

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Строительные и дорожные машины»

А.В. Вавилов
А.Н. Смоляк

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к лабораторным работам по дисциплине
«Гидравлика, гидромашины и гидропривод»
для студентов специальности 1-36 11 01
«Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование»

Минск 2004

УДК [621.22+621.28](076.5)

ББК 31.56я7

34.447я7

В 12

Рецензенты:

А.Н.Орда, М.Т.Насковец

Вавилов А.В.

В 12 Методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине «Гидравлика, гидромашин и гидропривод» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» /А.В. Вавилов, А.Н. Смоляк. – Мн.: БНТУ, 2004. – 24 с.

ISBN 985-479-085-1.

Методическое пособие включает работы по экспериментальному исследованию устройств объемных гидроприводов строительных машин. В пособии приведены необходимые теоретические сведения по определению конструктивных и эксплуатационных параметров гидромашин и гидроприводов, схемы и описание опытных установок, указывается порядок выполнения работ и обработки полученных экспериментальных данных.

Методическое пособие может быть рекомендовано для слушателей курсов повышения квалификации инженерно-технических работников, занимающихся вопросами эксплуатации и ремонта строительной техники, а также для студентов машиностроительных специальностей.

УДК [621.22+621.28](076.5)

ББК 31.56я7

34.447я7

ISBN 985-479-085-1

© Вавилов А.В., Смоляк А.Н.,
2004

В в е д е н и е

Строительное, дорожное и подъемно-транспортное машиностроение становится самым крупным потребителем гидросистем, так как гидропривод обеспечивает реализацию общих тенденций развития техники строительного комплекса: увеличение числа рабочих органов с независимым управлением и различным потреблением мощности.

Гидравлические приводы и средства гидроавтоматики широко применяются в строительных машинах, таких как автогрейдеры, погрузчики, скреперы, бульдозеры, краны, катки, асфальтоукладчики и др. Необходимость использования гидропривода в данном случае обусловлена простотой и удобством управления, возможностью применения стандартных узлов и элементов, бесступенчатым регулированием в большом диапазоне скоростей, независимым расположением узлов привода, надежным предохранением привода от перегрузок, сравнительно малым весом и размерами, а также простотой реверсирования и взаимного преобразования вращательного и поступательного движения приводных и исполнительных механизмов. Следящий гидропривод, например, в экскаваторах, автогрейдерах, бульдозерах позволяет, кроме того, резко увеличить эффективность при проведении планировочных работ, так как в этом случае исключаются дорогостоящие ручные операции.

Применение объемного гидропривода в ходовом оборудовании строительных машин дает неограниченные возможности их компоновки, обеспечивает получение принципиально новых свойств машин, снижение их массы и себестоимости при увеличении производительности.

Методическое пособие включает работы по разделам дисциплины «Гидравлика, гидромашин и гидропривод» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», предназначено для обучения студентов методам проведения экспериментального исследования рабочих характеристик гидромашин и гид-

роприводов строительной техники, а также для закрепления знаний теоретического материала по вопросам курса.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРОВ

Оборудование

1. Лабораторный стенд для испытания устройств и гидромашин объемных гидроприводов.
2. Гидроусилитель рулевого управления трактора МТЗ.
3. Динамический руль.

Задание

1. Изучить общее устройство и работу лабораторного стенда для испытания устройств объемных гидроприводов.
2. Изучить устройство и принцип работы гидроусилителя рулевого управления трактора МТЗ.
3. Вычертить принципиальную гидравлическую схему лабораторного стенда и описать его устройство и работу.
4. Вычертить принципиальную схему гидроусилителя рулевого управления трактора МТЗ, описать его устройство и работу.
5. Определить технико-эксплуатационные характеристики гидроусилителя рулевого управления: усилие, прилагаемое к рулевому колесу при различной нагрузке, величину свободного хода рулевого колеса, давление срабатывания предохранительного клапана.
6. Построить график зависимости усилия, прилагаемого к рулевому колесу, от нагрузки.

Устройство и работа лабораторного стенда для испытаний устройств объемных гидроприводов

Лабораторный стенд (рис. 1.1) состоит из сварной рамы, на которой закреплена облицовка, установлены бак с рабочей жидкостью 1, плита 29, ванна 28, электродвигатель 20 с насосом 8, гидроцилиндр нагрузочного устройства 25, контрольно-регулирующая и измерительная аппаратура. Установочная плита 29 служит для установки испытываемых гидроусилителей, которые фиксируются на ней с помощью зажимов 30. Ванна 28 оборудована штуцером 11 слива рабочей жидкости в бак и сетчатым фильтром 12. Во всасывающей магистрали шестеренного насоса 8 установлен трехходовой кран 9. На боковой панели стенда расположены штуцера для подключения испытуемого гидрооборудования: 6 – штуцер подачи рабочей жидкости от насоса к гидроусилителю; 10 – штуцер гидролинии всасывания насоса; 21 – штуцер подвода к нагрузочному устройству; 22 – сливной штуцер нагрузочного устройства. На панели приборов установлены: манометр высокого давления 3, манометр низкого давления 4, манометр нагрузочного устройства 26, дистанционный термометр 13. В гидросистеме стенда имеется контрольно-регулирующая аппаратура: предохранительный клапан 2, редукционный клапан 23, напорный золотник 24, клапан отключения манометра низкого давления 5.

Динамический руль 14 для определения усилия и величины свободного хода испытуемого гидроусилителя крепится на стойке 27, а через карданные валики и редуктор 18 соединяется с испытуемым гидроусилителем руля. Нагрузочное устройство состоит из гидроцилиндра 25, шток которого соединен с рейкой и шестерней, переключателя полостей гидроцилиндра, двух напорных золотников 24, редукционного клапана 23 и манометра 26.

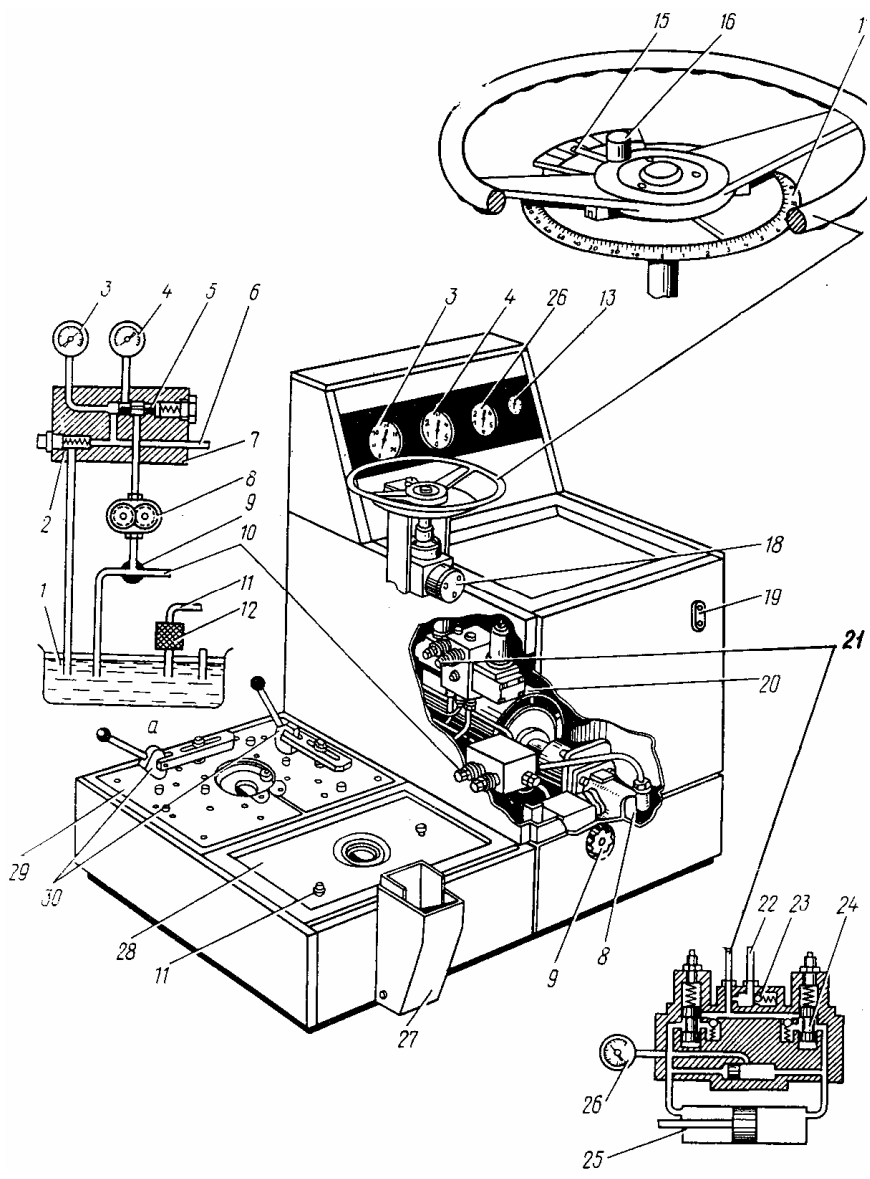


Рис. 1.1. Лабораторный стенд для испытания устройств объемных гидроприводов

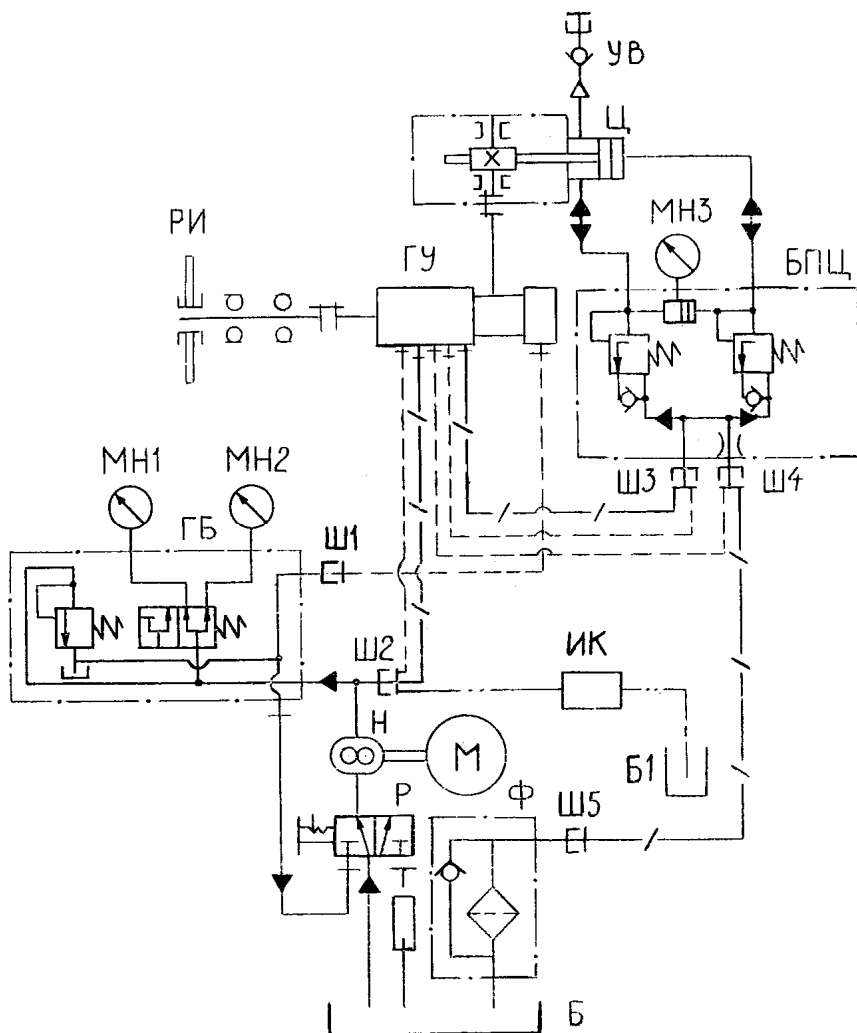


Рис. 1.2. Принципиальная гидравлическая схема лабораторного стенда:
 МН1, МН2, МН3 – манометры; БПЦ – блок полостей цилиндра;
 ГБ – гидравлический блок; Ц – цилиндр; Р – кран двухпозиционный;
 УВ – устройство воздушное; Ф – фильтр; Б – бак; Н – насос;
 М – электродвигатель; Б1 – мензурка; ГУ – испытуемый гидроусилитель;
 РИ – измерительный руль; ИК – испытуемый золотниковый клапан
 (распределитель); Ш1...Ш5 – штуцера; Т- дистанционный термометр.

Запуск стенда осуществляется при помощи кнопки пускателя 19. Насосом 8 создается и поддерживается давление, а гидроцилиндром – необходимая нагрузка.

Свободный ход рулевого колеса (не более 50°) определяют по стрелке на шкале 17 люфтомера при фиксированном положении вала сошки руля при усилии 45...50 Н (без нагрузки). Усилие, прилагаемое к рулевому колесу (измеряемое по шкале усилий 15 динамического устройства), и его свободный ход проверяют при поднятом фиксаторе 16.

Давление срабатывания предохранительного клапана при нагруженном гидроусилителе определяется при прогретой рабочей жидкости ($t^{\circ} = 45...55^{\circ}\text{C}$) путем поворота колеса в крайнее положение. При снятой нагрузке в гидросистеме давление должно находиться в пределах 0,3...0,5 МПа.

Вал должен поворачиваться без толчков и вибраций, подтекание рабочей жидкости не допускается.

Принципиальная гидравлическая схема стенда приведена на рис. 1.2.

Назначение, устройство и принцип работы гидроусилителей рулевого управления тракторов МТЗ

Для уменьшения среднего усилия на рулевом колесе до 30 Н и продолжительности поворота в мобильных машинах применяются гидрообъемные рулевые приводы – гидроусилители. Данный гидравлический привод позволяет расположить рулевое колесо наиболее удобно с точки зрения эргономики. Кроме того, обеспечивается возможность автоматизации управления строительной машиной. На тракторах МТЗ применен гидроусилитель с механической обратной связью.

Принципиальная схема гидроусилителя рулевого управления тракторов МТЗ представлена на рис. 1.3.

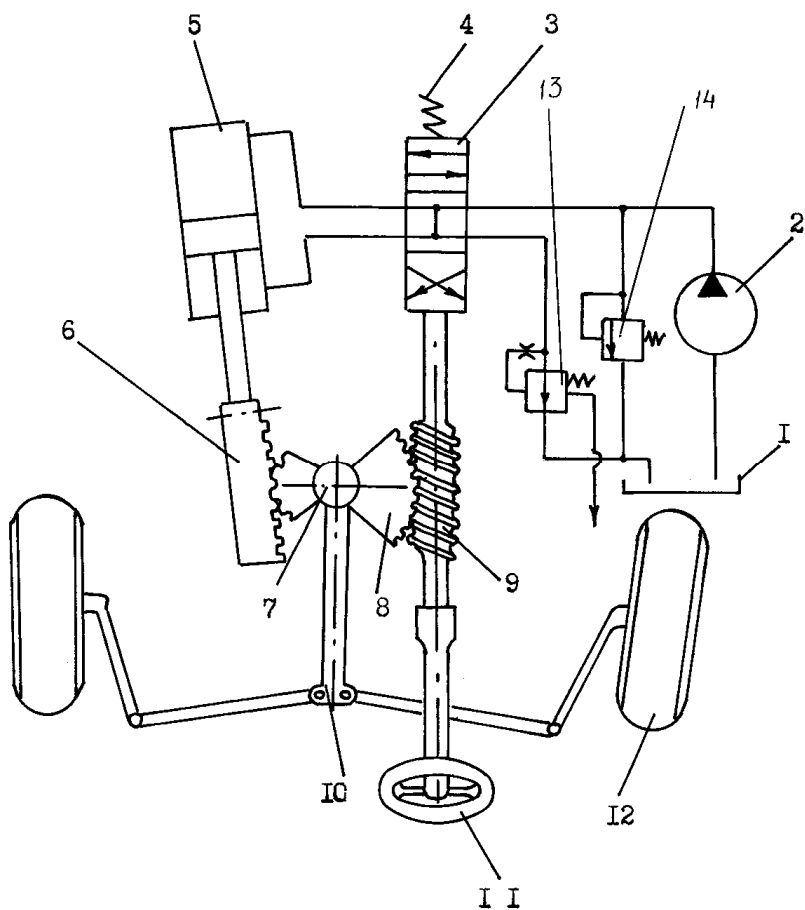


Рис. 1.3. Принципиальная схема гидроусилителя рулевого управления трактора МТЗ

В верхней части корпуса гидроусилителя установлены два зубчатых сектора 8, закрепленных на поворотном валу 7 и входящих в зацепление с двухзаходным червяком 9 и зубчатой рейкой 6. Хвостовик червяка жестко связан с золотником дросселирующего гидрораспределителя 3, а зубчатая рейка связана со штоком силового гидроцилиндра 5. Бак 1 выполнен в корпусе гидроусилителя, на котором установлен шестерен-

ный насос 2 марки НШ10Е-Л. В одном блоке с гидрораспределителем помещены предохранительный клапан 14 и напорный клапан 13, поддерживающий давление жидкости 0,8 МПа на входе в датчик механизма блокировки дифференциала. Пружины 4 создают определенное сопротивление передвижению червяка и удерживают золотник в нейтральном положении при отсутствии нагрузки на гидроусилитель.

При работающем двигателе насос всасывает рабочую жидкость из бака (корпуса гидроусилителя) и подает ее в корпус распределителя через клапанную коробку. Дальнейший путь жидкости зависит от положения золотника 3 в корпусе распределителя. Золотник при этом может быть установлен в три положения: нейтральное и два рабочих.

При нейтральном положении золотника рабочая жидкость, поступающая от насоса, проходит в обе полости гидроцилиндра и одновременно сливается через переливной клапан 13 в бак. Поэтому при нейтральном положении золотника поршень в силовом цилиндре 5 может свободно перемещаться и не препятствует возвращению рулевого колеса 11 в нейтральное положение под действием стабилизирующего момента. Если при повороте рулевого колеса 11 осевая составляющая усилия на червяке превышает усилие пружин 4, золотник 3 сдвигается и устанавливается в одно из рабочих положений, обеспечивая подачу жидкости в штоковую или бесштоковую полость силового цилиндра. При этом усилие на поворотном валу 7, создаваемое силовым цилиндром для поворота рулевой сошки 10 механизма поворота колес 12, в несколько раз превышает усилие, прикладываемое водителем через червяк к тому же валу.

После поворота рулевого колеса золотник 3 под действием пружин 4 устанавливается в нейтральное положение. Рабочая жидкость от насоса поступает в корпус (бак) гидроусилителя. Давление жидкости в трубопроводе, идущем к золотнику блокировки дифференциала трактора, создается клапаном 13 (0,8 МПа). Максимальное давление масла в системе гидроусилителя ограничивается предохранительным клапаном 14.

Порядок выполнения работы

1. Включите электродвигатель, заполните бак гидроусилителя до эксплуатационного уровня, переключите кран в положение «МТЗ».
2. Движением на себя до упора выведите валиком рейку грузочного устройства из зацепления.
3. Вращайте руль в обе стороны до упора и по шкале измерения момента определите момент на рулевом колесе и неработающем насосе.
4. То же самое выполните при работающем насосе.
5. Движением от себя введите рейку в зацепление. При равномерном вращении руля вправо, а затем влево, по манометру МН2 зафиксируйте повышение давления в гидроусилителе до $4,5 \pm 5$ МПа. Запишите показания манометров, определяющих давления в штоковой и бесштоковой полостях силового гидроцилиндра.
6. По шкале измерения момента определите момент.
7. Давление масла на входе в гидроусилитель определите при нейтральном положении золотника по манометру.
8. Определите свободный ход рулевого колеса.
9. Для проверки срабатывания предохранительного клапана необходимо повернуть руль до упора влево или вправо. Удерживая руль в этом положении, снять показания по манометру МН2.

Меры безопасности

1. Стенд должен быть надежно заземлен.
2. Запрещается включение стенда без разрешения преподавателя
3. Запрещается производить любые работы, связанные с обслуживанием и ремонтом стенда, при включенном напряжении.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА

Оборудование

1. Лабораторный стенд.
2. Диагностический прибор КИ-1097-І для определения характеристик насоса.

Задание

1. Изучить устройство и работу диагностического прибора КИ-109-І для определения характеристик насоса.
2. Вычертить принципиальную схему экспериментальной установки для определения характеристик шестеренного насоса.
3. Определить объемный КПД шестеренного насоса.
4. Построить графики зависимостей расхода и объемного КПД насоса от давления на выходе.

Устройство и работа диагностического прибора КИ-1097-І для определения характеристик насоса

Прибор КИ-1097-І применяют с целью проверки гидросистем тракторов и строительных машин. Он позволяет определять подачу насоса, а также проверять и настраивать давление предохранительного клапана и автомата возврата золотника. Прибор состоит из корпуса 1 (рис. 2.1), рукоятки 6 дросселя с лимбом 7 и шкалой расхода, демпферного устройства и манометра 11. Рукоятка 6 дросселя соединена стержнем 5 с плунжером 3 и лимбом 7.

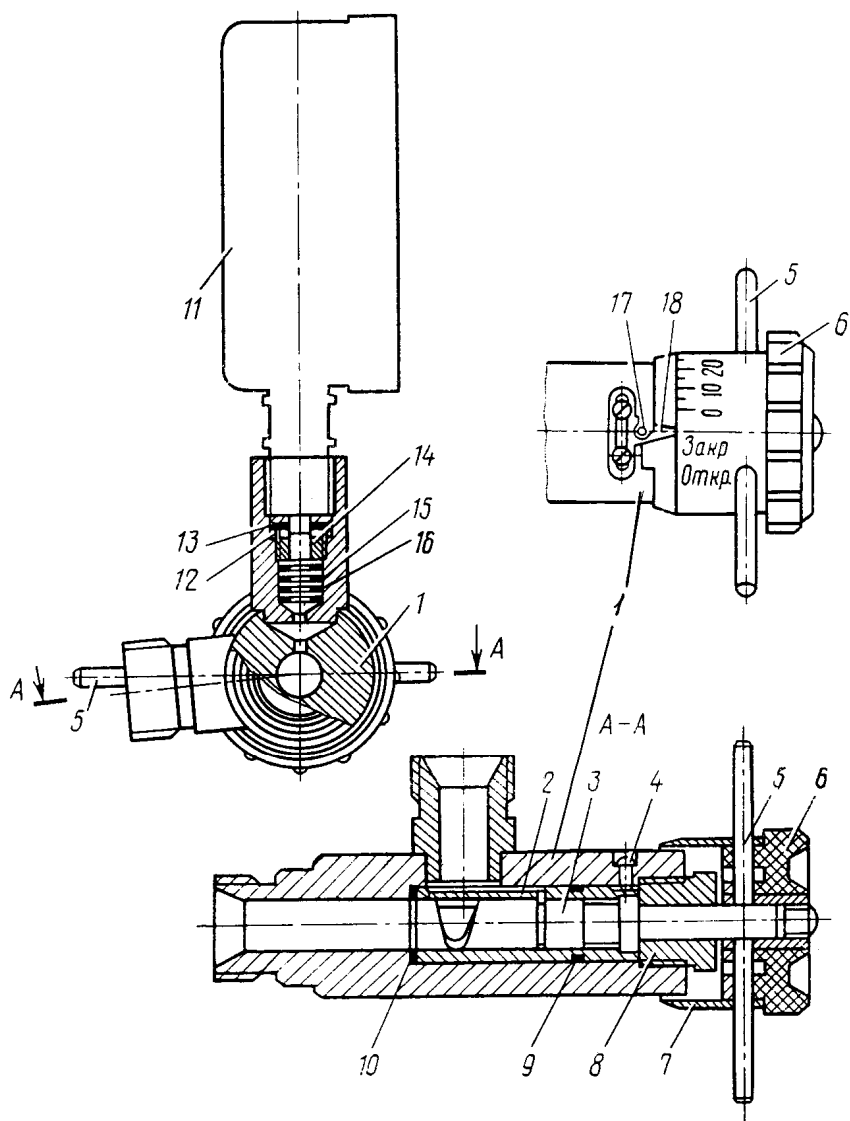


Рис. 2.1. Схема диагностического прибора КИ-1097-І:
 1 – корпус; 2 – гильза; 3 – плунжер; 4 – установочный винт; 5 – стержень;
 6 – рукоятка дроселя; 7 – лимб; 8 – упорная гайка; 9, 10, 12, 13 – уплотнительные прокладки; 11 – манометр; 14 – специальная гайка; 15 – шайба демпфера;
 16 – пластина демпфера; 17 – ограничитель; 18 – стрелка-указатель

Принцип работы основан на том, что при давлении 10 МПа и температуре 50 °С расход жидкости, который находят по делениям лимба (0...90 л/мин), соответствует определенному значению площади проходного сечения щели дросселя для жидкостей вязкостью 48...80·10⁻⁶ м²/с. При давлении 5 и 4 МПа применяют поправочные коэффициенты соответственно 0,707 и 0,63.

Описание экспериментальной установки

Описание устройства лабораторной установки приведено в лабораторной работе № 1. Напорную магистраль испытываемого шестеренного насоса 8 (см. рис. 1.1, 1.2) подключают с помощью трубопроводов со штуцерами к диагностическому прибору КИ-1097-І. Выходной патрубком диагностического прибора соединяют с баком стенда.

Порядок выполнения работы

1. Подключить прибор КИ-1097-І к нагнетательному трубопроводу шестеренного насоса при помощи рукавов давления и штуцеров.

2. Расположить метку «открыто» диагностического прибора против стрелки корпуса.

3. Включить двигатель, прогреть рабочую жидкость до 50 °С и установить номинальную частоту вращения – 1430 об/мин.

4. Поворачивая рукоятку прибора в направлении закрытия, произвести 5-6 измерений подачи и давления шестеренного насоса при номинальной частоте вращения его вала.

Обработка экспериментальных данных

1. Определяется рабочий объем шестеренного насоса по формуле

$$V_0 = 7 m^2 z b, \quad (2.1)$$

где m – модуль зацепления шестерен насоса;
 z – число зубьев шестерен;
 b – ширина шестерен.

2. Средняя секундная теоретическая (геометрическая) подача насоса определяется по зависимости

$$Q_T = V_0 n / 60, \quad (2.2)$$

где n – частота вращения ведущей шестерни, об/мин.

3. Для измерения расхода рабочих жидкостей, проходящих через диагностический прибор, при давлениях, меньших или больших 10 МПа, необходимо пересчитать показания прибора по формуле

$$Q_{\Pi} = 0,316 Q_{\text{ш}} \sqrt{P}, \quad (2.3)$$

где Q_{Π} – действительный расход через прибор;

$Q_{\text{ш}}$ – расход по шкале (л/мин);

P – давление, при котором проверяли производительность насоса (МПа).

4. Средняя подача насоса с учетом утечек через неплотности рабочих камер, неполного заполнения их жидкостью во всасывающем пространстве и сжатия жидкости в рабочей камере при соединении ее с областью высокого давления определяется по формуле

$$Q_c = Q_{\Pi} - \Delta Q, \quad (2.4)$$

где Q_{Π} – расход рабочей жидкости измеряемый с помощью диагностического прибора;

ΔQ – уменьшение объема жидкости в результате ее компрессии.

Уменьшение объема можно определить расчетным путем:

$$\Delta Q = Q_{\Pi} P / E, \quad (2.5)$$

где E – среднее значение модуля упругости жидкости в пределах изменения давления насоса P при его испытании (E опре-

деляется по справочнику). Величиной ΔQ можно пренебречь, если рабочее давление насоса не превышает 1,5...2 МПа.

5. Объемный КПД насоса определяют как отношение средней подачи Q_c к теоретической Q_T :

$$\eta_0 = Q_c / Q_T. \quad (2.6)$$

6. По полученным данным строятся графики $Q_c = f(P)$ и $\eta_0 = f(P)$, которые и представляют собой характеристики шестеренного насоса.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА

Оборудование

1. Лабораторный стенд для испытаний объемных гидромашин.
2. Диагностические приборы КИ-1097-1.
3. Объемный делитель потока.

Задание

1. Изучить устройство и принцип работы лабораторной установки.
2. Вычертить принципиальную схему экспериментальной установки для испытания объемного делителя потока.
3. Определить погрешность деления объемного делителя потока при различных расходах и давлениях в рабочих ветвях.
4. Построить графики зависимостей:
 - давления на входе объемного делителя потока от давления в его рабочих ветвях при различном расходе рабочей жидкости;
 - расхода в рабочих ветвях делителя от изменения давления в них.

Описание экспериментальной установки для испытания объемного делителя потока

Экспериментальная установка для испытания объемного делителя потока базируется на стендовом оборудовании, схема и принцип работы которого приведены в лабораторных работах № 1, 2 данного методического пособия (см. рис. 1.1, 1.2).

Испытываемый объемный делитель потока посредством входного трубопровода подключен к шестеренному насосу 8 стенда – НШ-10Л, связанному всасывающим трубопроводом с баком 1. Привод насоса осуществлен посредством стендового электродвигателя. Рабочие гидролинии объемного делителя подключены к диагностическим приборам КИ-1097-1 с возможностью контроля давления посредством их манометров на выходе и манометров 3 и 4 на входе делителя. Измеряемый расход, подводимый к делителю, контролируется с помощью счетчика рабочей жидкости, температура рабочей жидкости – с помощью дистанционного термометра 13.

Гидравлическая схема экспериментальной установки приведена на рис. 3.1. Рабочая жидкость от насоса 1 подается на вход объемного делителя потока 9 через дроссель 21. При полном открытии дросселя 21 отдельные потоки от объемного делителя поступают через дроссели 10 и 13, расходомеры 7 и 14, фильтры 3 и 19 в бак 20. Давление на выходах $\partial 1$ и $\partial 2$ делителя потока поддерживается соответственно дросселями 10, 13 и определяется с помощью манометров 11, 12; расход жидкости измеряется расходомерами 7, 14; температура жидкости контролируется с помощью дистанционного термометра 15. Расход на входе в делитель изменяется с помощью дросселя 5, давление, создаваемое насосом, контролируется манометром 18.

Перед испытаниями необходимо получить зависимость подачи насоса от площади проходного сечения S_i регулируемого дросселя 5 и давления на выходе P_n при номинальной частоте вращения его вала. Экспериментальные данные рассматриваемой зависимости оформить в виде таблицы – табл. 3.1.

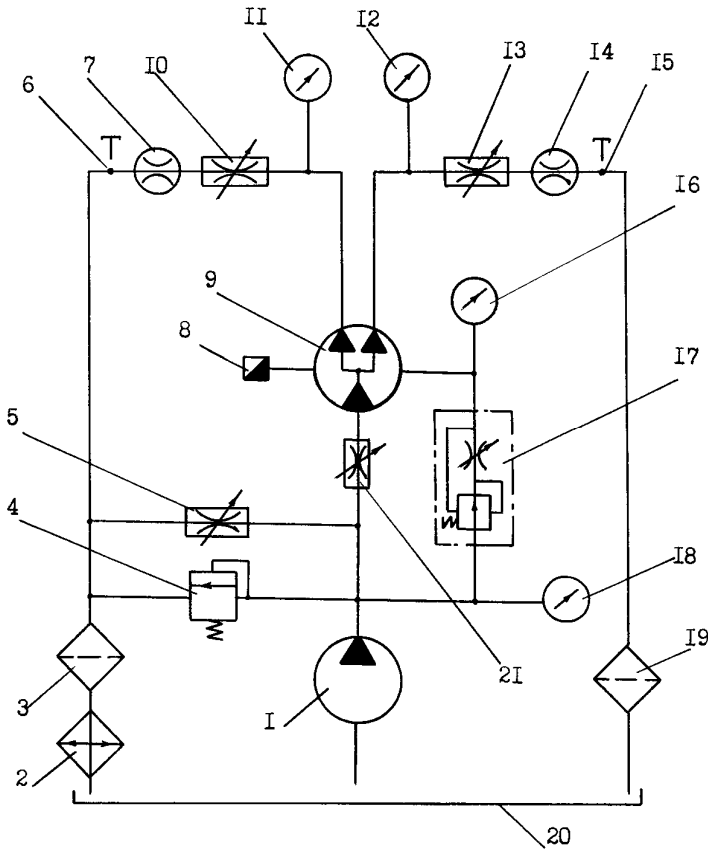


Рис. 3.1. Экспериментальная установка для испытаний объемного делителя потока

Т а б л и ц а 3.1

S_i , мм ²	Подача $Q_{нв}$, л/мин					
	$P_{н}=1$ МПа	$P_{н}=2$ МПа	$P_{н}=5$ МПа	$P_{н}=8$ МПа	$P_{н}=10$ МПа	$P_{н}=15$ МПа
$S_1=$						
$S_2=$						
$S_3=$						
$S_4=$						

По результатам экспериментальных данных строится зависимость расходов Q_{o1} и Q_{o2} в рабочих ветвях $d1$ и $d2$ делителя

потока от изменения давления на выходе $P_{\partial 1}$, при постоянном давлении $P_{\partial 2}$ и при различных расходах на входе в делитель (соответствующих проходному сечению $S_1 \dots S_7$).

Относительная погрешность деления потока $\varepsilon_{\text{отн}}$ теоретически определяется по формуле

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{отн}} &= \frac{2(Q_{\partial 1} - Q_{\partial 2})}{Q_n} 100\% = \\ &= \frac{2k_{n-y}(P_{\partial 1} - P_{\partial 2}) + 2V_o\beta_{\text{ж}} \frac{d(P_{\partial 1} - P_{\partial 2})}{dt}}{k_n \gamma \omega_D} 100\%. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Исходя из очень малого значения второго слагаемого в числителе принимаем

$$2V_o\beta_{\text{ж}} \frac{d(P_{\partial 1} - P_{\partial 2})}{dt} \approx 0.$$

Относительная погрешность деления потока $\varepsilon_{\text{отн}}$ определяется зависимостью

$$\varepsilon_{\text{отн}} = \frac{2k_{n-y}(P_{\partial 1} - P_{\partial 2})}{Q_n}. \quad (3.2)$$

Значения относительной погрешности деления потока при перепаде давления в рабочих ветвях делителя от 0 до 15 МПа оформляются в виде табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2

Расход на входе делителя потока Q_n , л/мин	Относительная погрешность деления объемного делителя потока $\varepsilon_{\text{отн}}$, %

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ОБЪЕМНОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА

Оборудование

1. Лабораторный стенд.
2. Делитель потока.
3. Расходомеры.

Задание

Определить чувствительность диагностического параметра делителя потока.

Методические указания к выполнению задания

Задача выбора диагностических параметров возникает, как правило, на стадии проектирования, когда известен объект и необходимо решить, по каким параметрам целесообразно оценивать изменение его состояния в эксплуатации.

При испытании определим расход жидкости в делителе потока в зависимости от изменения давления в гидросистеме.

Расход жидкости q_i (параметр технического состояния системы) пусть изменяется от q_{i_1} до q_{i_2} в интервале значений P_{i_1} , P_{i_2} . Диагностический параметр S_i , характеризующий техническое состояние системы, при этом изменяется в интервале S_{H_i} , S_{K_i} (S_{H_i} и S_{K_i} – начальные и конечные значения диагностического параметра).

Чувствительность диагностического параметра характеризуется соотношением:

$$r = \frac{\left| q_{i_1} - q_{i_2} \right|}{\left| P_{i_1} - P_{i_2} \right|} = \frac{\Delta q}{\Delta P}. \quad (4.1)$$

Чем больше соотношение $\frac{\Delta q}{\Delta P}$, тем более чувствителен диагностический параметр, т. е. тем больше изменение сигнала $S_i(q_i)$ соответствует единице изменения параметра P_i . В общем виде для непрерывных величин показатель чувствительности диагностического параметра можно представить следующим образом:

$$r = \frac{dS}{dX} = \frac{dq}{dP}.$$

В качестве количественного показателя чувствительности диагностического параметра часто используют относительную величину

$$\Delta S = \left| \frac{S_{K_i} - S_{H_i}}{S_{H_i}} \right| = \left| \frac{q_{i_2}}{P_{i_2}} - 1 \right|. \quad (4.2)$$

Между изменением параметра технического состояния и изменением соответствующих диагностических параметров должно быть строгое однозначное соответствие. Монотонному возрастанию (или убыванию) параметра технического состояния системы должно соответствовать монотонное изменение (возрастание или убывание) диагностического параметра без перегибов и разрывов функции $S = f(X)$. При этом необязательно, чтобы величина S возрастала с увеличением X . Зависимость $S = f(X)$ может быть и обратной.

Поскольку диагностический параметр является случайной величиной, его значения имеют определенный разброс отклонения от среднего статистического значения. Величина разброса значений или стабильность диагностического параметра может быть охарактеризована дисперсией или коэффициентом вариации.

На основании опытов и результатов расчетов дается анализ и делаются выводы.

Л и т е р а т у р а

1. Автомобильные дороги Беларуси: Энциклопедия / Коллектив авторов; Под общ. ред. А.В.Минина. – Мн.: БелЭн, 2002. – 672 с.: ил.
2. Башта Т.М. Гидропривод и гидроавтоматика. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
3. Башта Т.М. Объемные насосы и гидродвигатели гидросистем. – М.: Машиностроение, 1974. – 606 с.
4. Беркман И.Л., Буланов А.А. Одноковшовые экскаваторы и самоходные краны с гидравлическим приводом. – М.: Машиностроение, 1971. – 304 с.
5. Бим-Бид Б.М., Кабанов М.Г., Прокофьев В.Н. Атлас конструкций гидромашин и гидропередат: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1990. – 136 с.
6. Вавилов А.В., Смоляк А.Н. Совершенствование гидропривода малогабаритных универсальных машин // Диагностика эксплуатационного состояния автомобильных дорог, новые технологии их ремонта и содержания: Доклады междунар. науч.-техн. конф. – Мн., 1998. – С.13-18.
7. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 301 с.
8. Гидравлическое оборудование для гидроприводов строительных, дорожных и коммунальных машин: Каталог-справочник ЦНИИТЭ строймаш / Под. ред. Н.К.Гречина. – М., 1978. – 480 с.
9. Богдан Н.В., Кишкевич П.Н., Шевченко В.С. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмосистем: Учеб. пособие / Под ред. Н.В.Богдана. – Мн.: Ураджай, 2001. – 396 с.: ил.
10. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмомашин и передачи: Учеб. пособие для вузов / А.Ф.Андреев, Л.В.Баргашевич, Н.В.Богдан и др.; Под ред. В.В. Гуськова. – Мн.: Выш. школа, 1987. – 310 с.

11. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник для строит. спец. вузов и инж.-техн. работников. – М.: Высш. школа, 1991. – 456 с.

12. Дорожно-строительные машины: Учеб. пособие для вузов / А.В.Вавилов, И.И.Леонович, А.Н.Максименко и др.; Под ред. А.В.Вавилова. – Мн.: Технопринт, 2000. – 515 с.

13. Смоляк А.Н. К совершенствованию гидроприводов рулевого управления пневмоколесных машин в дорожном строительстве // Технические вузы – республике: Материалы междунар. 52-й науч.-техн. конф. / БГПА. – Мн., 1997. – Ч.3. – С. 178.

С о д е р ж а н и е

В в е д е н и е.....	3
Ла б о р а т о р н а я р а б о т а № 1 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРОВ.....	4
Ла б о р а т о р н а я р а б о т а № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА.....	12
Ла б о р а т о р н а я р а б о т а № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА.....	16
Ла б о р а т о р н а я р а б о т а № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ОБЪЕМНОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА.....	20
Л и т е р а т у р а.....	22

Учебное издание

ВАВИЛОВ Антон Владимирович
СМОЛЯК Анна Николаевна

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к лабораторным работам по дисциплине
«Гидравлика, гидромашины и гидропривод»
для студентов специальности 1-36 11 01
«Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование»

Редактор Т.Н.Микулик. Корректор М.П.Антонова
Компьютерная верстка Л.М.Чернышевич

Подписано в печать 22.04.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 100. Заказ 826.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ №155 от 30.01.2003. 220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.