

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод»

**ЧИСТОТА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ И МАСЕЛ.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЧИСТОТЫ
РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
«Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем»
для студентов специальности
1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин»

Минск 2006

УДК 621.892(076.5)

ББК 30.82я7

Ч 68

Составители:

И.А. Веренич, Д.Л. Жилиянин, М.А. Тини

Рецензенты:

Л.А. Глазков, Г.П. Грибко

В методических указаниях рассмотрены общие вопросы загрязненности и фильтрации рабочих жидкостей и масел, приведены типовые схемы включения фильтров и изложены современные методы оценки загрязненности масел. Приведены схема и описание лабораторной установки для определения класса чистоты рабочей жидкости гранулометрическим методом согласно ГОСТ 17216-2001, методика проведения работы, требования к содержанию отчета и вопросы для самоконтроля. Методические указания являются дополнением к лабораторным работам (практикуму) по дисциплине «Рабочие жидкости, смазки и уплотнения». Мн., БНТУ, 2002.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторной работы каждый студент обязан строго выполнять следующие правила техники безопасности:

1. Включение лабораторной установки и прибора ПКЖ-902 в электросеть производить только в присутствии преподавателя (лаборанта).

2. При обнаружении неисправностей приборов необходимо немедленно прекратить работу и доложить об этом преподавателю или лаборанту.

3. В случае перерыва рабочий прибор должен отключаться от источника электропитания.

4. Устранять обнаруженные неисправности под наблюдением руководителя занятий.

5. Запрещается бесцельно крутить ручки управления прибором.

6. По окончании работы обесточить потребители тока, выключить тумблеры электроприборов.

7. Категорически запрещается:

- пользоваться неисправными приборами и инструментом;
- оставлять без присмотра включенный прибор ПКЖ-902 и насос;
- выполнять на работающей установке замену масла или фильтра.

8. В случае травмы немедленно выключить прибор (установку), при необходимости вызвать врача и до его прихода оказывать помощь пострадавшему.

Лабораторная работа

Цель работы:

- 1) изучить требования к чистоте рабочих жидкостей, методы оценки степени загрязненности жидкости и схемы установки фильтров в гидросистемах;
- 2) изучить устройство и принцип действия установки для определения класса чистоты рабочей жидкости;
- 3) определить класс чистоты и индекс загрязненности рабочей жидкости.

Общие сведения

При соблюдении требований к чистоте гидросистемы удается повысить её надежность и уменьшить эксплуатационные расходы в среднем на 50%. Повышение тонкости фильтрации рабочей жидкости (РЖ) в гидросистеме с 25 до 5 мкм увеличивает ресурс насосов в 10 раз и гидроаппаратуры в 5–7 раз. Однако очистка обеспечивает наибольший эффект лишь при соблюдении требований по типам применяемых масел, правилам их хранения и транспортирования, качеству очистки и герметизации гидросистем, регламентам их эксплуатации [1].

Для предварительной оценки степени загрязненности может применяться метод, при котором на белую бумагу с хорошим влагопоглощением наносится несколько капель масла из работающего гидропривода. При свежем масле образуется светлое желтое пятно, а по мере загрязнения цвет пятна становится более темным, причем на бумаге хорошо видны частицы грязи. Содержание воды может оцениваться по результатам кипячения пробы (если мутное масло становится прозрачным, значит, имеется вода и использование масла недопустимо). Для количественной оценки степени загрязненности в настоящее время существует большое количество приборов, в том числе портативных.

В процессе эксплуатации гидропривода *фильтры* обеспечивают необходимую чистоту масла, работая в режимах полнопоточной (рис. 1 а–в) или пропорциональной (рис. 1 г–ж) фильтрации во

всасывающей, напорной или сливной линиях гидросистемы. Фильтры могут оснащаться средствами визуальной или электрической индикации загрязненности, а также перепускным клапаном. Наличие последнего позволяет защитить фильтроэлемент от разрушения, однако часто приводит к опасному заблуждению – уверенности эксплуатационников в чистоте гидросистемы, в то время как фильтр практически не работает. Поскольку фильтр эффективно защищает лишь элемент гидросистемы, установленный непосредственно после него (остальные элементы защищены частично), схемы фильтрации обычно содержат комбинацию фильтров, установленных на разных линиях гидросистемы: всасывающей и напорной (рис. 1 з); всасывающей и сливной (рис. 1 и); напорной и сливной (рис. 1 к); всасывающей, напорной и сливной (рис. 1 л).

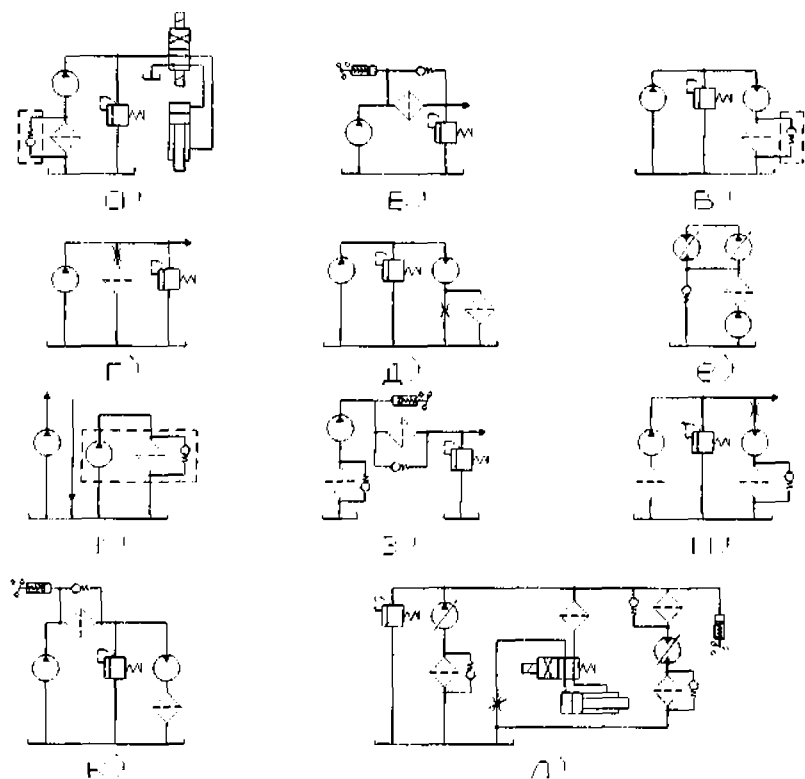


Рис. 1. Схемы установки фильтров в гидросистемах

При выборе типа фильтра и места его установки следует учитывать, что приемные (всасывающие) фильтры ухудшают всасывающую способность насосов, поэтому их тонкость фильтрации обычно составляет 80...160 мкм (грубая очистка). Всю гидросистему (за исключением насоса) защищают напорные фильтры, однако они отличаются повышенной материалоемкостью, а следовательно, стоимостью. Сливные фильтры исключают возможность попадания загрязнений (в том числе продуктов износа гидроагрегатов) в бак и во многих случаях являются предпочтительными. Для высоконадежной защиты наиболее ответственных узлов гидропривода (например, дросселирующих гидрораспределителей) непосредственно перед ними устанавливаются напорные фильтры без перепускного клапана с фильтроэлементом, выдерживающим полный перепад давлений. Рекомендуемая пропускная способность полнопоточных напорных и сливных фильтров не менее 1/3 объема гидробака в мин, когда через фильтр может проходить дополнительный поток РЖ (из аккумулятора, при работе дифференциального цилиндра и т.п.), пропускная способность должна соответственно увеличиваться. Впрочем, в пределах имеющегося для размещения фильтра рабочего пространства всегда лучше устанавливать фильтр с запасом по пропускной способности и грязеемкости.

Следует отметить, что чистота гидросистемы прямо связана с ее герметичностью, поскольку замена или доливка РЖ всегда сопровождается внесением дополнительных загрязнений. Установлено, что в состоянии поставки РЖ (даже лучших инофирм) имеет класс чистоты не выше 12 по ГОСТ 17216-2001 или 17/16 по ИСО 4406, поэтому в процессе заправки гидросистем рекомендуется использовать специальные агрегаты обслуживания, обеспечивающие тонкую очистку заливаемой РЖ; возможна также заправка через сливной фильтр или фильтр байпасного контура. В процессе эксплуатации гидросистем периодически проверяют чистоту РЖ с помощью счетчиков частиц загрязнений. При этом проба берется обычно из сливной линии перед фильтром во время работы гидросистемы или сразу после ее выключения с целью обеспечения необходимого уровня перемешивания жидкости.

Для фильтроэлементов, изготовленных из материалов с неупорядоченной структурой (бумаги, стекловолокна и др.), применяют три оценочных критерия: коэффициент эффективности фильтрования β_n ,

перепад давлений Δp и грязеемкость. Коэффициент β_x характеризует отношение числа частиц определенного размера x в пробе РЖ перед фильтром и после него.

β_x	1	2	5	10	20	75	100	200	1000	5000
Уровень очистки, %	0	50	80	90	95	98,7	99	99,5	99,98	99,99

При $\beta_x = 2$ фильтр задерживает 50% частиц размером x . Такую тонкость фильтрации принято считать номинальной. При $\beta_x \geq 75$ имеем абсолютную тонкость фильтрации.

Перепад давлений Δp характеризует гидравлическое сопротивление фильтра и складывается из сопротивления корпуса и фильтроэлемента. Последняя составляющая (основная) прямо пропорциональна потоку РЖ и ее вязкости и обратно пропорциональна площади фильтрующей поверхности и коэффициенту удельной пропускной способности, характеризующему пористость фильтроматериала. Фильтроэлементы обладают достаточной прочностью; их разрушающее давление всегда выше давления срабатывания перепускного клапана. Специальные исполнения напорных фильтров для сервотехники способны выдерживать $\Delta p = 21$ МПа. Грязеемкость определяет время работы фильтроэлемента до его очистки или замены.

Требованиями к чистоте РЖ устанавливается либо тонкость фильтрации, либо класс чистоты. В соответствии с ГОСТ 17216-2001 установлены 19 классов чистоты (табл. 1).

По стандарту ИСО 4406 в 1 см³ пробы РЖ определяется количество загрязняющих частиц размером свыше 5 и свыше 15 мкм, после чего по табл. 2 определяются коды (классификационные числа), которые в виде дроби (в числителе код для частиц более 5 мкм; в знаменателе более 15 мкм) указываются в классе чистоты по ИСО (по новой версии ИСО устанавливаются размерные группы частиц больше или равными 4, больше или равными 6 и больше или равными 14 мкм, а в обозначении класса чистоты последовательно указываются их коды, например, 9/7/5).

Таблица 1

Классы чистоты и индексы загрязненности z

Класс чистоты	Количество частиц загрязнений в $100 \pm 0,5 \text{ см}^3$ жидкости, не более, при размере частиц, мкм									Масса загрязнений, %, не более	Z		
	от 0,5 до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 5	св. 5 до 10	св. 10 до 25	св. 25 до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	волокна				
00	800	400	32	8	4	1			АО	Не нормируется	-		
0	1600	800	63	16	8	2			*				
1		1600	125	32	16	3	Отсутствие**						
2			250	63	32	4	1						
3				125	63	8	2						
4				250	125	12	3						
5				500	250	25	4	1					
6				1000	500	50	6	2	1			0,00003	
7				2000	1000	100	12	4	2				
8				4000	2000	200	25	6	3			0,000125	105
9				8000	4000	400	50	12	4			0,00025	210
10				16000	8000	800	100	25	5			0,0005	415
11				31500	16000	1600	200	50	10			0,001	830
12				63000	31500	3150	400	100	20			0,002	1645
13					63000	6300	800	200	40			0,004	3275
14					125000	12500	1600	400	80			0,008	6520
15						25000	3150	800	160			0,016	
16						50000	6300	1600	315	0,032			
17							12500	3150	630	0,064			

* АО – абсолютное отсутствие частиц загрязнений.

** При взятии нескольких проб число обнаруженных частиц меньше числа взятия проб.

Примечания:

1. Масса загрязнений для классов 6–12 не является обязательным контрольным параметром.

2. Волокнами считаются частицы толщиной не более 30 мкм при отношении длины к толщине не менее 10:1.

3. Частицы загрязнений размером более 200 мкм (не считая волокон) в жидкости не допускаются.

4. Поскольку приведенные в ГОСТ 17216-2001 соотношения между количествами частиц различных размерных групп в реальной жидкости обычно не соблюдаются, допускается устанавливать классы чистоты 8–14 по индексу загрязненности, который вычисляют по формуле

$$z = (10n_{10} + 25n_{25} + 50n_{50} + 100n_{100} + 200n_{200} + 400n_B)10^{-3}, \quad (1)$$

где n_{10} , n_{25} , n_{50} , n_{100} , n_{200} , и n_B – число частиц и волокон в 100 см жидкости с размером частиц соответственно в интервалах 5...10, 10...25, 25...50, 50...100, 100...200 мкм.

Таблица 2

Коды ИСО для обозначения классов чистоты

Код ИСО	Количество частиц в 1 см ³	Код ИСО	Количество частиц в 1 см ³	Код ИСО	Количество частиц в 1 см ³
1	Св. 0,01 до 0,02	10	Св. 5 до 10	19	Св. 2500 до 5000
2	Св. 0,02 до 0,04	11	Св. 10 до 20	20	Св. 5000 до 10000
3	Св. 0,04 до 0,08	12	Св. 20 до 40	19	Св. 10000 до 20000
4	Св. 0,08 до 0,16	13	Св. 40 до 80	19	Св. 20000 до 40000
5	Св. 0,16 до 0,32	14	Св. 80 до 160	19	Св. 40000 до 80000
6	Св. 0,32 до 0,64	15	Св. 160 до 320	19	Св. 80000 до 160000
7	Св. 0,64 до 1,3	16	Св. 320 до 640	19	Св. 160000 до 320000
8	Св. 1,3 до 2,5	17	Св. 640 до 1300	19	Св. 320000 до 640000
9	Св. 2,5 до 5	18	Св. 1300 до 2500	19	Св. 640000 до 1300000

Пример обозначения класса чистоты по ИСО показан в табл. 3.

Таблица 3

Пример обозначения класса чистоты РЖ

Типовая проба	
Размер частиц x , мкм	Количество частиц размером более x в 1 см ³ пробы РЖ
2	5120
5	89
10	43
15	21
25	3
50	0,4
При такой характеристике пробы класс чистоты РЖ по ИСО обозначается 14/12	

В табл. 4 приведены соотношения между различными системами оценки чистоты РЖ в гидросистемах.

Таблица 4

Соотношения между различными системами оценки чистоты РЖ в гидросистемах

Код ИСО	Количество частиц, не более, в 1 см ³ при размере		Класс чистоты по ГОСТ 17216-2001	ACFTD Gravimetric Level, mg/L	NAS 1638 (1964)	Disavowed "SAE" Level (1963)
	≥5 мкм	≥15 мкм				
26/23	640000	80000		1000		
25/23	320000	80000				
23/20	80000	10000		100		
22/20	40000	10000	17*			
21/19	20000	5000	16*			
21/18	20000	2500			12	
20/18	10000	2500	15*			
20/17	10000	1300			11	
20/16	10000	625		10		
19/16	5000	625	14*		10	
18/16	2500	625	13*			
18/15	2500	312			9	6
17/14	1250	156	12		8	5
16/13	625	78	11	1	7	4
15/13	312	78	10			
15/12	312	39			6	3
14/12	156	39	9			
14/11	156	19,5			5	2
13/10	78	9,7	8	0,1	4	1
12/9	39	4,9	7		3	0
11/9	19,5	4,9	6			
11/8	19,5	2,44			2	
10/8	9,7	2,44	5			
10/7	9,7	1,22			1	
10/6	9,7	0,6		0,01		
9/7	4,9	1,22	4			
8/6	2,44	0,6	3			

* Сравнение по количеству частиц более 15 мкм.

Классы чистоты масла для различных узлов гидропривода приведены в табл. 5.

Таблица 5

Классы чистоты масла для различных узлов гидропривода

Узлы гидропривода	Номинальная тонкость фильтрации, мкм	Класс чистоты по ГОСТ 17216-2001
Насосы шестеренные ($p \leq 2,5$ МПа); насосы пластинчатые нерегулируе- мые ($p \leq 6,3$ МПа)	40	14...15
Насосы пластинчатые нерегулируемые ($p = 12,5...16$ МПа); насосы пластинча- тые регулируемые ($p \leq 6,3$ МПа); насо- сы и моторы аксиально-поршневые регулируемые и нерегулируемые ($p = 6,3...16$ МПа); гидроцилиндры; направляющая гидроаппаратура ($p \leq 20$ МПа); регулирующая гидро- аппаратура ($p \leq 20$ МПа)	25	12...14
Комплектные ЭГШП, дросселирую- щие гидрораспределители, сервотехника	5...10	10...12
Системы и устройства для гибких автоматизированных производств	5	9...10

Уровень загрязненности масла в гидросистемах при полнопо- точной фильтрации зависит от характеристик фильтра и давления p , развиваемого насосом (табл. 6). Всасывающие фильтры, работаю- щие в режиме полнопоточной фильтрации, предотвращают попада- ние в насос сравнительно крупных частиц, а в остальные элементы гидросистемы – более мелких частиц. Поскольку приемные филь- ры ухудшают условия всасывания насосов, перепад давлений на фильтроэлементе не должен превышать 0,018...0,02 МПа. Предпоч- тительно использование приемных фильтров с указателем загряз- ненности.

Таблица 6

Достижимые классы чистоты масла по ГОСТ 17216-2001
в гидросистемах

p, МПа	Номинальная тонкость фильтрации, мкм				p, МПа	Номинальная тонкость фильтрации, мкм			
	40	25	10	5		40	25	10	5
0,25	11	11	10	9	4	15	14	13	12
0,63	13	12	11	10	10	16	15	14	13
1,6	14	13	12	11	16	17	16	15	14

Для безкавитационной работы насоса необходимо соблюдать условия [1]

$$\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 \pm \gamma h 10^{-6} \leq 0,02 \text{ МПа}, \quad (2)$$

где Δp_1 – потери давления на прямых участках всасывающей линии, МПа; Δp_2 – потери давления в местных сопротивлениях, МПа; Δp_3 – потери давления на фильтре, МПа; γ – удельный вес рабочей жидкости, Н/м³; h – высота всасывания, м; знак «+», если насос расположен над баком.

Приемные сетчатые фильтры монтируются непосредственно на нижнем конце всасывающей трубы насоса (возможна параллельная установка нескольких фильтров). Фильтры рекомендуется выбирать с запасом по пропускной способности, так как их техническое обслуживание затруднено. При очистке фильтроэлементы погружаются в растворитель и загрязнения удаляются металлической щеткой, после чего производится продувка сетки сжатым воздухом. В обозначении фильтра указываются разделенные дефисом условный проход D_f (мм), номинальная тонкость фильтрации (мкм), а в исполнении фильтра с перепускным клапаном – дополнительно цифра 2 (например 10-160-2 ТУ РБ 1045.67-2006).

В табл. 7 приведены рекомендуемые фирмой Vickers, классы чистоты РЖ.

Рекомендуемые классы чистоты

Узлы гидропривода	Классы чистоты при рабочем давлении, МПа		
	14	до 21	св. 21
Насосы шестеренные и пластинчатые нерегулируемые	20/18/15	19/17/15	
Насосы поршневые нерегулируемые	19/17/15	18/16/14	17/15/13
Насосы регулируемые	18/16/14	17/15/13	16/14/12
Распределители с электроуправлением		20/18/15	19/17/14
Регулирующие аппараты		19/17/14	19/17/14
Встраиваемая аппаратура		18/16/13	17/15/12
Пропорциональная аппаратура		17/15/12	16/14/11
Сервоаппаратура		16/14/11	15/13/10
Гидроцилиндры	20/18/15	20/18/15	20/18/15
Гидромоторы	20/18/15	19/17/14	18/16/13
Гидростатические передачи	17/15/13	16/14/12	16/14/11

Для немасляных РЖ коды уменьшаются на 1 (например, если код для масла 17/15/13, то для водно-гликолевой смеси должно быть 16/14/12). Коды уменьшаются еще на 1, если имеют место хотя бы два условия из нижеперечисленных:

- частый запуск при температуре ниже -18°C ;
- имеются случаи работы при температуре выше $+70^{\circ}\text{C}$;
- повышенные вибрации и пульсирующая нагрузка;
- отказ гидропривода приводит к большим потерям из-за простоя оборудования;
- возможность опасности для оператора при повреждении гидропривода.

После определения класса чистоты определяют код тонкости фильтрации и место установки фильтра в соответствии с рекомендациями табл. 8.

Таблица 8

Выбор кода тонкости фильтрации и места установки фильтра в зависимости от требуемого класса чистоты (по данным Vickers)

Класс чистоты	Код тонкости фильтрации при месте установки*					
	<i>P</i> или <i>T</i>	<i>P</i> или <i>T</i>	<i>P</i> и <i>R</i> (20%)	<i>P, T</i> и <i>R</i>	<i>R</i> (20%)	<i>R</i> (10%)
14/12/10		03	03	03		
15/13/11		03	03	05		
16/14/12	03	05	05	05	03	
17/15/13	03	05	05	05 или 10	03	03
18/16/14	05	10	05 или 10	10	05	03
19/17/15	05 или 10	10	10	10	05 или 10	05
20/18/15	10					
21/19/16					10	

* *P* – напорная линия; *T* – сливная линия; *R* – рециркуляционный контур (пропорциональная фильтрация) или контур с дополнительным насосом и фильтром (возможно – с теплообменником после фильтра); в скобках указывается поток через контур в процентах от подачи насоса. Для всех систем необходим герметичный резервуар с сапуном (тонкость фильтрации 3 мкм). Заливаемая в систему РЖ должна быть отфильтрована фильтром с кодом 05. Место установки (*P* и *T*) рекомендуется для систем с высокими нагрузками и нерегулируемым насосом; *P* и *R* (20%) – для систем с регулируемыми насосами; *P, T* и *R* – для систем с высокими нагрузками и регулируемым насосом.

Фирма Parker рекомендует метод оптимального выбора фильтрующих средств, разработанный Британской ассоциацией гидравлической мощности (BFPA), который использует "общую весовую надбавку" в качестве оценочного критерия. При этом оптимальная тонкость фильтрации выбирается из технико-экономических параметров.

Приборы для проверки чистоты рабочей жидкости

Приборы фирмы Intrenormen

Электронная измерительная система CCS2 (рис. 2, 2001 г.)



CCS2

Рис. 2. Электронная измерительная система CCS2



BSS2

Рис. 3. Пробоотборник

Состав:

- высокоточный переносной прибор;
- возможен отбор проб методом бутылки (пробоотборником BSS2, рис. 3), из бака (TSS2) или непосредственное измерение в линии;
- формат измерения по ISO 4406:99, ISO 4406:87 или NAS 1638;
- питание от сети или батареи;
- наблюдение программируемых уровней загрязненности по выходному сигналу;
- простое периодическое или непрерывное измерение;
- адаптированное программное обеспечение;
- наличие значительного объема внутренней памяти;
- вывод измеренных данных на TFT-дисплей или встроенный принтер;
- наличие интерфейса для вывода данных на ПК;
- принцип работы прибора показан на рис. 4.

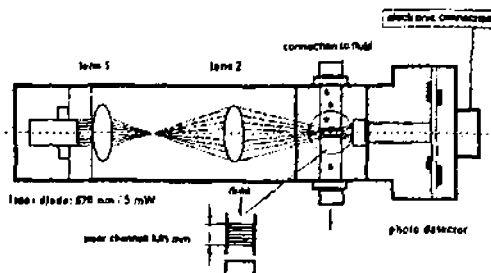


Рис. 4. Принцип работы системы CCS2

Основные параметры

Каналы размеров частиц: больше или равны 4 мкм; $\geq 4,6$ мкм; ≥ 6 мкм; $\geq 6,4$ мкм; ≥ 10 мкм; ≥ 14 мкм; ≥ 23 мкм; ≥ 37 мкм.

Входное давление 0,15...42 МПа.

Вязкость 10...400 мм²/с.

Масса 10,8 кг.

Размеры 445×180×255 мм.

Гидравлическое подключение шлангом $D_y = 6$ мм; резьба М16×2.

Питание 90...250 В, 50/60 Гц; 12 В постоянного тока; батарея 12 В.

Пробоотборник BSS2 осуществляет вакуумную дегазацию пробы (вакуум 0...95 кПа) и далее – ее вытеснение в систему CCS2 под давлением 0,5...1 МПа.

На рис. 5 показан комплект пробоотборников и микроскопа для лабораторного анализа загрязненности PAS 01 и WAS 01 (2001 г.).

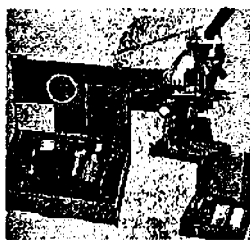
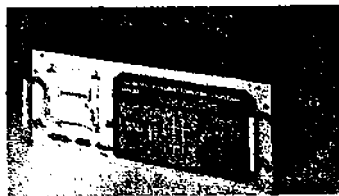


Рис. 5. Приборы PAS 01 и WAS 01

Микроскоп имеет 3 сменных объектива (рис. 5), обеспечивающих увеличение $\times 40$, $\times 100$ и $\times 400$.

Приборы фирмы Hydac

Узел контроля жидкости FCU 2000 (рис. 6)



Цифровой монтаж



Портативный прибор

Рис. 6. Узел контроля жидкости FCU 2000

Основные параметры

Память 3000 измерений.

Давление на входе 0,1...35 МПа; на выходе менее или равно 0,3 МПа.

Поток жидкости через чувствительный элемент 50...150 см³/мин.

Температура жидкости 0...+70 °С.

Потребляемая мощность меньше или равно 25 Вт.

Встроенный графический принтер.

Серийный интерфейс RS 232 для связи с ПК.

Масса 16 кг (щитовой монтаж), 12,4 кг (портативный прибор).

Приборы фирмы Parker (рис. 7)



Рис. 7. Лазерный счетчик частиц PLC-2000
(с набором пробоотборников 9257752)

Состав

Наличие встроенного принтера и дисплея.

Интерфейс RS 232 для связи с ПК.

Питание от переменного или постоянного тока.

Возможность подключения сжатого воздуха и картриджа CO₂ для применения метода бутылки.

Взятие проб из бутылки или непосредственно из гидрوليнии.

Классификация по ISO или NAS 2 5 или 15 мкм.

Основные параметры

Долговечность лазера 300 тыс.ч.

Чувствительность 2; 5; 15; 25; 50 или 100 мкм.

Поток жидкости через чувствительный элемент 20...75 см³/мин.

Питание: батарея 24 В или 85...264 В переменного тока.

Время испытания одной пробы жидкости меньше или равно 90 с.

Давление до 20,4 МПа; температура жидкости меньше или равно 74°С.

Программное обеспечение в формате DOS.

Объем памяти до 100 испытаний.

Вязкость до 430 мм²/с.

Жидкости: минеральные масла и фосфатный эфир.

Масса 10 кг.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА ПКЖ-902

Прибор выполнен переносным (рис. 8) и состоит из следующих основных частей: шасси 1, передней и задней рамки 2, передней и задней панелей 3, 4. На задней панели размещены радиаторы 5, с транзисторами 6, а также силовой шнур 7, контрольный разъем 8, держатель предохранителя 9, клеммы заземления 10.

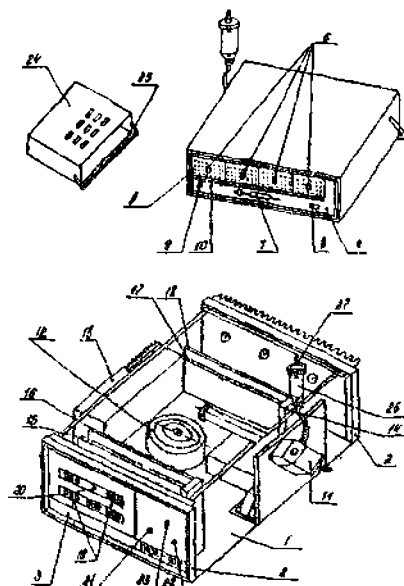


Рис. 8. Прибор для контроля чистоты рабочей жидкости ПКЖ-902

На шасси расположены: оптический датчик 11, силовой трансформатор 12, высоковольтный стабилизатор 13. В кронштейнах 14 установлены платы индикации 15, управления 16, усилителя 17, питания 18.

На передней панели расположены цифровое табло 19 для индикации результатов измерения, лампа 20 "Измерение", кнопки "ПУСК" 21, "СТОП" 22, тумблер "СЕТЬ" 23. Сверху прибор закрывается кожухом 24, на котором имеется ручка для переноски 25. К датчику 11 подстыковывается воронка 26 для заливки и подготовки пробы жидкости к анализу. На воронке имеется штуцер 27 для подвода жидкости и воздуха. Воронка имеет верхнюю и нижнюю риски, между которыми заключено 100 см^3 ее внутреннего объема.

Датчик имеет следующие основные элементы (рис. 9). На одной геометрической оси расположены приемный канал 5, конусное сопло 8, объектив 3, а также установленные под 45° к оси зеркало 9 и перпендикулярно к оси фотоэлектронный умножитель 10, и диафрагма 11.

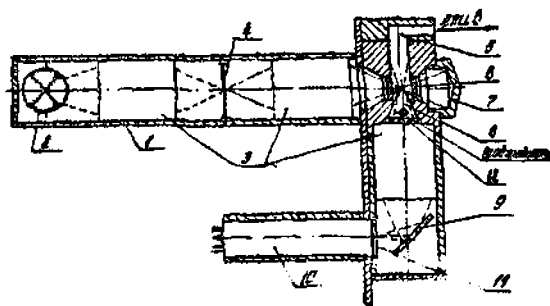


Рис. 9. Принцип работы датчика прибора ПКЖ-902

Оптическая ось осветителя 1 расположена перпендикулярно оси сопла, причем фокальная часть луча расположена в приемном канале непосредственно у выхода сопла. Источником света служит лампа 2, свет которой проходит через два объектива 3 и расположенную между ними диафрагму 4. В приемный канал свет входит через окна 6 и выходит в светоловушку 7. Окно 12 служит для пропуска импульсов света от частиц загрязнений через объектив и далее на зеркало и на фотоэлектронный умножитель.

Принцип работы

Работа прибора основана на регистрации светочувствительным элементом (ФЭУ) света, отраженного отдельными частицами загрязнений (инородных частиц), находящихся в потоке контролируемой жидкости. Использование зависимости интенсивности отраженного света от размеров частиц позволяет производить анализ частиц по размерам.

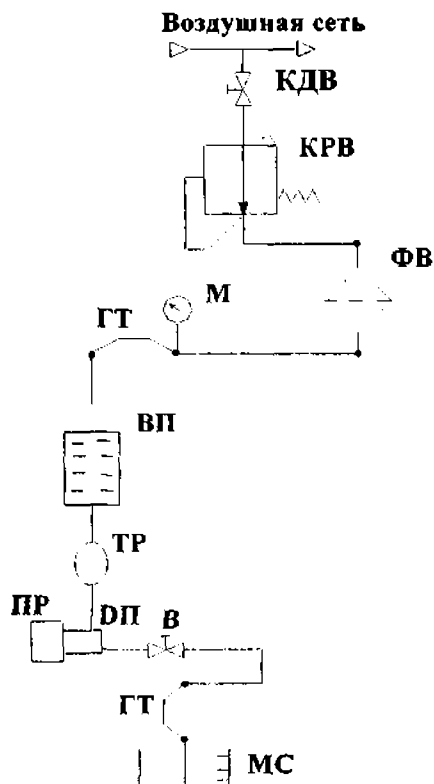
Контролируемая жидкость подается (см. рис. 9) через подводящий канал в сопло 8, на выходе из которого в приемном канале 5 формируется затопленная струя, пересекающая луч света в его фокальной части. Диаметр сопла выбирается таким, чтобы диаметр струи жидкости в месте пересечения с лучом света был равным или несколько меньшим диаметра луча, что позволяет контролировать всю жидкость, проходящую через датчик. Объем, образованный указанным пересечением, является чувствительным объемом, который находится в поле зрения ФЭУ.

Инородные частицы, находящиеся в жидкости, проходя вместе с потоком через чувствительный объем, дают импульсы отраженного света, которые регистрируются ФЭУ. Длительность импульсов равна времени прохождения частицы через чувствительный объем, а амплитуда определяется размерами частиц.

Электрические импульсы с выхода ФЭУ усиливаются и анализируются по амплитуде платой усилителя, с которой они в виде кода поступают на плату управления. В соответствии с кодом селектор на плате управления подает импульсы на входы той или иной группы десятичных счетчиков на плате индикации.

Питание прибора осуществляется от платы питания. Высокое напряжение для питания ФЭУ получается в высоковольтном стабилизаторе путем преобразования постоянного напряжения в переменное с последующим выпрямлением.

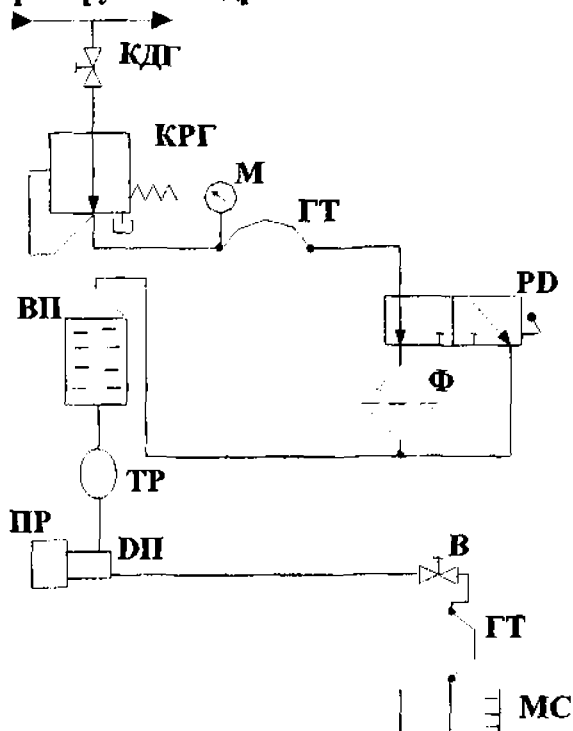
Использование прибора производится по двум схемам (рис. 10 и 11).



- КДВ – кран двухходовой воздушный;
 КРВ – клапан редукционный воздушный;
 М – манометр; ВП – воронка прибора;
 ФВ – фильтр воздушный;
 ПР – прибор ПКЖ-902;
 ТР – трубопровод с расширением;
 В – кран прибора;
 ГТ – гибкий трубопровод;
 МС – мерный сосуд.

Рис. 10. Схема включения прибора для оценки отдельной пробы жидкости

Контролируемая гидросистема



- КРГ – клапан редуцирующий гидравлический;
- М – манометр; ВП – воронка прибора;
- Ф – фильтр гидравлический;
- КДГ – кран двухходовой гидравлический;
- ПР – прибор ПКЖ-902;
- ТР – трубопровод с расширением;
- ГТ – гибкий трубопровод;
- МС – мерный сосуд;
- В – кран прибора;
- РД – распределитель двухпозиционный.

Рис. 11. Схема включения прибора в гидросистему

Подготовка прибора к работе

Предусмотрены два возможных случая контроля чистоты жидкости.

В первом случае прибор должен быть установлен на столе в чистом помещении (лаборатории) или пылезащитном блоке. Контроль запыленности атмосферы, в которой используется прибор, должен производиться прибором контроля запыленности воздуха типа ПКЗВ-905 или другими средствами измерения запыленности, обеспечивающими им меньшую чувствительность. При этом чистота воздуха должна соответствовать I классу чистоты помещений по стандарту. Аналогичному контролю необходимо подвергать, воздух, используемый для выдавливания проб жидкости из воронки прибора.

Перед контролем каждой пробы гидравлический тракт прибора (от входного штуцера воронки до выходного штуцера крана) тщательно промыть чистой жидкостью (например, керосином) до получения установившихся идентичных показаний, отличающихся одно от другого (по сумме всех диапазонов) не более чем на 30 %. Очистку жидкости производить в малогабаритной центробежной установке типа УМЦ-901А или другими средствами, обеспечивающими не меньшую тонкость и производительность очистки.

Для контроля чистоты жидкости 3, 4, 5-го и других классов чистоты по ГОСТ 17216-2001 чистота промывочной жидкости должна соответствовать уровню не более 100 частиц по сумме все диапазонов в 100 см³ жидкости.

Подготовка прибора к работе при контроле отдельных проб жидкости

1. Тумблер "Сеть" включить.
2. Клемму заземления на задней стенке соединить с общим контуром заземления.

3. Подсоединить шнур питания к сети с напряжением 220 В, 50 Гц.

4. Поставить тумблер в положение "Вкл."

При этом должны засветиться индикаторные лампы на табло, причем допускается отсутствие свечения отдельных ламп и сегментов. Время самопрогрева прибора 30 мин, в том числе последние пять минут при нажатой кнопке "Пуск".

5. Соединить кран датчика с емкостью для слива жидкости.

6. Промыть гидравлический тракт прибора.

7. Подсоединить к штуцеру воронки шланг от воздушной сети через систему подготовки воздуха (см. рис. 10).

8. Отвернуть накидную гайку и снять крышку воронки.

9. Залить в воронку чистую промывочную жидкость до верхней кольцевой отметки.

10. Закрыть крышку воронки, завернув накидную гайку.

11. Редуктором КРВ (см. рис. 10) установить минимальное давление воздуха.

12. Открыть краны КДВ и В. Увеличивая давление воздуха в воронке, редуктором КДВ произвести выдавливание жидкости из воронки через датчик на слив до тех пор, пока свободная поверхность жидкости не достигнет нижней кольцевой отметки. Закрыть краны В и КДВ.

13. Повторяя п. 12 и отмечая с помощью секундомера время прохождения свободной поверхностью жидкости расстояния от верхней до нижней отметки (между которыми объем 100 см^3), редуктором КРВ установить расход жидкости $0,3 \dots 0,4 \text{ л/мин}$. Записать фактическое значение расхода.

14. Выполнить п. 8 и 9.

15. Сделать выдержку не менее одной минуты для удаления из жидкости газовых пузырей.

16. Нажать кнопку "Пуск". Должна загореться лампочка "Изменение", а на цифровом табло засветятся нули.

17. Открыть краны В и КДВ.

18. При достижении свободной поверхностью жидкости нижней отметки нажать кнопку "Стоп", закрыть кран В, не допуская, чтобы свободная поверхность жидкости ушла за пределы видимости. Записать показания табло. Перед контролем каждой пробы промывочной или контролируемой жидкости при необходимости доливать промывочную жидкость до уровня нижней отметки.

19. Повторить пп. 8, 9, 15, 18 до получения установившихся идентичных показаний табло (отличие двух смежных замеров по суммам показаний всех диапазонов не более 30%). Допускается промывку гидравлического тракта прибора производить контролируемой жидкостью до получения установившихся идентичных показаний прибора (отличие результатов замеров не более 30%; в каждом замере брать сумму показаний всех диапазонов табло).

Для контролируемых и промывочных жидкостей вязкостью менее $5 \text{ мм}^2/\text{с}$ допускается выполнять промывку и контроль при истечении

жидкости самотеком вместо выдавливания воздухом. В этом случае величина расхода не регламентируется.

В случае присутствия в чувствительной зоне датчика газовых пузырей, которые видны через наружное окно датчика при нажатой кнопке "Пуск", к вывернутой заглушке подсоединить прибор к воздушной сети (см. рис. 10), с помощью редуктора КРВ довести расход жидкости до максимального значения, не превышая давления 0,2 МПа. Произвести прокачку с указанным расходом до удаления пузырей.

Подготовка прибора к работе при контроле чистоты жидкости в потоке

1. Выполнить операции 1–4.
2. Собрать схему по рис. 11.
3. Соединить кран В с емкостью для слива жидкости (например, с баком контролируемой гидросистемы).
4. Установить редуктор КРГ на минимальное давление.
5. Включить насос гидросистемы.
6. Открыть краны КРГ и В. Промывка гидравлического тракта прибора не менее 30 мин.
7. С помощью редуктора КРГ, мерной емкости МС и секундомера установить расход жидкости через прибор 0,3...0,4 л/мин.

Записать фактическое значение расхода для вычисления концентрации загрязнений в 100 см³ жидкости. В случае если в контролируемой гидросистеме вместе с жидкостью поступают в прибор газовые пузыри, которые регистрируются прибором, необходимо использовать установку дегазации жидкости. Установка дегазации включается в систему последовательно перед входом в воронку.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Порядок работы при контроле отдельных проб жидкости

1. Открыть крышку воронки.
2. Залить пробу контролируемой жидкости до уровня верхней отметки.
3. Произвести операции по пп. 15–18.
4. Дать заключение о чистоте жидкости в соответствии с ГОСТ 17216-2001.

**Порядок работы
при контроле чистоты жидкости в потоке**

1. Одновременно нажать кнопку "Пуск" и включить секундомер.
2. По истечении 5 мин нажать кнопку "Стоп". Записать показания табло.
3. Дать заключение о чистоте жидкости в соответствии с технологией. Допускается уменьшать время замера до одной минуты по усмотрению преподавателя, но следует иметь в виду, что увеличение времени замера повышает точность измерения.

Обработка результатов опытов

Результаты измерений расхода и определение количества частиц занести в табл. 9.

Таблица 9

Результаты измерений и расчета

№ опыта	Расход Q , см ³ /с	Время t , с	Количество частиц загрязнителя жидкости при размере частиц на 100 см ³ , мкм								Индекс загрязненности z	Класс чистоты
			от 0,5 до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 5	св. 5 до 10	св. 10 до 25	св. 25 до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200		
Количество частиц до фильтра n_1												
1												
2												
3												
Количество частиц после фильтра n_2												
1												
2												
3												
Уровень очистки фильтра $\beta_x = \frac{n_1}{n_2}, \%$												

Согласно данным опыта из табл. 9 привести количество частиц загрязнителя жидкости к 100 см^3 согласно ГОСТ 17216-2001 (табл. 1) и определить класс чистоты жидкости при работе без фильтра и с фильтром. Затем определить индекс загрязненности по формуле (1) и результат занести в табл. 9. Определить уровень очистки фильтра по каждому размеру частиц и результат занести в табл. 9.

Вопросы для самопроверки

1. Какие используются схемы установки фильтров в гидросистемах?
2. Что такое тонкость фильтрации?
3. Сколько классов чистоты жидкости установлено ГОСТ 17216-2001?
4. Какие классы чистоты жидкости рекомендуются для гидропривода?
5. Как выбираются код тонкости фильтрации и место установки фильтра (по данным Vickers)?
7. По какой формуле определяется индекс загрязненности жидкости?
8. Какие приборы используются для определения загрязненности?

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель лабораторной работы.
2. Краткое описание методики оценки класса чистоты и индекса загрязненности жидкости.
3. Схема стенда для оценки класса чистоты и индекса загрязненности.
4. Таблица результатов измерений и расчета.
5. Выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы: справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
2. ГОСТ 17216-2001. Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей.

Учебное издание

**ЧИСТОТА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ И МАСЕЛ.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЧИСТОТЫ
РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
«Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем»
для студентов специальности
1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин»

Составители:
ВЕРЕНИЧ Иван Андреевич
ЖИЛЯНИН Дмитрий Леонидович
ТИНИ Мурад Абубакер

Редактор Л.Н. Дубовик
Компьютерная верстка О.В. Дубовик

Подписано в печать 02.08.2006.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 100. Заказ 762.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.
220013, Минск, проспект Независимости, 65.