

**РУКОВОДСТВО
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
НА СТЕНДЕ**

**НТЦ-11.38
«ГИДРАВЛИКА, ГИДРОМАШИНЫ И ГИДРОПРИВОДЫ»**

Могилев

Лабораторный практикум (краткий)

1. Описание стенда «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы»

На стенде предусмотрено выполнение пяти лабораторных работ по темам, рассматриваемым в разделе «Гидравлика», а также четырех лабораторных работ, относящихся к разделу «Гидромашины и гидроприводы».

Стенд содержит два электродвигателя, три шестеренных насоса, аксиально-поршневой гидромотор, два гидроцилиндра, шесть гидрораспределителей (из них пять с электромагнитным и один с ручным управлением) и другую направляющую и регулирующую аппаратуру. Информационно-измерительная система позволяет измерять:

- расходы (три расходомера интегрирующего типа);
- давления (четырнадцать манометров и один вакуумметр);
- температуру рабочей жидкости (два термометра);
- два электронных секундомера (имеют два режима работы: «ручн.» и «автом.», в автоматическом режиме включение и выключение секундомера осуществляется от концевых выключателей);
- скорости выходных звеньев (в поступательном и вращательном движении), а также частоту вращения основного насоса Н1;
- мощности (подводимую к гидроприводу и полезную – на выходных звеньях).

Конструктивно стенд выполнен в виде модуля, имеющего двухсторонний базис (с одной стороны выполняются работы из раздела «Гидравлика», а с другой стороны – из раздела «Гидромашины и гидроприводы»).

На боковой поверхности стенда (противоположной той, на которой установлены гидроцилиндры) расположены схема гидравлическая принципиальная стенда, выключатели электропитания стенда с индикаторами включения фаз, предохранители.

На обоих базисах стенда приведены схемы гидравлические принципиальные соответствующих подсистем: «Гидравлика» и «Гидромашины и гидроприводы».

Распределение рабочей жидкости от основного насоса по базисам стенда осуществляется с помощью распределителя с ручным управлением Р1.

Максимальное давление в подсистеме «Гидромашины и гидроприводы» настраивается по манометру МН7 с помощью напорного гидроклапана КП1 (клапан КП1 установлен снизу на гидростанции на выходе фильтра Ф). величина этого давления находится в пределах 6,0...6,3 МПа.

Давление в подсистеме «Гидравлика» настраивается по манометру МН6 с помощью гидроклапана КП2 (установлен рядом с распределителем с ручным управлением Р1). Величина этого давления 1,4 МПа.

Направления вращения электродвигателей показаны стрелками.

На стенде невозможна одновременная работа на обоих базисах.

Конструкция стенда выполнена таким образом, что перед выполнением любой лабораторной работы не требуется проведение монтажных работ.

Перед вводом в эксплуатацию гидростанцию стенда необходимо заправить минеральным маслом. Заправочная емкость гидробака Б1 – 65...70 дм³. Рекомендуемые рабочие жидкости: минеральные масла МГЕ-46В, МГ-30у, М-8В.

Напряжение питания стенда – 380 В, частота 50 Гц, напряжение питания электромагнитов гидрораспределителей – 24 В (постоянный ток). Напряжение на концевых выключателях КВ1 и КВ2 – 12 В. Номинальная мощность стенда – 4,4 кВт.

Перед началом работы стенд необходимо заземлить.

При первом включении стенда (только при залитом в гидробак необходимом количестве масла) убедиться в соответствии направления вращения каждого насоса со стрелкой на кожухе. При неверном направлении вращения – поменять фазировку (наиболее просто при отключенном от сети стенде в клеммной коробке насоса поменять местами на клеммнике два любых фазных провода от кабеля подключения насоса).

На стенде предусмотрено выполнение следующих лабораторных работ:

1. Измерение давления и расхода, определение режима течения жидкости.
2. Построение напорной и пьезометрической линий трубопровода.
3. Определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений.
4. Определение коэффициента гидравлического трения (коэффициента Дарси).
5. Исследование нестационарных процессов истечения жидкости через гидродроссель.
6. Определение рабочих и кавитационных характеристик шестеренного насоса.
7. Определение характеристик гидродвигателей (гидроцилиндра и гидромотора).
8. Исследование характеристик объемного регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования).
9. Исследование характеристик объемного регулируемого гидропривода с вращательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования).

Схема гидравлическая принципиальная стенда приведена на рис. 1.

Гидронасосы Н1 и Н3 – шестеренные типа НШ10-3. Гидронасос Н2 – шестеренный типа НШ6-3. Насос Н1 – основной, Н3 – используется для создания нагрузки на валу гидромотора М, насос Н2 – предназначен для создания давления в поршневой полости цилиндра Ц2.

Гидроцилиндр Ц1 (нижний) – это рабочий цилиндр. Цилиндр Ц2 (верхний) – используется в качестве нагрузителя (для создания нагрузки на штоке цилиндра Ц1). Исследуемое рабочее движение – выдвигание штока цилиндра Ц1. Втягивание штока цилиндра Ц1 является подготовительной операцией и осуществляется под действием усилия, создаваемого цилиндром-нагрузителем Ц2. На стенде используются гидроцилиндры типа ГЦ 63.200.16.000 (диаметр цилиндра 63 мм, ход штока – 200 мм).

На стенде установлен гидромотор М (нерегулируемый, аксиально-поршневой, с наклонным диском) типа Г15-21Р (рабочий объем $V_{\text{ом}} = 11,2 \text{ см}^3$, $Q_{\text{ном}} = 10,8 \text{ л/мин}$, $p_{\text{ном}} = 6,3 \text{ МПа}$, $N_{\text{ном}} = 0,96 \text{ кВт}$, $M_{\text{ном}} = 9,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $z = 0,88$).

Пружинный аккумулятор А, используемый в лабораторной работе № 5 (исследование нестационарных процессов истечения жидкости через гидродроссель) имеет следующие параметры: диаметр поршня – 63 мм, ход поршня – 70 мм, усилие преднатяга пружины – $F_0 = 384 \text{ Н}$, жесткость пружины – $c = 6,4 \text{ Н/мм}$, диаметр дросселя ДР2 – 1 мм.

Для измерения давления в поршневой полости аккумулятора, а также для управления электронным секундомером на стенде установлен электроконтактный манометр МН5 типа ЭкМ-100.

Во всасывающем трубопроводе основного насоса Н1 установлен вентиль В1. При выполнении всех лабораторных работ этот вентиль должен быть открыт (маховик полностью вывернут против часовой стрелки). Управление этим вентилем предусмотрено только при определении кавитационных характеристик насоса Н1.

Объектом исследования в лабораторных работах № 1 – 4 является трубопровод **а б с** с установленным в нем дросселем ДР1. Конструктивные параметры этого трубопровода следующие: внутренний диаметр – 8 мм, диаметр отверстия дросселя ДР1 – 3 мм, длины: **а б** = 450 мм, **б с** = 100 мм.

На стенде установлены расходомеры интегрирующего типа (РА1 и РА2 – скоростные, третий расходомер представляет собой измерительный бачок Б2 с указателем уровня УУ). Слив рабочей жидкости из бака Б2 осуществляется через вентиль В2 (при вращении маховика по часовой стрелке вентиль закрывается). Для определения мгновенного значения расхода с помощью указанных расходомеров используются электронные секундомеры в режиме работы «ручн.».

Для питания всех насосов и слива рабочей жидкости используется один гидробак Б1, который одновременно является несущей системой стенда.

2. Методика выполнения лабораторных работ

На рис. 2 приведена гидравлическая принципиальная схема подсистемы «Гидравлика» (используется при выполнении первых пяти лабораторных работ 2.1 – 2.5).

2.1. Измерение давления и расхода, определение режима течения жидкости.

2.2. Построение напорной и пьезометрической линий трубопровода.

2.3. Определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений.

2.4. Определение коэффициента гидравлического трения (коэффициента Дарси).

2.5. Исследование нестационарных процессов истечения жидкости через гидродроссель.

2.6. Определение рабочих и кавитационных характеристик шестеренного насоса.

2.7. Определение характеристик гидродвигателей (гидроцилиндра и гидромотора).

2.8. Исследование характеристик объемного регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования).

2.9. Исследование характеристик объемного регулируемого гидропривода с вращательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования).

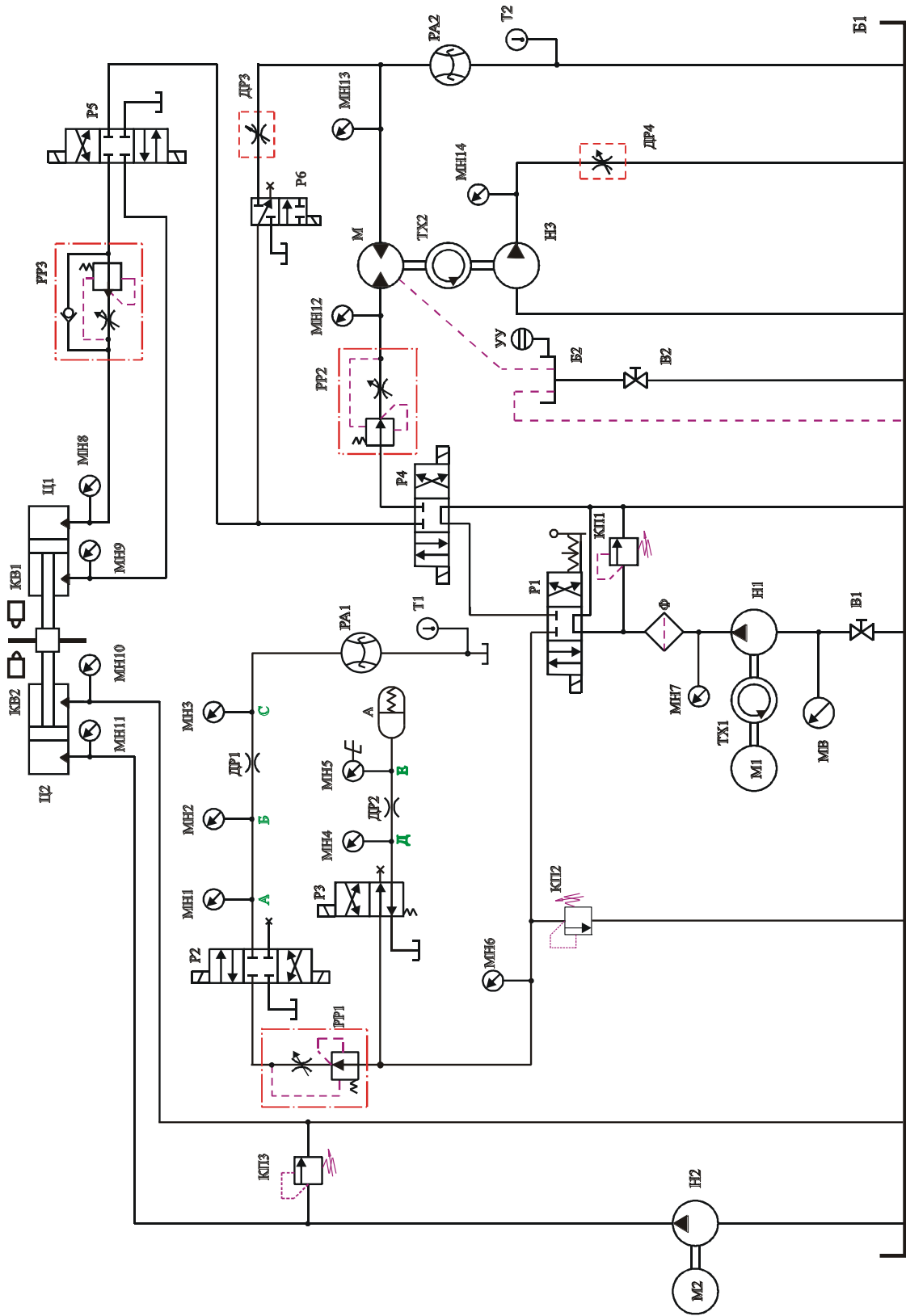


Рис.1 Схема гидравлическая принципиальная

2.1 Измерение давления и расхода, определение режима течения жидкости

2.1.1 Цель работы:

- 1) Изучение основных величин гидравлики и аналогий между системами различной физической природы;
- 2) Изучение приборов и единиц измерения давления и расхода;
- 3) Экспериментальное определение режима течения жидкости.

2.1.2 Экспериментальная часть

Для проведения эксперимента необходимо:

- включить рукоятку распределителя P1 в положение II(нижнее);
- включить питание стенда;
- включить электродвигатель M1 (кнопка “Пуск”);
- включить распределитель P2 (тумблер P2 в положение “Вкл.”);
- дать возможность поработать стенду в течение 5 – 6 минут;
- произвести замеры времени прохождения заданного объема рабочей жидкости через трубопровод **abc**. Время измерять с помощью электронного секундомера, а объем проходимой жидкости измерять с помощью расходомера (один поворот красной стрелки на расходомере соответствует прохождению через устройство одного литра жидкости). Опыты провести при различных расходах (расход изменяется с помощью регулятора расхода PP1, поворот маховика по часовой стрелке – сопровождается увеличением расхода). В каждом опыте необходимо также фиксировать температуру рабочей жидкости.

После проведения всех опытов необходимо отключить питание секундомера, выключить электродвигатель и отключить питание стенда.

2.2 Построение напорной и пьезометрической линий трубопровода

2.2.1 Цель работы:

- 1) Изучение уравнение Бернулли;
- 2) Уяснение физической сущности полного напора и составляющих его скоростного (динамического), пьезометрического и геометрического напоров;
- 3) Экспериментальное определение напорной и пьезометрической линий трубопровода.

2.2.2 Экспериментальная часть

Объектом исследования является горизонтально расположенный участок трубопровода **abc**. К трем сечениям трубопровода подключены манометры. Внутренний диаметр трубопровода 8 мм.

Для проведения экспериментов необходимо:

- включить рукоятку распределителя P1 в положение – II (нижнее);
- включить питание стенда;

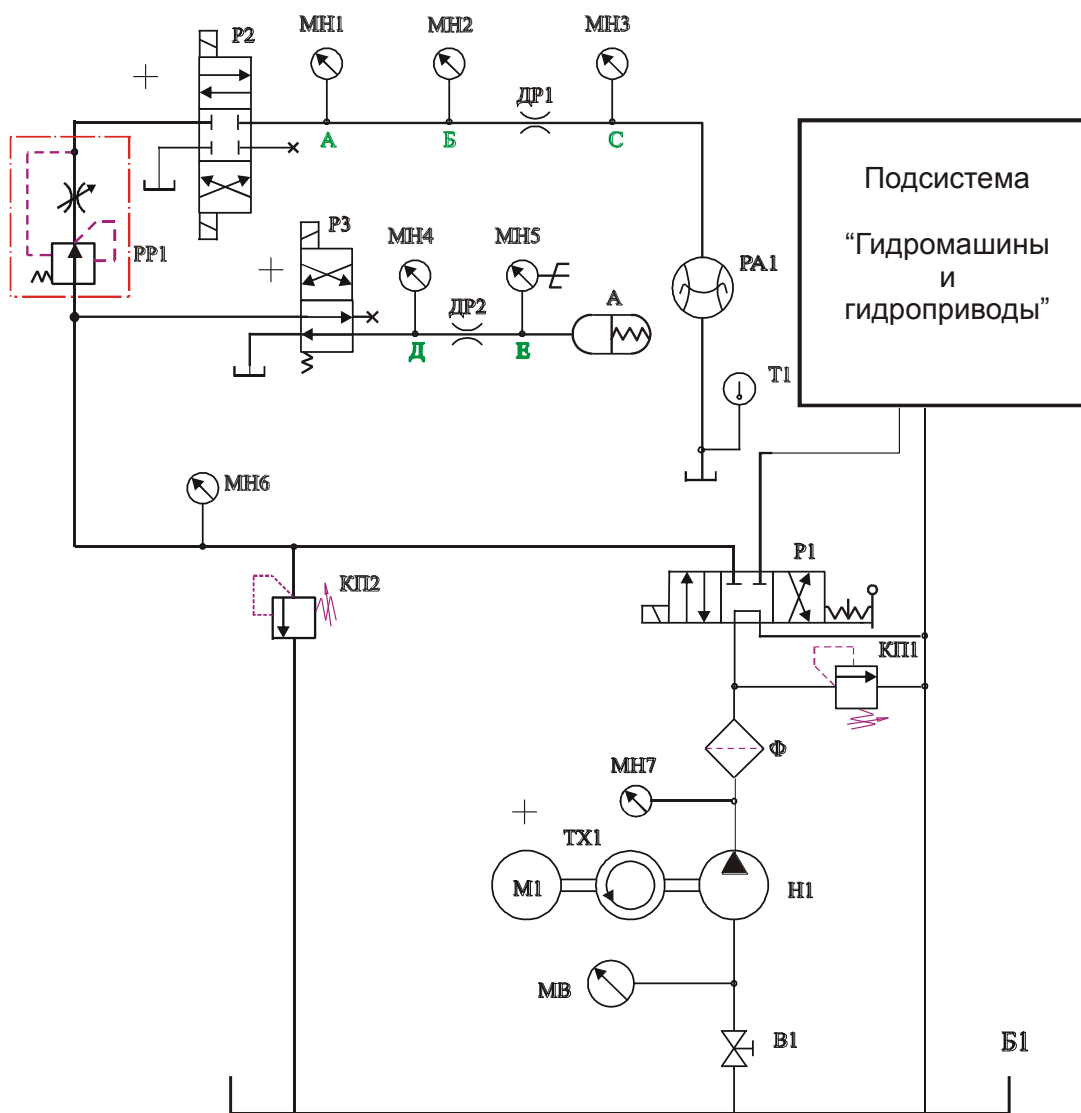


Рис.2 Схема гидравлическая принципиальная подсистемы «Гидравлика»

- включить, нажав кнопку “Пуск”, электродвигатель М1;
- тумблер Р2 переключить в положение “Вкл.”;
- дать возможность установке поработать в течение 5 – 6 минут;
- для двух значений расхода (настроек регулятора расхода РР1) произвести измерения давлений (по манометрам МН1 – МН3). Также необходимо уже описанным выше способом измерить расход и температуру рабочей жидкости.

После проведения экспериментов необходимо отключить питание секундомера, выключить электродвигатель и отключить питание стенда.

2.3 Определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений

2.3.1 Цель работы:

- 1) Изучение видов и причин потерь энергии в местных гидравлических сопротивлениях;
- 2) Изучение методики экспериментального определения коэффициентов местных гидравлических сопротивлений;
- 3) Экспериментальное определение коэффициента местного гидравлического сопротивления гидродросселя (ДР1).

2.3.2 Экспериментальная часть

Объектом исследований на стенде является гидродроссель ДР1, установленный на участке трубопровода **бс**.

Для проведения экспериментов необходимо:

- включить рукоятку распределителя Р1 в положение – II (нижнее);
- включить питание стенда;
- включить питание электродвигателя;
- включить тумблер Р2 в положение “Вкл.”.

Дать возможность установке поработать в течение 5 – 6 минут.

Провести при различных расходах 4 – 5 опытов. В каждом опыте измерять по манометрам МН1, МН2 и МН3 давления, время прохождения через расходомер заданного объема рабочей жидкости и температуру жидкости.

После выполнения всех опытов отключить питание электронного секундомера, электродвигателя и стенда.

2.4 Определение коэффициента гидравлического трения (коэффициента Дарси)

2.4.1 Цель работы:

- 1) Изучение способов определения коэффициента гидравлического трения;
- 2) Изучение методики экспериментального определения коэффициента гидравлического трения;

3) Экспериментальное определение коэффициента гидравлического трения и установление зависимости его от числа Рейнольдса.

2.4.2 Экспериментальная часть

Коэффициент гидравлического трения определяется на участке трубопровода **аб**.

Для проведения экспериментов необходимо:

- включить рукоятку распределителя Р1 в положение – II (нижнее);
- включить питание стенда;
- включить питание электродвигателя М1;
- включить тумблер Р2 в положение “Вкл.”.

Дать возможность поработать установке в течение 5 – 6 минут.

Опыты провести при различных значениях расхода. В каждом опыте необходимо регистрировать по манометрам МН1 и МН2 давления, а также время прохождения через расходомер заданного объема рабочей жидкости и температуру жидкости.

После выполнения всех опытов отключить питание электронного секундомера, электродвигателя и стенда.

2.5 Исследование нестационарных процессов истечения жидкости через гидродроссель

2.5.1 Цель работы:

- 1) Экспериментальное определение времени заполнения рабочей полости пружинного аккумулятора через гидродроссель;
- 2) Экспериментальное определение времени опорожнения через гидродроссель рабочей полости пружинного аккумулятора;
- 3) Определение расчетным путем характеристик, определяемых в п.1 и 2, и сопоставление их с экспериментальными.

2.5.2 Экспериментальная часть

Для проведения экспериментов необходимо:

- включить рукоятку распределителя Р1 в положение – II (нижнее);
- включить питание стенда;
- включить питание электродвигателя М1.

Дать возможность установке поработать в течение 5 – 6 минут. После этого необходимо:

- тумблер включения режима работы секундомера переключить в положение “АВТ.”;
- включить тумблеры управления секундомером в положения “Вкл.” и “Счет”.

Провести по 5 – 6 опытов (заполнений и опорожнений рабочей полости пружинного аккумулятора). Для этого необходимо воздействовать на тумблер управления гидрораспределителем Р3. При установке этого тумблера в положение “Вкл.” происходит заполнение полости аккумулятора, а при уста-

новке в положение “Выкл.” – опорожнение этой полости (которое происходит под действием пружины, взаимодействующей с поршнем).

В каждом опыте необходимо фиксировать время процесса. После завершения процесса секундомер автоматически останавливается. Перед началом следующего процесса целесообразно сбрасывать с помощью кнопки “Сброс” показания секундомера (при нажатии кнопки «Сброс» тумблер «Счет» должен быть выключен – находится в нижнем положении).

После проведения всех опытов необходимо отключить питание секундомера, электродвигателя и стенда.

2.6 Определение рабочих и кавитационных характеристик шестеренного насоса

2.6.1 Цель работы:

- 1) Изучение устройства шестеренного насоса;
- 2) Изучение технических показателей объемных насосов;
- 3) Изучение методики и экспериментальное определение рабочих и кавитационных характеристик насоса.

На рис.3 приведена схема гидравлическая принципиальная подсистемы «Гидромашины и гидроприводы», используемая при проведении лабораторных работ по 2.6 – 2.9.

2.6.2 Экспериментальная часть

1) Определение рабочих характеристик.

Включить рукоятку распределителя Р1 в положение – I (нижнее).

Тумблер Р4 в положении “ВКЛ1.”, тумблер Р6 в положении “ВКЛ.”, тумблер Р5 в положении “ВЫКЛ.”, вентиль В1 (установлен снизу на баке слева) полностью открыт. Перед включением установки маховик управления регулируемым дросселем ДР3 повернут до упора по часовой стрелке (максимальное проходное сечение дросселя). Опыты проводятся при различных настройках регулируемого дросселя ДР3. При выполнении данной лабораторной работы включается только электродвигатель М1. В каждом опыте необходимо измерять:

- давления по приборам МВ и МН7;
- частоту вращения вала насоса $n_{н1}$ (для определения частоты вращения в об/с необходимо показание частотомера $n_{н1}$ делить на 2);
- мощность, подводимую к электродвигателю М1 (по киловаттметру, 1 деление = 200 Вт);
- расход (с помощью расходомера РА2 и электронного секундомера, тумблер SA5 в положении “РУЧН.”).

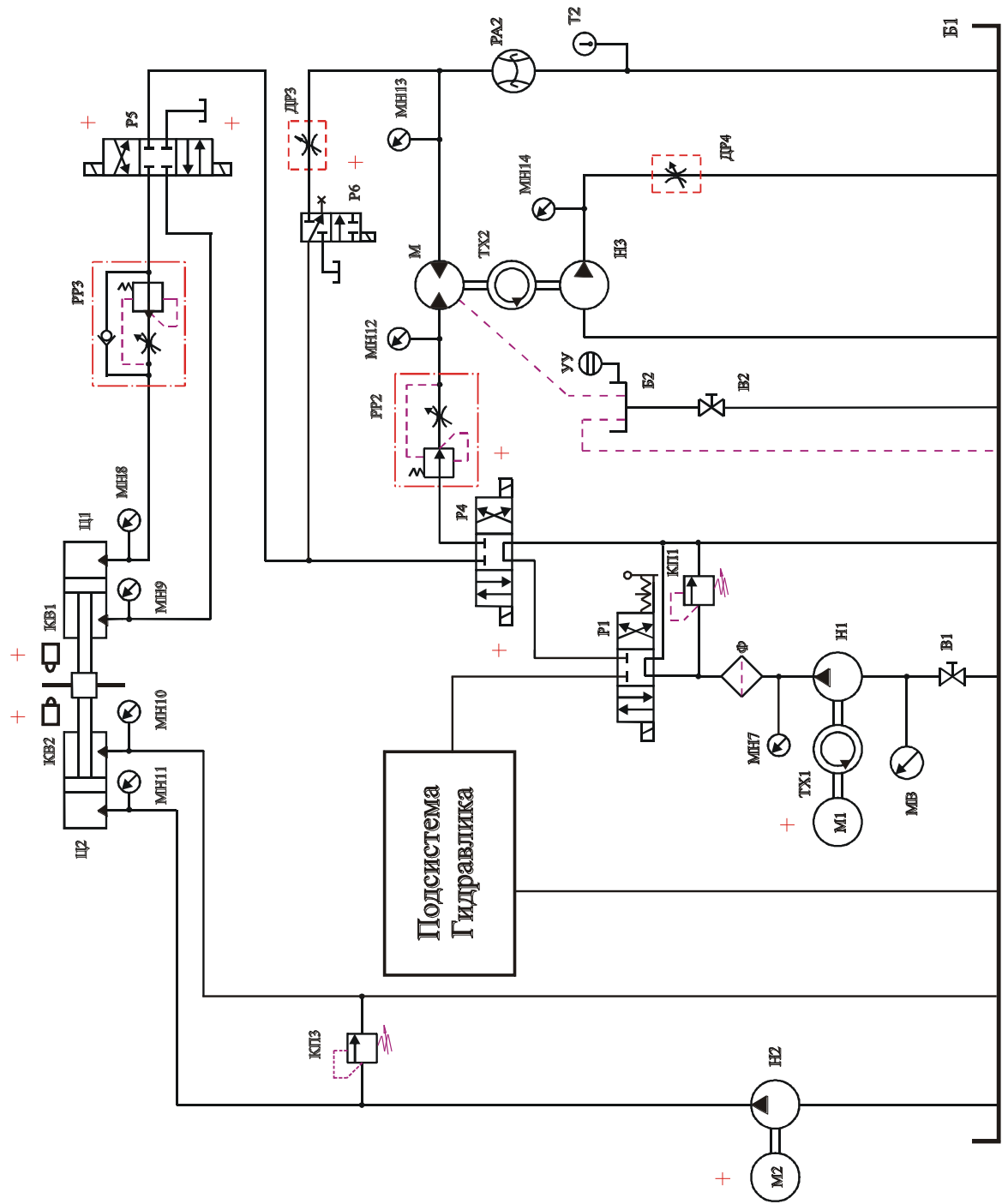


Рис.3 Схема гидравлическая принципиальная подсистемы "Гидромашины и гидроприводы"

2) Определение кавитационных характеристик.

Тумблеры управления гидрораспределителя должны быть в том же положении, что и в п.1. С помощью регулируемого дросселя ДР3 установить давление в напорной линии насоса по манометру МН7, равное, например, 1 МПа. При различных степенях закрытия вентиля В1 провести серию опытов. В каждом опыте измерять все величины, которые измерялись при определении рабочих характеристик (см. п.1).

В процессе определения кавитационных характеристик первоначальную настройку регулируемого дросселя ДР3 – не изменять.

Внимание: При входе в режим кавитации происходит “срыв” подачи насоса. При этом прекращается проток рабочей жидкости через насос и ухудшается его охлаждение и смазка. Поэтому с целью предотвращения преждевременного выхода из строя насос не рекомендуется вводить в режим кавитации. Для этого необходимо следить за стрелкой расходомера: стрелка должна вращаться.

После завершения опытов по определению кавитационных характеристик необходимо **открыть вентиль В1.**

2.7 Определение характеристик гидродвигателей

2.7.1 Цель работы:

- 1) Изучение устройства гидроцилиндров и гидромоторов;
- 2) Изучение основных технических показателей и характеристик гидродвигателей;
- 3) Изучение методики и экспериментальное определение характеристик гидроцилиндра и гидромотора.

2.7.2 Экспериментальная часть

1) Определение характеристик гидромотора.

Включить рукоятку распределителя Р1 в положение – I (верхнее).

Тумблер Р4 установить в положение “ВКЛ2.”. Включить электродвигатель М1. Провести 2 – 3 серии опытов при различных настройках регулятора расхода РР2, то есть при различных частотах вращения вала гидромотора (при вращении маховика регулятора расхода РР2 по часовой стрелке расход жидкости, поступающей на вход гидромотора, увеличивается). При вращении вала гидромотора вращается также и вал насоса нагрузки Н3. Уровень нагрузки на валу гидромотора определяется настройкой регулируемого дросселя ДР4.

В каждой серии провести 5 – 6 опытов при различных настройках регулируемого дросселя ДР4 (при повороте маховика регулируемого дросселя по часовой стрелке увеличивается площадь проходного сечения дросселя и нагрузка на валу гидромотора уменьшается).

В каждом опыте необходимо измерять:

- давления по манометрам МН12, МН13 и МН14;

- частоту вращения вала гидромотора n_M ;
- расход жидкости на выходе гидромотора (измеряется с помощью расходомера РА2 и электронного секундомера СЕК, при этом тумблер SA5 должен быть установлен в положение “РУЧН”);
- расход утечек из корпуса гидромотора (измеряется с помощью мерного бачка Б2 с указателем уровня УУ и электронного секундомера).

2) Определение характеристик гидроцилиндра.

Тумблер Р4 установить в положение “ВКЛ1.”, тумблер Р6 – в положение “ВЫКЛ”. Вывести маховик управления регулятором РР3 против часовой стрелки (настроить регулятор на минимальный расход). Включить электродвигатели М1 и М2. Включить тумблер Р5 в положение “ВКЛ1.”, при этом шток нижнего цилиндра Ц1 начнет медленно выдвигаться. Если шток не выдвигается, то необходимо маховик управления регулятором РР3 медленно поворачивать по часовой стрелке с тем, чтобы добиться медленного выдвигания штока. Опыты по определению характеристик гидроцилиндра Ц1 желательно проводить при низкой скорости выдвигания штока цилиндра Ц1. При этом увеличится время опыта и легче будет производить необходимые измерения.

Опыты необходимо проводить при различных нагрузках на штоке цилиндра Ц1, что достигается путем изменения давления в поршневой полости цилиндра Ц2. Изменение этого давления осуществляется путем изменения настройки клапана КПЗ (при вворачивании регулировочного винта клапана давление (нагрузка) повышается).

При испытаниях гидроцилиндра Ц1 рекомендуется провести три опыта (установить три уровня давлений по манометру МН11: 1, 2, 3 МПа). При установке тумблера Р5 в положение “ВКЛ2.” происходит обратный ход (втягивание) штока гидроцилиндра Ц1. Измерение давлений (по манометрам МН8 – МН11) осуществляется при выдвигании штока цилиндра Ц1 (нижний гидроцилиндр). Втягивание штока цилиндра Ц1 является холостым ходом. Для настройки желаемых режимов работы и приобретения необходимых навыков работы допускается многократное срабатывание цилиндра Ц1.

После выполнения всех опытов необходимо отключить питание электродвигателей М1 и М2.

2.8 Исследование характеристик объемного гидропривода с поступательным движением выходного звена

2.8.1 Цель работы:

- 1) Изучение устройства регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования);
- 2) Экспериментальное определение характеристик гидропривода.

2.8.2 Экспериментальная часть.

Включить рукоятку распределителя Р1 в положение – I (верхнее).

- Тумблер Р4 установить в положение “ВКЛ1.”, тумблер Р6 в положение “ВЫКЛ.”.

- Включить электродвигатель М2 и установить с помощью клапана КПЗ давление в поршневой полости гидроцилиндра Ц2 (по манометру МН5), равное 2 МПа.

- Включить электродвигатель М1 и при различных настройках регулятора расхода РР3 провести 5 – 6 опытов. При проведении каждого опыта тумблер Р5 переключать в положение “ВКЛ1.”. При этом шток нижнего цилиндра Ц1 будет выдвигаться, то есть будет происходить рабочий ход, в течение которого следует выполнить все необходимые измерения.

Втягивание штока цилиндра Ц1 (холостой ход) обеспечивается при установке Р5 в положение “ВКЛ2.”.

Первый опыт целесообразно начинать при минимальной скорости выдвигания штока цилиндра Ц1, что достигается поворотом маховика управления регулятором расхода РР3 против часовой стрелки.

Во время проведения каждого опыта необходимо измерять:

- давления по приборам МВ, МН7, МН10 и МН11;

- время выдвигания штока цилиндра Ц1 (для измерения времени необходимо тумблер SA5 переключить в положение “АВТ” и включить питание секундомера);

- мощность на входе электродвигателя М1 (по киловаттметру, 1 деление = 200 Вт);

Перед каждым измерением времени необходимо нажимать кнопку “Сброс” и сбрасывать показание электронного табло секундомера.

Используя время выдвигания штока и зная ход штока (200мм), можно вычислить скорость выдвигания штока гидроцилиндра Ц1. Нагрузку на штоке определяют, используя значения давлений, определенные по манометрам МН10 и МН11. Используя значения скорости и нагрузки, вычисляется полезная мощность на штоке цилиндра Ц1. Кроме того, вычисляется мощность, подводимая к гидроприводу (гидронасосу Н1), а затем определяется КПД гидропривода.

После выполнения всех опытов необходимо отключить питание электродвигателей М1 и М2.

2.9 Исследование характеристик объемного регулируемого гидропривода с вращательным движением выходного звена

2.9.1 Цель работы:

1) Изучение устройства объемного регулируемого гидропривода с вращательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования);

2) Экспериментальное определение характеристик гидропривода.

2.9.2 Экспериментальная часть.

- Включить рукоятку распределителя Р1 в положение – I (верхнее).
- Включить тумблер управления распределителем Р4 в положение “ВКЛ2.”, регулятор расхода РР2 настроить на максимальный расход, что достигается поворотом маховика по часовой стрелке.

- Уменьшить сопротивление регулируемого дросселя ДР4 (достигается поворотом маховика по часовой стрелке) и включить электродвигатель М1.

- Провести две серии опытов (при двух настройках регулятора расхода РР2, то есть при двух значениях частоты вращения вала гидромотора). Первая серия опытов проводится при максимально возможной частоте вращения вала гидромотора, а вторая серия опытов проводится при уменьшенной примерно в два раза частоте вращения.

- В каждой серии провести по 5 – 6 опытов. При переходе от одного опыта к другому необходимо увеличивать нагрузку на валу гидромотора (достигается путем увеличения сопротивления дросселя ДР4 поворотом маховика против часовой стрелки). Нагрузку на валу гидромотора следует изменять таким образом, чтобы избежать полного останова его вала.

В каждом опыте необходимо измерять:

- давления по приборам МВ, МН7, МН12, МН13 и МН14;

- частоту вращения n_m ;

- мощность, подводимую к электродвигателю М1 (по киловаттметру).

Для получения частоты вращения в об/с (c^{-1}) показание цифрового табло частотомера необходимо делить на 2.

После проведения экспериментов необходимо отключить питание электродвигателя М1.