

**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 4.  
Изучение работы гидрораспределителя.  
Исследование расходно-перепадной  
характеристики трехпозиционного  
четырёхлинейного распределителя с ручным  
управлением**

Методические указания

2021 г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.

### Изучение работы гидрораспределителя.

Исследование расходно-перепадной характеристики трехпозиционного четырехлинейного распределителя с ручным управлением

**Цель работы:** изучение устройства и исследование расходно-перепадной характеристики трехпозиционного четырехлинейного гидрораспределителя с ручным управлением.

#### **1. Назначение и конструкции гидрораспределителей.**

Гидравлический распределитель - это гидравлические аппараты, которые служат для направления потоков рабочей жидкости (и изменения этих направлений) в двух или более гидролиниях в зависимости от внешнего управляющего воздействия.

Гидрораспределители относятся к группе направляющей гидроаппаратуры.

Основными конструктивными элементами распределителей являются корпус и запорно–регулирующий элемент.

*Классификация гидрораспределителей.*

1. По конструкции запорно–регулирующего элемента:
  - Золотниковые
  - Крановые
  - Клапанные
2. По числу внешних гидролиний:
  - Двухлинейные
  - Трехлинейные
  - Четырехлинейные и т.д.

3. По числу фиксированных или характерных позиций запорно–регулирующего элемента:

- Двухпозиционные
- Трехпозиционные
- Четырехпозиционные и т.д.

4. По виду управления:

- с ручным управлением
- с механическим управлением
- с электрическим управлением
- с гидравлическим управлением
- с пневматическим управлением
- с комбинированным управлением

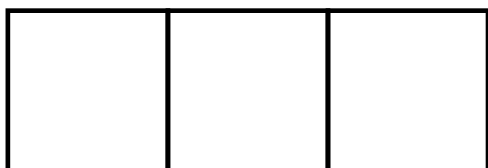
5. По способу открытия рабочего проходного сечения:

- направляющие
- дросселирующие

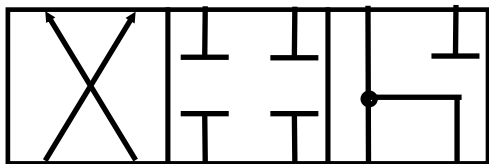
Правила построения и условные графические обозначения гидрораспределителей на схемах устанавливает ГОСТ 2.781 – 68. Согласно ГОСТу, в обозначении гидрораспределителя указывают следующие элементы:

1. Позиции запорно–регулирующего элемента
2. Проходы (каналы)
3. Внешние линии связи, подводимые к гидрораспределителю
4. Элементы управления

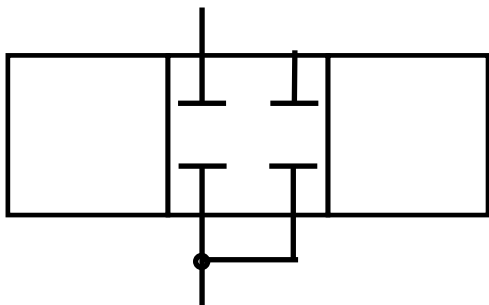
Число позиций запорно–регулирующего элемента изображают соответствующим числом квадратов (прямоугольников). Представленный ниже на рисунке распределитель называется трехпозиционным:



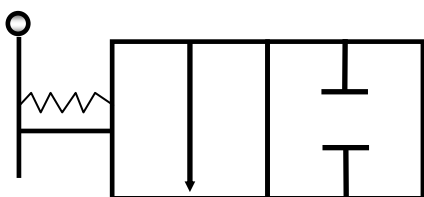
Проходы изображают прямыми линиями, показывающими направление потока рабочей жидкости в каждой позиции, места соединения проходов выделяют точками. Закрытый ход изображают тупиковой линией с поперечным отрезком:



Внешние линии связи, которые на схемах всегда подводят к исходной позиции. Представленный ниже на рисунке распределитель называется двухлинейный трехпозиционный:



Элементы управления на схемах изображают в виде их условных обозначений по торцам крайних позиций. Представленный ниже на рисунке распределитель называется двухлинейный двухпозиционный с ручным управлением:



*Направляющий гидрораспределитель* – направляющий аппарат, предназначенный для управления пуском, остановкой и направлением потока рабочей жидкости путем полного открытия или полного закрытия рабочего проходного сечения в двух или более гидролиниях в зависимости от наличия внешнего управляющего воздействия. При этом параметры потока рабочей жидкости (управление и расход) не изменяются.

### 1. Крановые гидрораспределители.

В крановых гидрораспределителях запорно – регулирующим элементом является пробка цилиндрического или конусного типа, которая совершает поворотное движение относительно своей оси (рис. 1). Крановые гидрораспределители применяются при небольших расходах и давлениях рабочей жидкости.

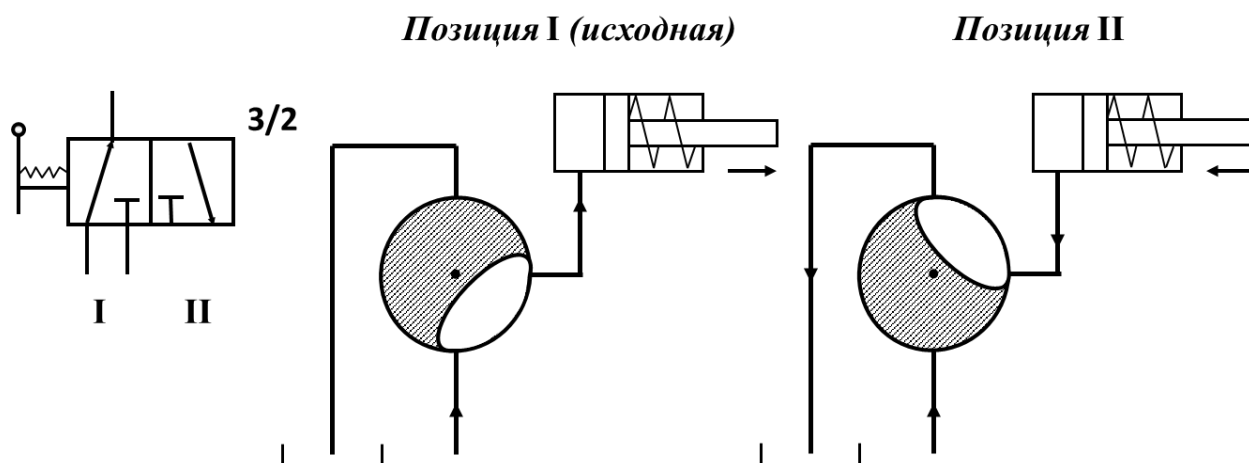


Рис. 1. Схема кранового трехлинейного двухпозиционного (3/2) гидрораспределителя с ручным управлением

### 2. Клапанные гидрораспределители.

По конструкции запорно – регулирующих элементов клапанные гидрораспределители подразделяют на шариковые и конические и могут быть с ручным, электромагнитным, гидравлическим и механическим управлением (рис. 2). Клапанные гидрораспределители по сравнению с золотниковыми имеют более высокую герметичность из-за наличия у них элементов седло – клапана.

### 3. Золотниковые гидрораспределители.

В золотниковых гидрораспределителях запорно – регулирующим элементом является золотник - деталь, как правило цилиндрическая, на которой выполнены пояски, канавки, проточки, необходимые для разделения или соединения различных каналов, выполненных в корпусе распределителя (рис. 3).

Распределители с золотником более компактны, они позволяют обеспечить плавное перекрытие рабочих окон, что важно при наличии больших инерционных масс.

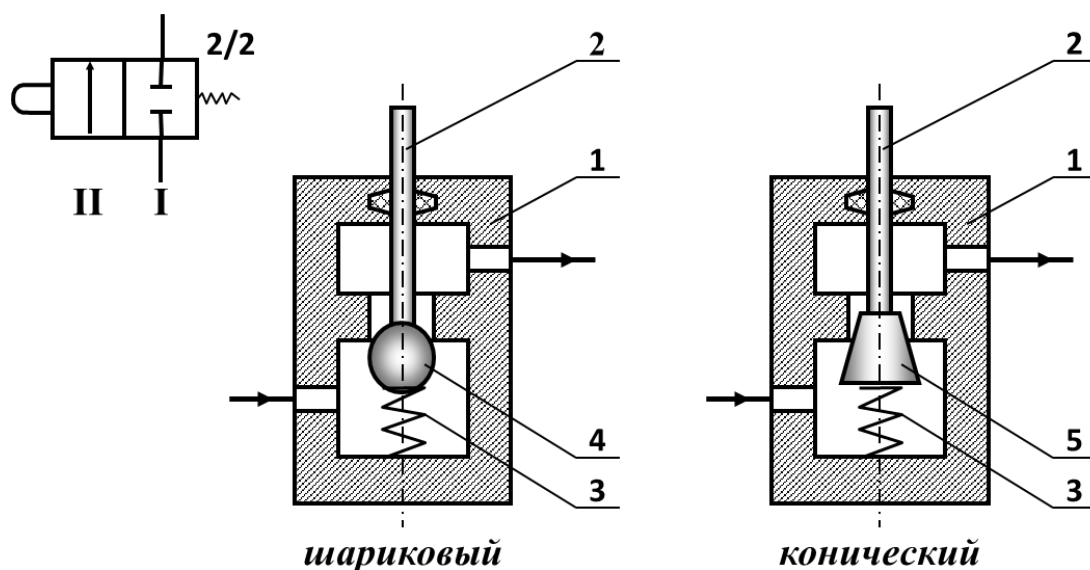


Рис. 2. Схема клапанных двухлинейных двухпозиционных (2/2) гидрораспределителей с управлением от толкателя  
 1 – корпус; 2 – толкатель; 3 – пружина; 4 – шариковый клапан;  
 5 – конический клапан

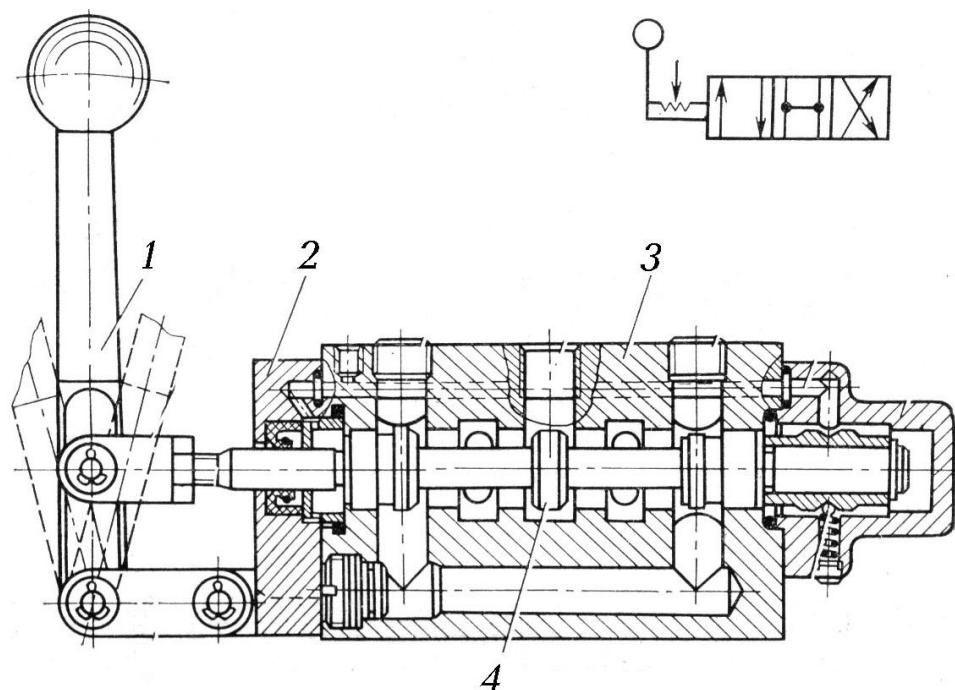


Рис. 3. Схема золотникового четырехлинейного трехпозиционного (4/3) гидрораспределителя с ручным управлением  
 1 – рукоятка; 2 – крышка; 3 – корпус; 4 – золотник

*Дросселирующий гидрораспределитель* – регулируемый гидроаппарат, предназначенный для управления давлением, расходом и направлением потока рабочей жидкости в нескольких гидролиниях одновременно путем частичного открытия рабочего проходного сечения в соответствии с изменением внешнего управляющего воздействия (рис. 4).

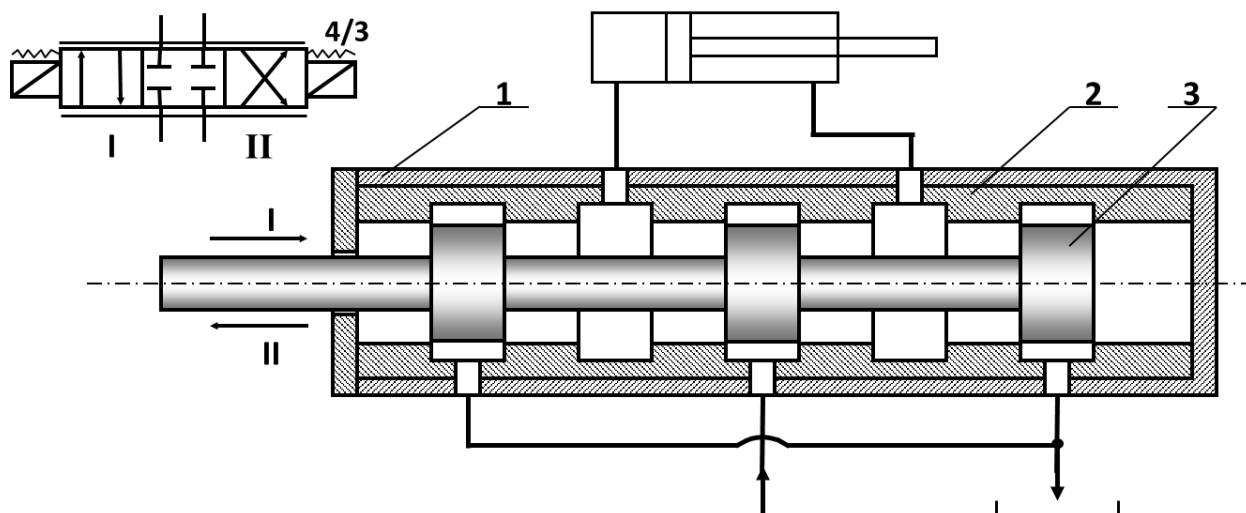


Рис. 4. Схема дросселирующего трехпозиционного четырехлинейного (4/3) распределителя с цилиндрическим золотником и с электромагнитным управлением

1 – корпус; 2 – втулка с пятью цилиндрическими распределителями с острыми кромками; 3 – цилиндрический золотник с тремя цилиндрическими поясками с острыми кромками

## 2. Конструктивные особенности распределителей серии DMG-02

В лабораторном стенде используются трехпозиционный четырехлинейный распределитель DMG-02-3C60-O-A с ручным управлением (рис. 5).



Рис. 5. Общий вид трехпозиционного четырехлинейного распределителя DMG-02-3C60-O-A с ручным управлением

Таблица 1

## Структура условного обозначения гидрораспределителя серии DMG-02

DS	G	2	3C2	W	B
Модель	Тип монтажа	Типо-размер	Гидравлическая схема	Тип возврата золотника	Позиция рукояти
Гидрораспределитель с ручным управлением	Монтаж на плите	02:NG6	Тип золотника (см. гидросхемы на рис. 6)	W: Пружинный возврат O: С фиксацией золотника	A: Ручка со стороны канала А B: Ручка со стороны канала В

Таблица 2

## Технические характеристики гидрораспределителей серии DMG-02

Модель гидрораспределителя	DMG-02	
Расход жидкости, л/мин	60	
Рабочее давление, МПа	A, B, P port	31,5
	T port	16
Масса кг	1,5	
Рабочая жидкость	Минеральное масло	
Степень защиты	NBR seals	
Диапазон температур, °C	-30 to +80	
Диапазон вязкости, сСт	2,8 to 500	
Требование к чистоте рабочей жидкости ISO4406	Class 20/18/15	

Трехпозиционный четырехлинейный гидрораспределитель DMG-02-3C60-O-A с ручным управлением имеет четыре порта:

- P – вход напорной линии от насоса;
- T – выход сливной линии;
- A – линия выхода (входа) от распределителя к гидродвигателю;
- B – линия входа (выхода) в распределитель от гидродвигателя.



2B2BL		3C2		2B2B	
2B3BL		3C3		2B3B	
2B4BL		3C4		2B4B	
2B5BL		3C5		2B5B	
2B60BL		3C60		2B60B	
2B8BL		3C8		2B8B	
2B9BL		3C9		2B9B	
2B10BL		3C10		2B10B	
2B11BL		3C11		2B11B	
2B12BL		3C12		2B12B	
2B25BL		3C25		2B25B	
2B29BL		3C29		2B29B	

2B2A		2B2AL	
2B3A		2B3AL	
2B4A		2B4AL	
2B8A		2B8AL	
2B2		2B2L	
2B3		2B3L	
2B8		2B8L	
2L2		2L2L	
2D2			

Рис. 6. Гидравлические схемы гидрораспределителей серии DMG-02

Гидравлический распределитель с ручным управлением серии DMG предназначен для изменения, пуска или останова потока рабочей жидкости в соответствии со схемой распределения жидкости. Модульное исполнение гидрораспределителя серии DMG позволяет устанавливать их на гидравлическую плиту с несколькими компонентами (редукционные клапана, предохранительные клапана, гидрозамки и др.). Возможность комбинировать распределитель с другими элементами позволяет изготавливать управляющие панели для различного вида промышленного оборудования, гидравлических систем автотранспортной техники и механизмов.

### 3. Основные расчетные зависимости.

Основными параметрами, по которым выбирают гидрораспределители являются номинальный расход  $Q_{ном}$ , номинальное давление  $p_{ном}$ , условный проход  $D_y$ .

Распределитель представляет собой сложное гидравлическое сопротивление. При прохождении через распределитель рабочей жидкости имеют место потери давления, т. е. часть энергии расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений распределителя. В связи с этим при выполнении расчетов гидравлических систем необходимо знать гидравлические характеристики распределителя, к которым относятся:

– Расходно-перепадные характеристики, представляющие собой зависимости:

$$\Delta p_{pn} = f(Q_d), \quad (1)$$

где  $\Delta p_{pn}$  – перепад (потери) давления на распределителе, Па;

$Q_d$  – действительный расход жидкости через распределитель, м<sup>3</sup>/с.

– Характеристики утечек рабочей жидкости:

$$q_{ym} = f(p), \quad (2)$$

где  $q_{ym}$  – расход утечек рабочей жидкости на слив, м<sup>3</sup>/с.

Рабочая жидкость через распределитель чаще всего проходит дважды: в направлении к гидродвигателю и от гидродвигателя в гидробак. В настоящей лабораторной работе жидкость при положении 3 распределителя  $P_n$  проходит в одном направлении (рис. 9). В связи с этим расходно-перепадные характеристики могут определяться при одиночном прохождении жидкости через распределитель (со входа  $P$  на выход  $A$ ).

Величина  $\Delta p_{pn}$  зависит от вязкости рабочей жидкости. Поэтому расходно-перепадные характеристики определяют при фиксированных значениях коэффициента кинематической вязкости (температуре) рабочей жидкости  $\nu$ .

На рисунке 7 показан примерный вид расходно-перепадных характеристик распределителя для разных значений коэффициента кинематической вязкости  $\nu$ .

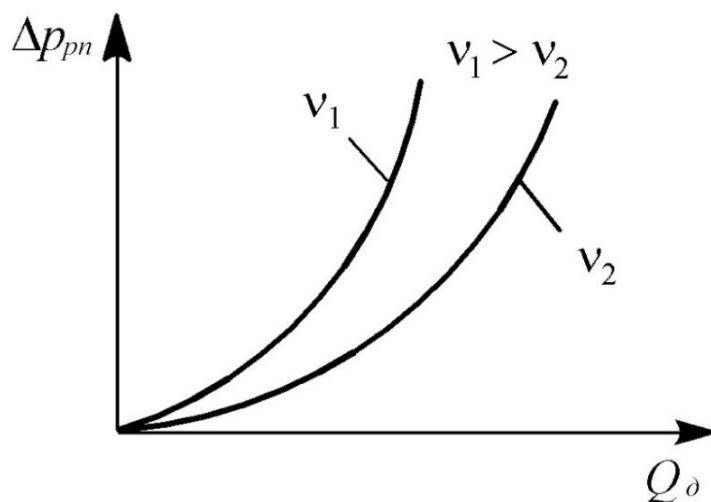


Рис. 7 – Расходно-перепадные характеристики распределителя для разных значений коэффициента кинематической вязкости  $\nu$

При выполнении расчетов потери давления на гидрораспределителях удобно учитывать не на основе использования их гидравлических характеристик, а считают эти устройства местными гидравлическими сопротивлениями. Расчетная схема распределителя представлена на рис. 8.

В лабораторных опытах подход потока жидкости к входу Р распределителя Рп происходит по гидролинии. Выход – через отверстие А к гидролинии к мерной емкости МЕ1.

На преодоление сопротивлений распределителя затрачивается энергия, что приводит к потере давления в потоке жидкости, прошедшем через распределитель.

Примем плоскость отсчета проходящей через осевую линию гидролинии, тогда для сечений I-I и II-II запишем уравнение Бернулли (рис. 8):

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

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;

$\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  - коэффициент кинетической энергии;

$\Delta p_{pn}$  - потери давления на распределителе (сумма всех потерь давления на участке между сечениями I-I и II-II), Па.

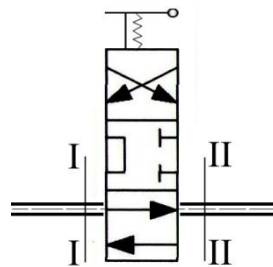


Рис. 8. Схема работы распределителя в положении 3

Поскольку  $z_1 = z_2$  и площади в сечениях 1 и 2 одинаковыми  $S_1 = S_2$  ( $d_1 = d_2$ ), то и скорости течения жидкости в этих сечениях будут равны  $v_1 = v_2$ , тогда:

$$p_1 - p_2 = \Delta p_{pn}, \quad (4)$$

т. е. при прохождении жидкости через гидравлическое сопротивление происходит потеря гидравлической энергии, выражаемая как потеря статического давления на распределителе  $\Delta p_{pn}$ .

Коэффициент сопротивления распределителя можно определить через потерю статического давления на распределителе  $\Delta p_{pn}$  из формулы Вейсбаха:

$$\zeta = \Delta p_{pn} \cdot \frac{\pi^2 \cdot d^4}{8 \cdot \rho \cdot Q_0^2}, \quad (5)$$

где  $\zeta$  – коэффициент сопротивления распределителя;

$\Delta p_{pn}$  – перепад давления на распределителе, Па;

$d$  – диаметр гидролинии, в которой установлен исследуемый распределитель, м;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$Q_0$  – действительный расход жидкости через распределитель, м<sup>3</sup>/с.

Обычно в гидравлических расчетах пользуются понятием «потери давления», но иногда необходимо знать потери мощности в гидросистеме.

Потери мощности на гидрораспределителе можно рассчитать по формуле:

$$N_{nom} = \Delta p_{pn} \cdot q_{ym}, \quad (6)$$

Что касается утечек рабочей жидкости, то следует иметь в виду, что золотник распределителя в корпусе установлен с зазором, причем этот зазор в процессе эксплуатации увеличивается из-за износа поверхностей трения.

Расходы утечек зависят от давления и вязкости рабочей жидкости. При уменьшении коэффициента кинематической вязкости  $\nu$  происходит увеличение  $q_{ym}$ .

Расходы утечек  $q_{ум}$  в процессе эксплуатации из-за увеличения зазоров могут увеличиться настолько, что это приведет к изменениям характеристик гидравлического привода и нарушению его работоспособности.

В лабораторной работе мы будем определяются только расходно-перепадные характеристики распределителя.

#### **4. Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Ознакомиться с кратким описанием конструкции и принципа работы гидрораспределителей.

2. Подготовить стенд к работе.

3. Изучить часть общей гидравлической схемы стенда, относящуюся к лабораторной работе 3, при положении 1 распределителя Рп (рис. 9), при положении 2 распределителя Рп (рис. 10) и в положении 3 (рис. 11).

4. Закрыть кран питания кп1 мерной емкости МЕ1.

5. Открыть кран питания кп2 мерной емкости МЕ2.

6. Закрыть сливной кран кс1 мерной емкости МЕ1.

7. Закрыть сливной кран кс2 мерной емкости МЕ2.

8. Включить гидростанцию.

9. Перевести гидрораспределитель Рп стенда в положение 3 на подачу жидкости в мерную емкость МЕ2 (рис. 11).

10. Заполнить мерную емкость МЕ2 гидравлической жидкостью.

11. Перевести гидрораспределитель Рп стенда в положение 2 (среднее положение, рис. 10).

12. Открыть кран питания кп1 мерной емкости МЕ1.

13. Закрыть кран питания кп2 мерной емкости МЕ2.

14. Перевести гидрораспределитель Рп стенда в положение 1 для подачи жидкости на гидромотор ГМ, (рис. 9). При этом начнется вращение гидромотора.

15. Перевести гидрораспределитель стенда Рп в положение 2 (рис. 10). При этом начнется слив жидкости в бак.

16. Перевести гидрораспределитель стенда Рп в положение 3 (рис. 11) на подачу жидкости в мерную емкость МЕ1. При этом начнется наполнение мерной емкости МЕ1.

17. Занести значение начального уровня жидкости  $V_{нач}$  в табл. 1.

18. Занести значение начального уровня жидкости  $V_{кон}$  в табл. 1.

19. Занести время  $t$  наполнения мерной емкости МЕ1 в табл. 1.

20. С помощью мерной емкости МЕ1 вычислить расход жидкости через распределитель  $Q_o$ . Результаты вычислений занести в табл. 1.

21. Занести показание манометра М2 в табл. 1.

22. Определить потерю статического давления  $\Delta p_{dp}$  на распределителе Рп по формуле (4):

$$\Delta p_{pn} = p_{M1} - p_{атм}$$

где  $p_{M1}$  – показание манометра, МПа;

$p_{атм}$  – избыточное давление в линии слива, принять равным атмосферному, МПа.

Данные занести в табл. 1.

23. Частично закрыть дроссель Др1.

24. Повторить пункты 16-22.

25. Повторить пункт 23 для нескольких положений дросселя Др1.

26. Выключить гидростанцию.

27. Построить графики  $Q_o = f(\Delta p_{pn})$  для распределителя Рп.

28. Проанализировать результаты, сделать выводы.

## **5. Вопросы к лабораторной работе**

1. Назначение гидрораспределителей?
2. Классификация и устройство гидрораспределителей?
3. Условные графические обозначения гидрораспределителей?
4. Основные параметры гидрораспределителей.
5. Методика определения гидравлических характеристик гидрораспределителей.
6. Анализ экспериментальных гидравлических характеристик распределителя.
7. Что понимается под расходно-перепадной характеристикой распределителя?
8. Что понимается под характеристикой утечек распределителя?
9. Какова методика экспериментального исследования распределителя?
10. Что происходит с расходно-перепадной характеристикой распределителя при изменении положения лимба дросселя?



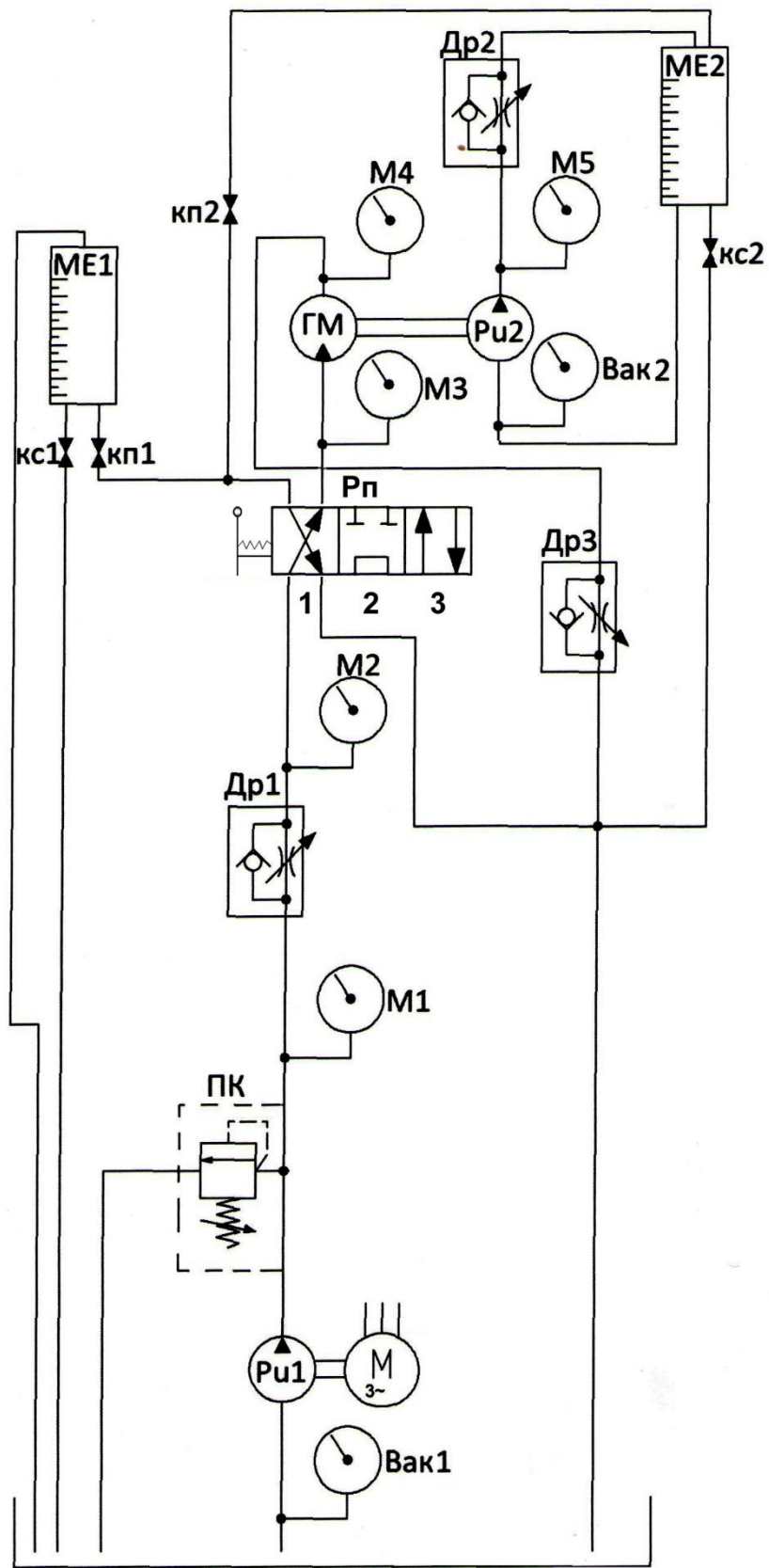


Рис. 9. Гидравлическая схема стенда лабораторной работы 4 (распределитель в положении 1)

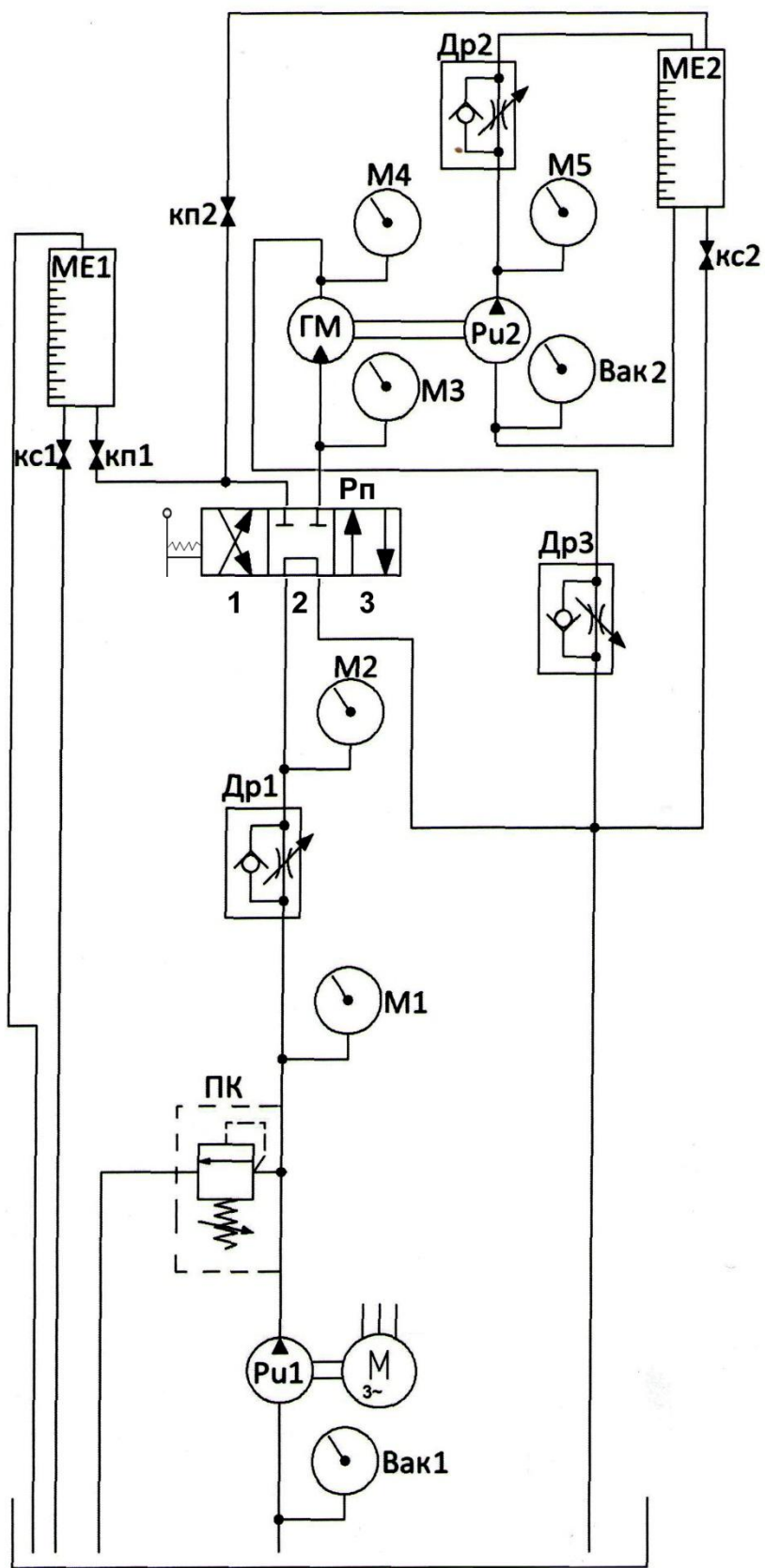


Рис. 10. Гидравлическая схема стенда лабораторной работы 4 (распределитель в нейтральном положении 2)

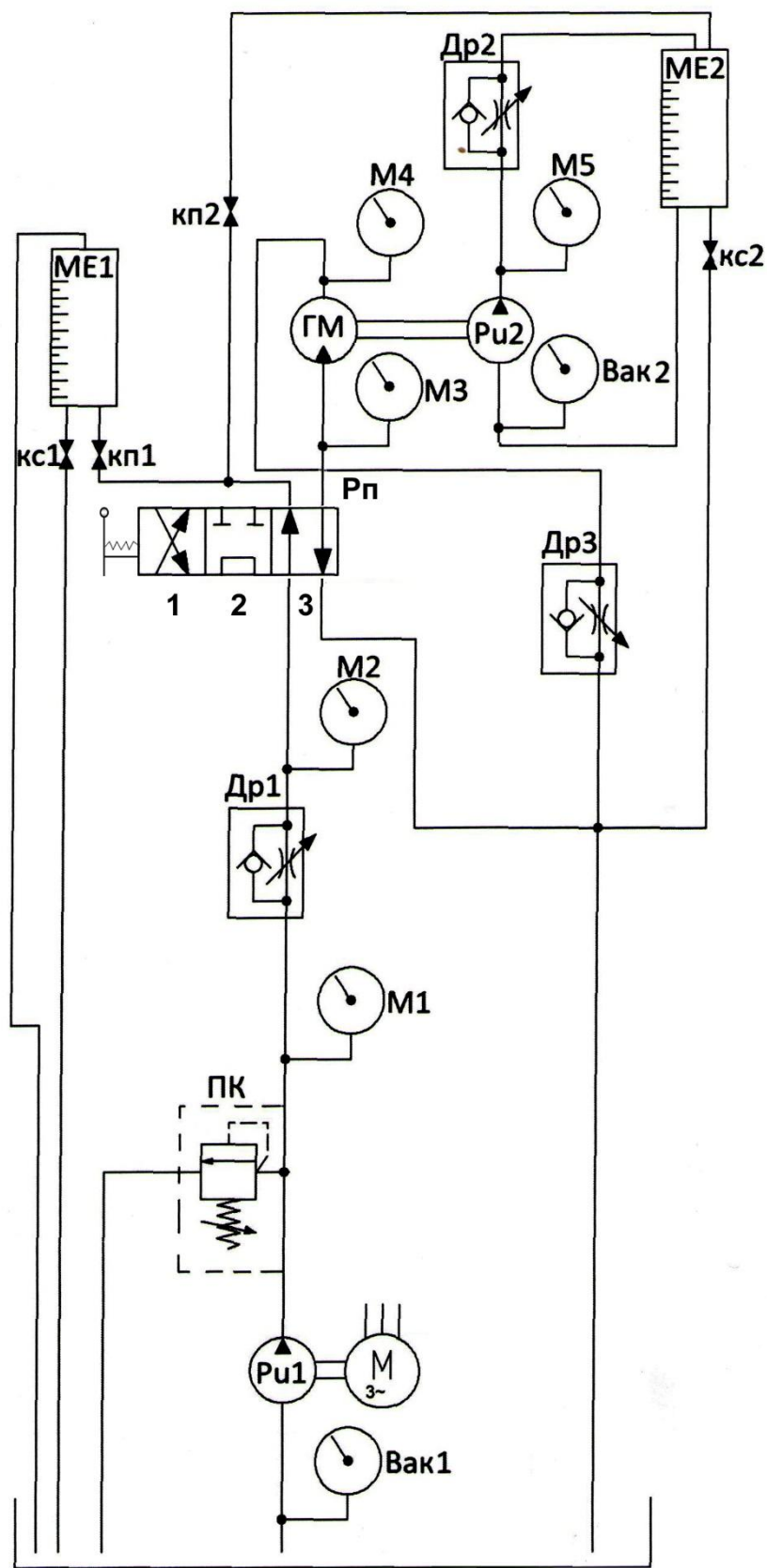


Рис. 11. Гидравлическая схема стенда лабораторной работы 4 (распределитель в положении 3)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.

Изучение работы гидрораспределителя.

Исследование расходно-перепадной характеристики трехпозиционного  
четырёхлинейного распределителя с ручным управлением

Кафедра ЛТ-4

Дата проведения лабораторной работы \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Список бригады (инструктаж по технике безопасности прошёл):

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_

Преподаватель:

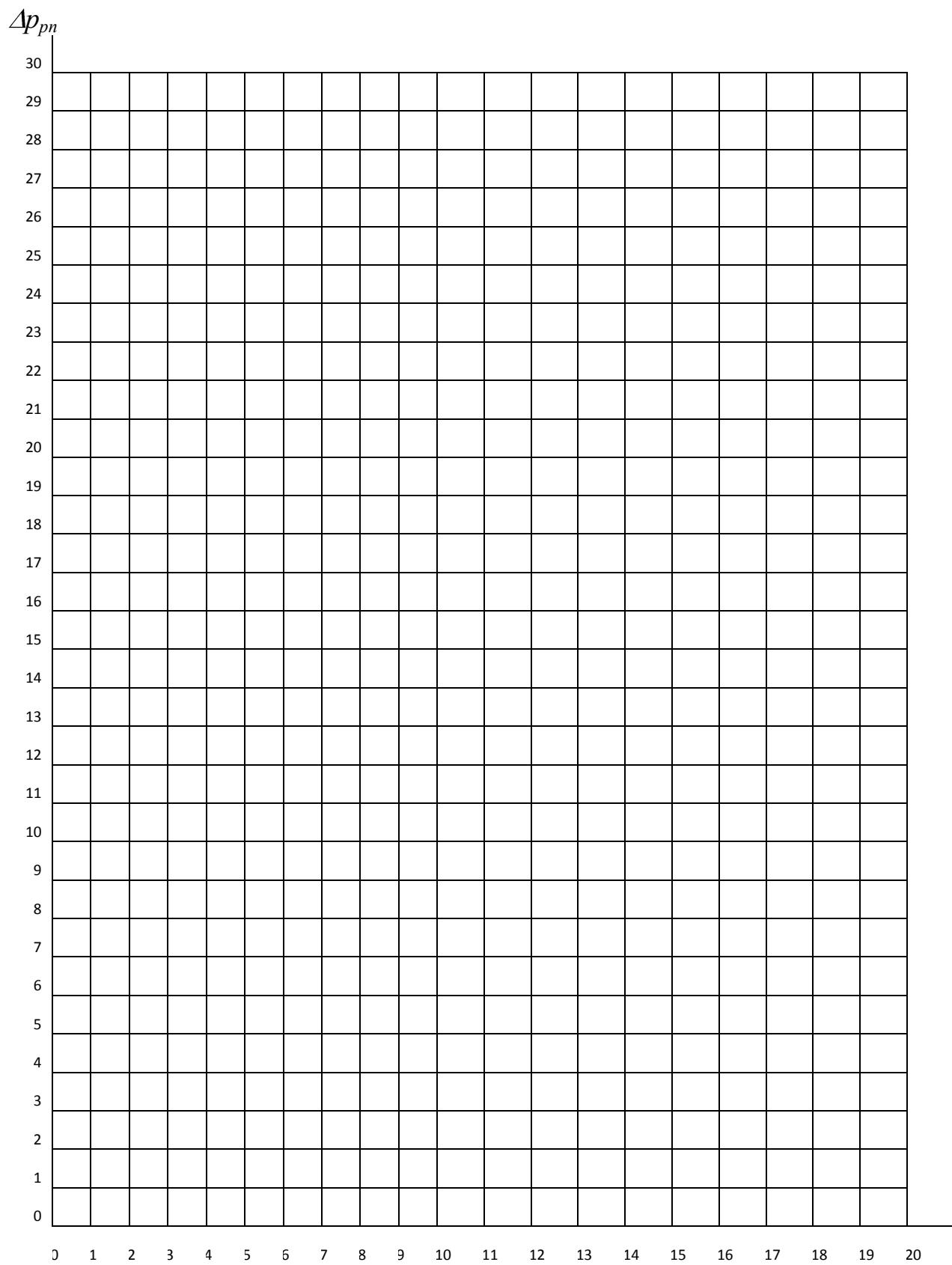
проф. Карпачев С.П. \_\_\_\_\_

Таблица 1.

Результаты опытов построения расходно-перепадной характеристики трехпозиционного четырехлинейного распределителя с ручным управлением

Значения	№ опыта				
	1	2	3	4	5
Значение лимба открытия дросселя $Dp1$					
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 распределитель, мл/с $Q_d = \frac{(V_{кон} - V_{нач})}{t}$ ;					
Показание $p_{M2}$ манометра М2, МПа					
Давление в сливной линии $p_{атм}$ , МПа	0				
Потеря давления на распределителе, МПа: $\Delta p_{pn} = p_{M2} - p_{атм}$					

## Расходно-перепадная характеристика распределителя



$Q_\delta$