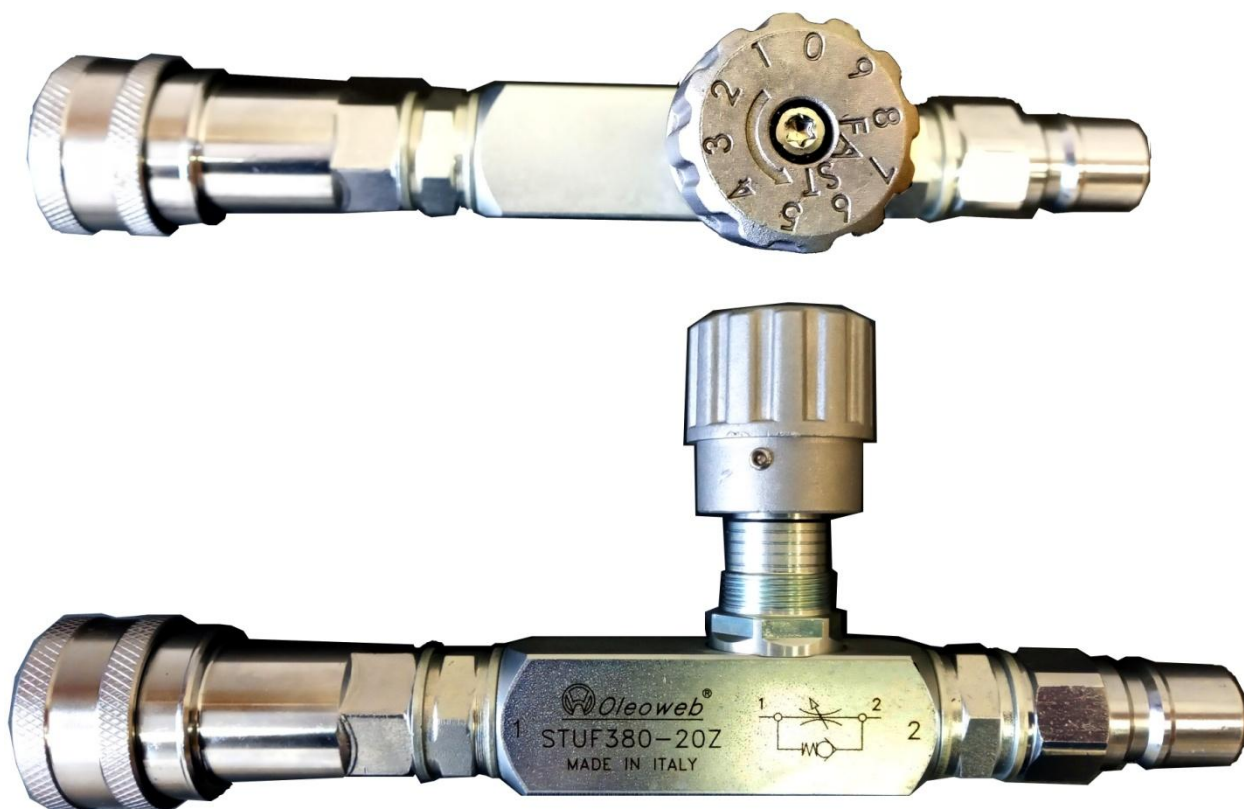


Рис. 4. Общий вид дросселя STUF380-20Z

Данные дроссели можно использовать также в качестве односторонних отсечных клапанов, поскольку они обеспечивают хорошую изоляцию потока при полном закрытии.

Дроссели в обязательном порядке оснащаются регулировочной ручкой с возможностью фиксации в любом положении по мере необходимости при помощи поперечного стопорного винта.

Гидродроссель STUF380-20Z относится к серии силовых регулирующих гидравлических элементов запорного типа. Предназначен для управления размера потока проходящей жидкости от максимума до нуля. Может использоваться в любых конструкциях, где требуется временно или постоянно ограничить, или перекрыть поток в часть системы. Это могут быть как гидрофицированные станки общего или специального профиля, так и любая иная гидрофицированная техника.

Практическое применения дросселя STUF380 следующее (рис. 5). В небольшом металлическом корпусе находится регулируемый клапан, выполненный в виде цилиндрического седла с конусовидной запорной иглой. Ходом иглы вверх-вниз можно через шток управлять поворотами внешней, так же металлической рукояти. Поворот по часовой стрелке уменьшает проход, против часовой – увеличивает. Отрегулировав необходимую величину подачи, рукоятку со штоком можно зафиксировать при помощи стопорного винта. Для увеличения расхода рабочей жидкости, протекающей через дроссель в обратном направлении, в нем предусмотрен обратный клапан в виде прижимной пружины и шарика.

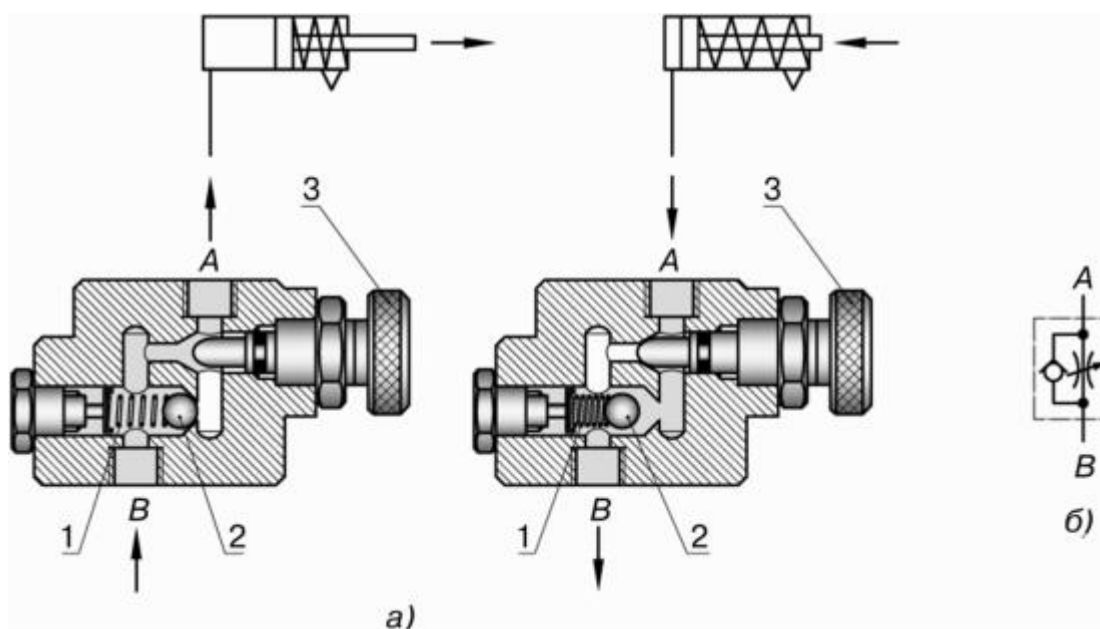


Рис. 5. Гидродроссель регулируемый с обратным клапаном типа STUF380:
 а — схема дросселя; б—условное графическое обозначение
 1- прижимная пружина; 2 – шарик обратного клапана; 3 – регулировочная
 металлическая рукоятка.

Монтажный тип присоединения дросселя – резьбовой, с установкой непосредственно в магистраль.

В модели STUF380 предусмотрено одностороннее управление потоком жидкости – регулятор действует в прямом направлении, на реверс открывается комплектный обратный клапан.

Характеристики дросселя STUF380-20Z

Макс. рабочее давление:	400 бар
Пропускная способность:	30 л/мин
Резьба:	3/8" BSP
Тип монтажа:	Трубный монтаж
Материал корпуса:	Сталь
Давление открытия:	0,5 бар
Тип дросселя:	Регулируемый дроссель с обратным клапаном (односторонний)
Тип регулировки:	Рукоятка под 90°
Производитель:	Oleoweb (Италия)
Масса:	0,40 кг

Рассмотрим работу регулируемого дросселя с обратным клапаном типа STUF380 с гидроцилиндром одностороннего действия (рис. 5).

В первоначальном состоянии шарик обратного клапана 2 прижат к седлу пружиной 1. В случае когда гидрожидкость поступает из канала В в канал А, она протекает только через отверстие дросселя, проходное сечение которого (а следовательно, и расход) можно изменять посредством регулировочного винта 3. Жидкость под давлением поступает в поршневую полость гидроцилиндра и преодолевая силу пружины и груза выдвигает поршень со штоком.

При изменении потока жидкости, поршень со штоком под действием пружины движется обратно. Движение жидкости в обратном направлении сопровождается подъемом обратного клапана 2 с седла, что позволяет потоку беспрепятственно протекать из канала А в канал В.

Таким образом, поток жидкости дросселируется при движении через дроссель с обратным клапаном в одном направлении и свободно протекает через обратный клапан при движении в противоположном направлении.

3. Основные расчетные зависимости.

Гидродроссели различаются по виду зависимости расходно-перепадной характеристики:

- линейные (ламинарных) — имеют линейную характеристику:

$$\Delta p_{op} = k \cdot Q_o, \quad (1)$$

где Δp_{op} - перепад давления на дросселе, Па;

- квадратичные (турбулентные) — имеют квадратичную характеристику:

$$\Delta p_{op} = k \cdot Q_o^2, \quad (2)$$

Линейность характеристики линейного гидродросселя на практике обеспечивается за счет наличия в его конструкции протяженного канала малого проходного сечения, внутри которого получают ламинарный режим течения жидкости по закону Пуазейля.

Квадратичность характеристики гидродросселя на практике обеспечивается за счет наличия в его конструкции отверстия в тонкой пластине малого проходного сечения, внутри которого получают турбулентный режим течения жидкости.

Гидродроссель STUF380-20Z относится к регулируемым гидродросселям с квадратичной расходно-перепадной характеристикой. Ниже рассмотрим подробно основные расчетные зависимости квадратичных дросселей.

В качестве примера на рис. 6 приведена простейшая конструктивная схема квадратичного нерегулируемого дросселя, образованного малым отверстием в тонкой пластине, перегораживающей трубопровод.

На рис. 7 показана расходно-перепадная характеристика течения жидкости через такой дроссель. Под характеристикой гидродросселя понимается зависимость потерь давления в гидродросселе (перепада давления на гидродросселе) от расхода рабочей жидкости, проходящей через него: $\Delta p_{dp} = f(Q_d)$.

При подходе потока жидкости к дроссельному отверстию происходит сужение струи, а при выходе из отверстия - резкое расширение, сопровождаемое образованием вихрей. На создание этих вихрей затрачивается энергия, что приводит к потере давления в потоке жидкости, прошедшем через гидравлическое сопротивление. Эти потери давления определяются на основании уравнения Бернулли.

Примем плоскость отсчета проходящей через осевую линию трубопровода, тогда для сечений I-I и II-II запишем:

$$z_1 \cdot \rho \cdot g + p_1 + \frac{\alpha \cdot \rho \cdot v_1^2}{2} = z_2 \cdot \rho \cdot g + p_2 + \frac{\alpha \cdot \rho \cdot v_2^2}{2} + \Delta p_{dp}, \quad (3)$$

где z - высота центра данного сечения от плоскости отсчета, м;

p - статическое давление в данном сечении, Па;

v - скорость жидкости в данном сечении, м/с;

ρ - плотность жидкости, кг/м³;

α - коэффициент кинетической энергии;

Δp_{dp} - потери давления на дросселе (сумма всех потерь давления на участке между сечениями 1 и 2), Па.

Потери давления на дросселе можно определить по формуле Вейсбаха, как потери на местном сопротивлении:

$$\Delta p_{dp} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v_{dp}^2}{2}, \quad (4)$$

где ζ - коэффициент сопротивления дросселя;

v_{dp} - скорость жидкости через отверстие дросселя, м/с.

На рис. 6 приведен приближенный характер изменения слагаемых этого уравнения между сечениями 1 и 2. Поскольку $z_1 = z_2$ и площади в сечениях 1 и 2 одинаковыми $S_1 = S_2$, то и скорости течения жидкости в этих сечениях будут равны $v_1=v_2$, тогда:

$$p_1 - p_2 = \Delta p_{dp}, \quad (5)$$

т. е. при прохождении жидкости через гидравлическое сопротивление происходит потеря гидравлической энергии, выражаемая как потеря статического давления на дросселе Δp_{dp} .

Расход жидкости через дроссель будет равен:

$$Q_{dp} = v_{dp} \cdot S_c, \quad (6)$$

Определим:

$$\varepsilon = \frac{S_c}{S_{dp}}, \quad (7)$$

$$\mu = \frac{\varepsilon}{\sqrt{\alpha + \zeta}}, \quad (8)$$

где ε – коэффициент сжатия струи в отверстии дросселя;

μ – коэффициент расхода дросселя;

S_c – площадь поперечного сечения струи, м²;

S_{dp} – площадь поперечного сечения проходного отверстия дросселя, м².

Тогда, из уравнения Бернулли (3) следует:

$$Q_{dp} = \mu \cdot S_{dp} \sqrt{2 \cdot \frac{p_1 - p_2}{\rho}} = \mu \cdot S_{dp} \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta p_{dp}}{\rho}}, \quad (9)$$

Введем понятие коэффициента дроссельного сопротивления:

$$C = \mu \cdot S_{dp} \sqrt{\frac{2}{\rho}}, \quad (10)$$

Тогда:

$$Q_{dp} = C \sqrt{\Delta p_{dp}}, \quad (11)$$

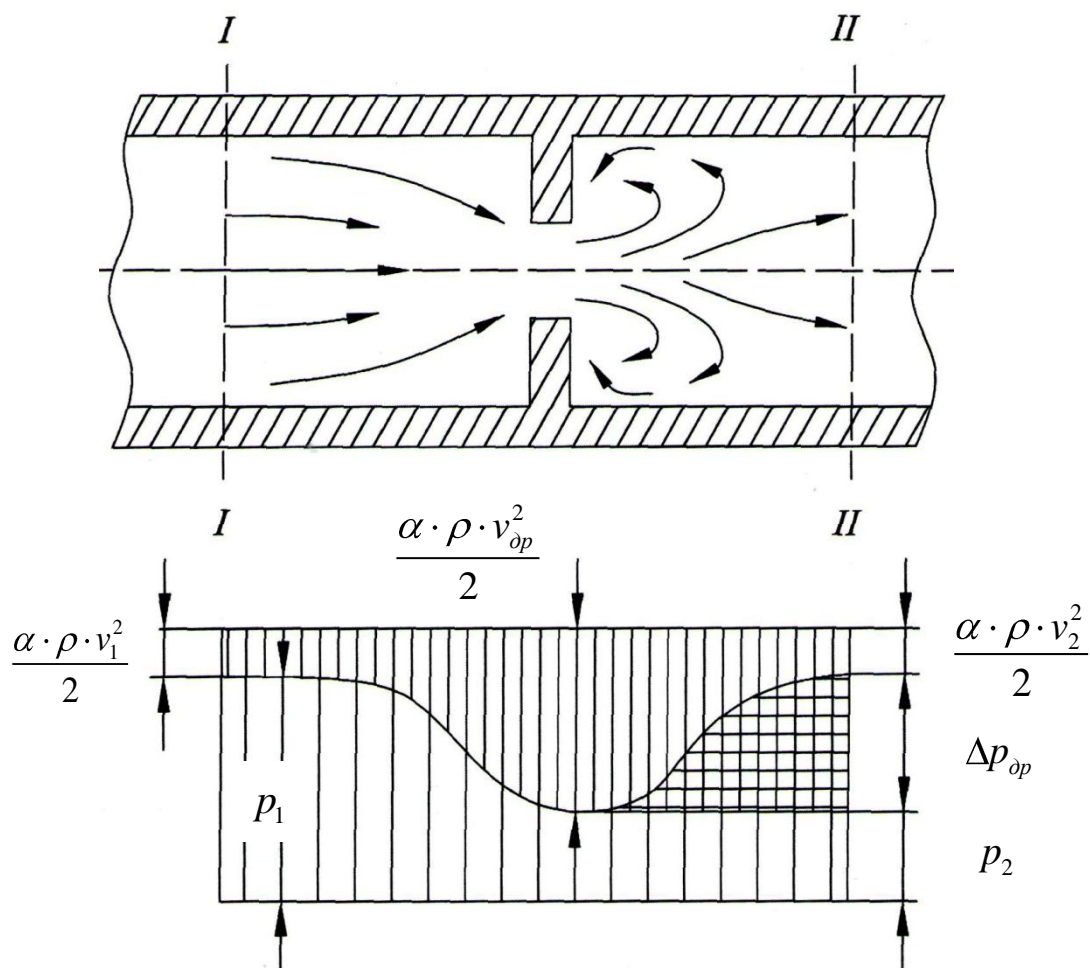


Рис. 6. Схема работы квадратичного (турбулентного) дросселя

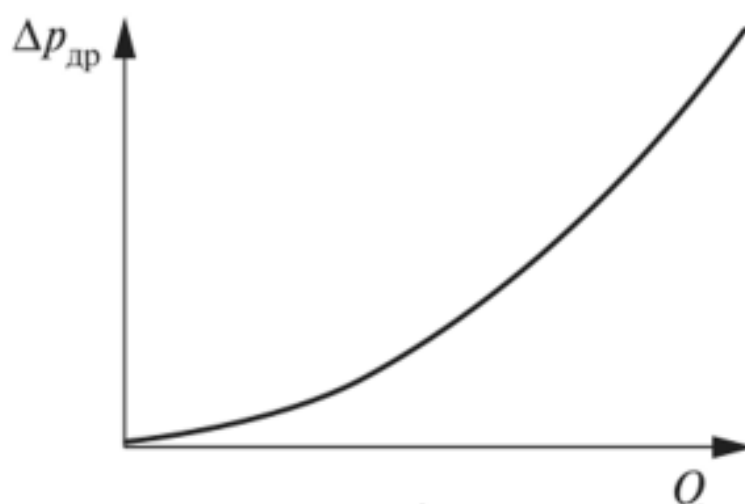


Рис. 7. Расходно-перепадная характеристика квадратичного (турбулентного) дросселя

4. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с кратким описанием конструкции и принципа работы дросселей.
2. Подготовить стенд к работе.
3. Изучить часть общей гидравлической схемы стенда, относящуюся к лабораторной работе 3, при положении 2 распределителя Рп (рис. 8) и в положении 3 (рис. 9).
4. Полностью открыть предохранительный клапан ПК.
5. Включить гидростанцию.
6. Перевести гидрораспределитель стенда Рп в положение 3 (рис. 8) на подачу жидкости в мерную емкость МЕ1.
7. Занести значение начального уровня жидкости $V_{нач}$ в табл. 1.
8. Занести значение начального уровня жидкости $V_{кон}$ в табл. 1.
9. Занести время t наполнения мерной емкости МЕ1 в табл. 1.
10. С помощью мерной емкости МЕ1 вычислить расход жидкости через дроссель $Q_{др}$. Результаты вычислений занести в табл. 1.
11. Занести показание манометра М1 в табл. 1.
12. Занести показание манометра М2 в табл. 1.
13. Определить потерю статического давления $\Delta p_{др}$ на дросселе Др1 по формуле (5):
$$\Delta p_{др} = p_{M1} - p_{M2}$$
Данные занести в табл. 1.
14. Частично закрыть предохранительный клапан ПК.
15. Повторить пункты 6-14. Примечание: при выполнении работы не допускать превышения давлением по показаниям манометра 1 значения 6-7 МПа.
16. Повторить пункты 6-15, закрывая предохранительный клапан до достижения давлением по показаниям манометра М1 значения 6-7 МПа.

17. Полностью открыть предохранительный клапан ПК, частично закрыть дроссель Др1 и повторить пункты 6-16 для нового положения закрытия дросселя Др1. При этом все данные заносить в табл. 2.

10. Выключить гидростанцию.

11. Построить графики $Q_o = f(\Delta p_{dp})$ для двух положений дросселя Др1.

12. Проанализировать результаты, сделать выводы.

5. Вопросы к лабораторной работе

1. Назначение гидродросселя?

2. В чем преимущества и недостатки линейных (ламинарных) и квадратичных (турбулентных) дросселей?

3. Какие гидродроссели относятся к нерегулируемым?

4. Какие гидродроссели относятся к регулируемым?

5. С какой целью в одном аппарате объединяются гидродроссель с обратным клапаном?

6. Как устроен и за счет чего регулируется игольчатый дроссель?

7. Что понимается под расходно-перепадной характеристикой дросселя?

8. Чем отличаются расходно-перепадные характеристики линейных (ламинарных) и квадратичных (турбулентных) дросселей?

9. Какова методика экспериментального исследования регулируемого дросселя?

10. Что происходит с расходно-перепадной характеристикой дросселя при изменении положения лимба дросселя?

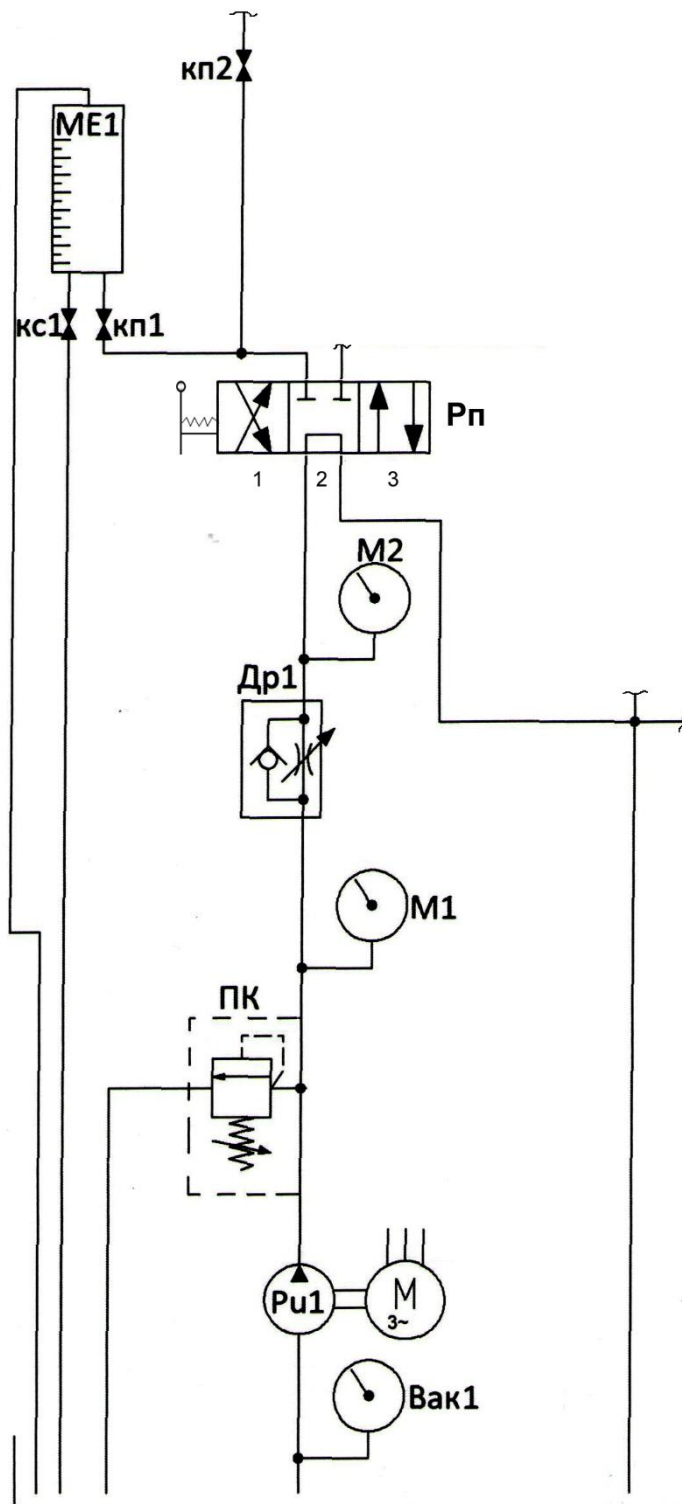


Рис. 8. Гидравлическая схема станда лабораторной работы 3 (распределитель в нейтральном положении)

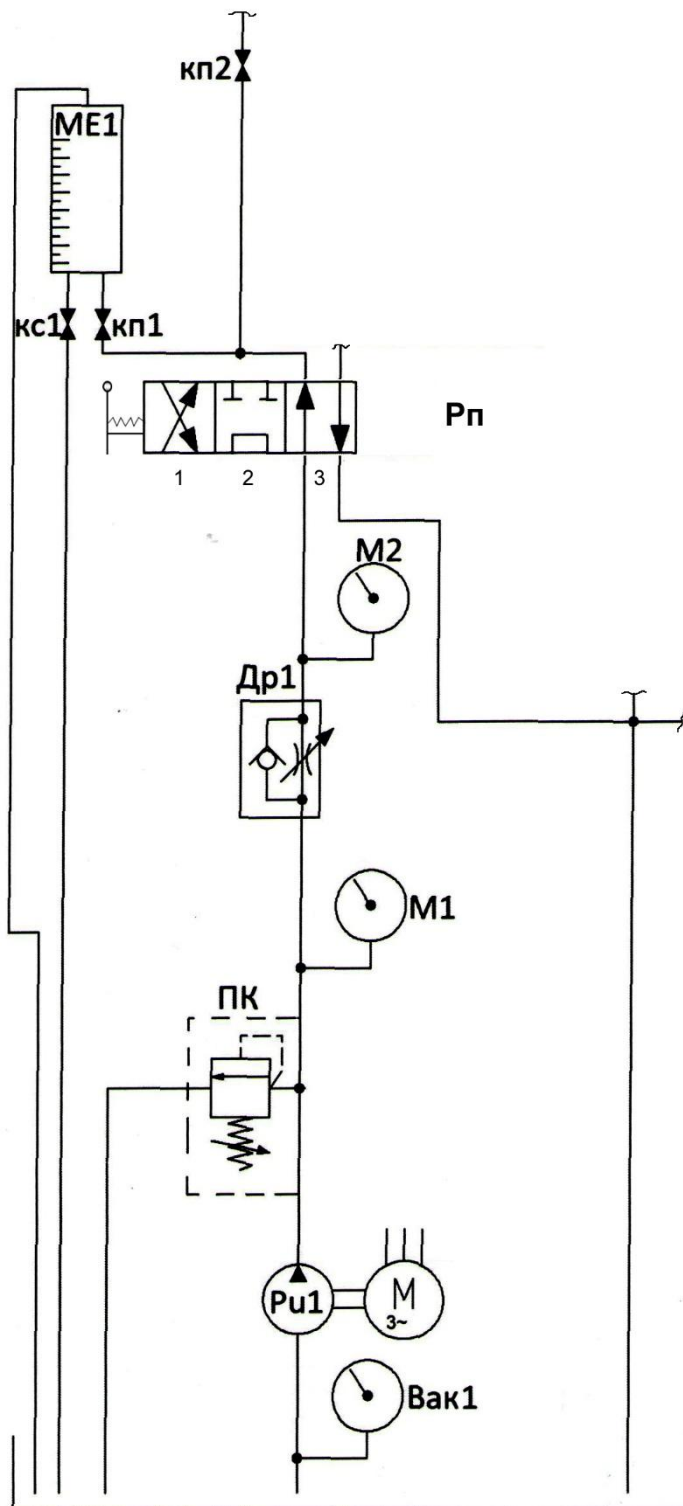


Рис. 9. Гидравлическая схема станда лабораторной работы 3 (распределитель в положении 3)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.

Изучение работы дросселя.

Исследование расходно-перепадной характеристики дросселя с обратным клапаном

Кафедра ЛТ-4

Дата проведения лабораторной работы _____

Группа _____

Список бригады (инструктаж по технике безопасности прошел):

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

Преподаватель:

проф. Карпачев С.П. _____

Таблица 1.

Результаты опытов построения расходно-перепадной характеристики дросселя с обратным клапаном при **первом** значении лимба Др1 при разном положении предохранительного клапана ПК

Значения	№ опыта				
	1	2	3	4	5
Значение лимба открытия дросселя Др1					
Начальное значение уровня жидкости в МЕ1, $V_{нач}$, мл					
Конечное значение уровня жидкости в МЕ1, $V_{кон}$, мл					
Время t наполнения мерной емкости МЕ1, с					
Расход через дроссель Др1, мл/с $Q_d = \frac{(V_{кон} - V_{нач})}{t};$					
Показание p_{M1} манометра М1, МПа					
Показание p_{M2} манометра М2, МПа					
Потеря давления на дросселе Др1, МПа: $\Delta p_{др} = p_{M1} - p_{M2}$					

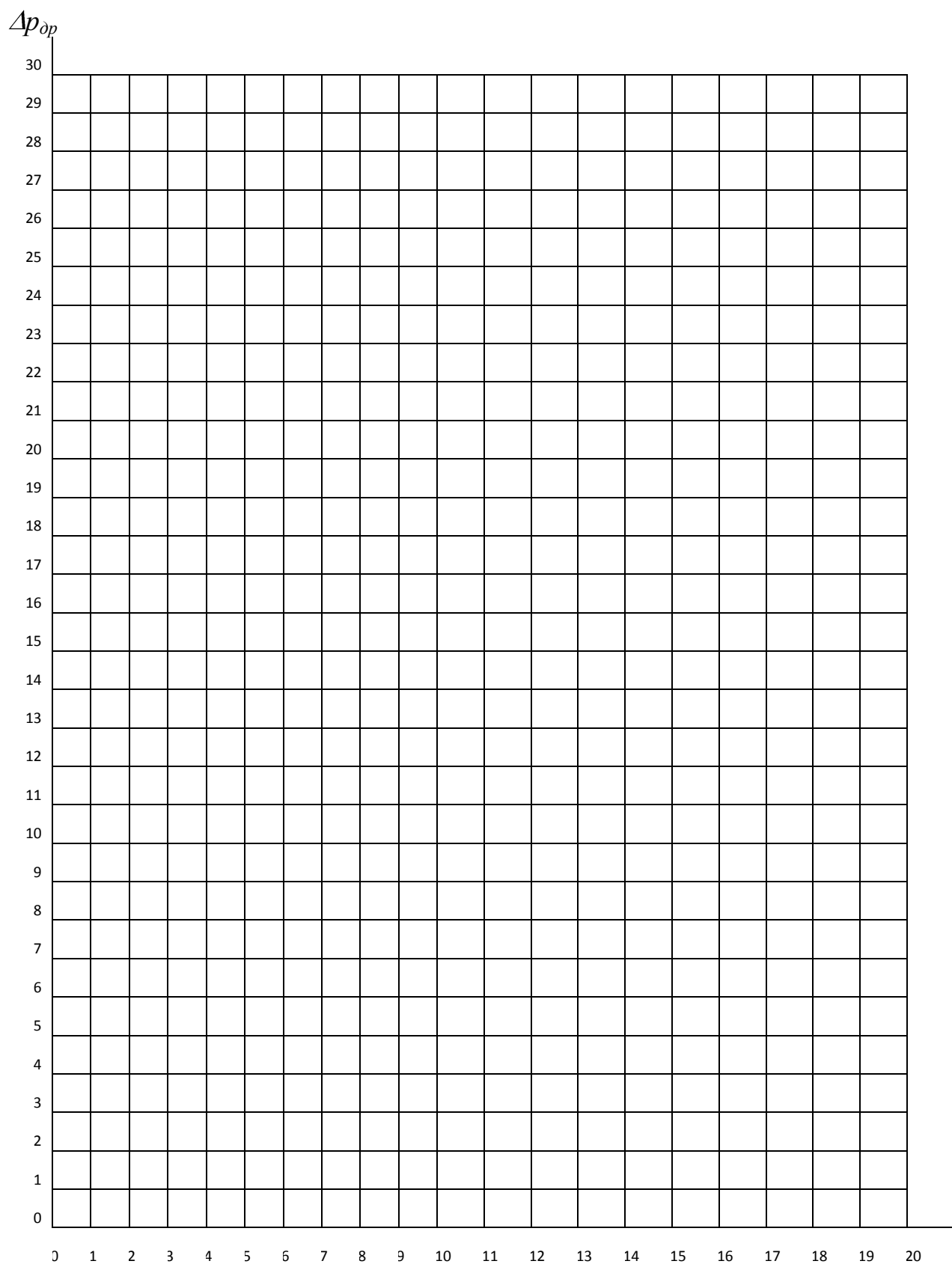
Таблица 2.

Результаты опытов построения расходно-перепадной характеристики дросселя с обратным клапаном при **втором** значении лимба Др1 при разном положении предохранительного клапана ПК

Значения	№ опыта				
	1	2	3	4	5
Значение лимба открытия дросселя Др1					
Начальное значение уровня жидкости в МЕ1, $V_{нач}$, мл					
Конечное значение уровня жидкости в МЕ1, $V_{кон}$, мл					
Время t наполнения мерной емкости МЕ1, с					
Расход через дроссель Др1, мл/с $Q_d = \frac{(V_{кон} - V_{нач})}{t}$;					
Показание p_{M1} манометра М1, МПа					
Показание p_{M2} манометра М2, МПа					
Потеря давления на дросселе Др1, МПа: $\Delta p_{др} = p_{M1} - p_{M2}$					

Расходно-перепадная характеристика дросселя Др1 при положении лимба:

кривая 1 - _____, кривая 2 - _____



Q_d