

КОНДИЦИОНЕРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ, ГИДРОЕМКОСТИ, ГИДРОЛИНИИ

4.1. Рабочие жидкости гидросистем

В гидроприводе жидкость выполняет функции рабочего тела, поэтому ее называют рабочей жидкостью. С помощью рабочей жидкости энергия передается от источника (насоса) к исполнительным гидродвигателям.

Кроме того, рабочая жидкость является смазочным материалом для многочисленных пар трения, охлаждающим агентом пар трения, средой, удаляющей из пар трения продукты изнашивания и обеспечивающей при длительной эксплуатации защиту деталей от коррозии.

Поэтому одной из функций жидкости является снижение трения и устранение износа элементов гидросистемы, изготовленных из различных конструкционных материалов.

Не менее важной функцией, выполняемой рабочей жидкостью в гидросистеме, является отвод тепла от различных участков системы.

Нагрев элементов гидропривода вызывается трением подвижных частей в гидромашинах и гидроаппаратах, потерями энергии на трение и вихреобразование при течении жидкости в трубопроводах, распределителях, дросселях и других элементах гидропривода.

Для обеспечения защиты деталей элементов гидросистемы от коррозии при длительной эксплуатации машины рабочая жидкость не должна содержать воду, для чего в некоторые жидкости вводятся специальные присадки – ингибиторы коррозии.

Перечисленные функции рабочей жидкости играют важную роль в обеспечении надежного функционирования гидропривода. По своей основе все рабочие жидкости подразделяются на две группы: нефтяные и синтетические. Рабочие жидкости на нефтяной основе называются маслами.

Рабочие жидкость на нефтяной основе на 85...98 % состоят из базового масла, свойства которого улучшают введением различных присадок. Присадки способствуют сохранению химических свойств масел при повышенных температурах, уменьшают пенообразование, улучшают антикоррозионные, противоизносные свойства масел.

Синтетические рабочие жидкости обладают высокотемпературными свойствами, негорючие. Один из основных недостатков синтетических жидкостей – высокая стоимость, поэтому их применяют крайне редко – при необходимости обеспечить пожаробезопасную работу гидропривода при высоких температурах (до 350°).

При выборе рабочей жидкости необходимо учитывать большое число факторов, характеризующих как условия ее эксплуатации (температуру окружающей среды, режим работы, нагрузки и др.), так и ее основные свойства (плотность, вязкость, сжимаемость и др.).

В гидроприводе рекомендуется применять рабочую жидкость малой плотности, так как плотность рабочей жидкости характеризует ее инерционность и потери давления при течении через гидрролинии, местные сопротивления, элементы гидропривода.

Плотность жидкости зависит от температуры, давления и количества нерастворенного в ней воздуха. Однако в рабочем диапазоне изменений этих параметров плотность жидкости изменяется незначительно, и при практических расчетах этим изменением обычно пренебрегают.

Вязкость масла является наиболее важным свойством рабочей жидкости, определяющим большинство эксплуатационных показателей, таких как утечки, пусковые характеристики, трение и др.

Вязкость рабочей жидкости оценивают коэффициентом динамической вязкости μ или коэффициентом кинематической вязкости ν , связанных между собой через плотность ρ следующим соотношением: $\nu = \mu / \rho$.

Вязкость рабочей жидкости зависит от давления и в значительной степени от температуры (рис. 4.1). С уменьшением температуры она резко возрастает. С увеличением вязкости жидкости повышается гидравлическое сопротивление дросселей, рабочих окон гидрораспределителей, гидрролиний и других элементов гидропривода.

При очень высокой вязкости нарушается сплошность потока жидкости, происходит незаполнение рабочих камер насоса, возникает явление кавитации, снижаются подача и ресурс насоса.

Вязкость рабочей жидкости оказывает также существенное влияние на величину утечек жидкости в уплотнениях насосов, гидродвигателей, гидроаппаратуры, гидрролиний и др. С уменьшением вязкости утечки жидкости возрастают.

Поскольку вязкость рабочей жидкости характеризует ее смазывающую способность, то, как правило, с уменьшением вязкости ухудшаются условия смазки скользящих поверхностей элементов и узлов гидравлических систем. Обычно вязкость ограничивает диапазон рабочих температур гидропривода.

Для обеспечения пуска насосов при низких температурах максимальная вязкость масла должна быть не более 4000...5000 сСт (в зависимости от конструктивной схемы насоса), а нормальное функционирование гидроавтоматики возможно при максимальной вязкости не более 1500 сСт. Минимальная вязкость по условиям

сохранения смазочной пленки и допустимому уровню утечек должна быть не менее 3 сСт.

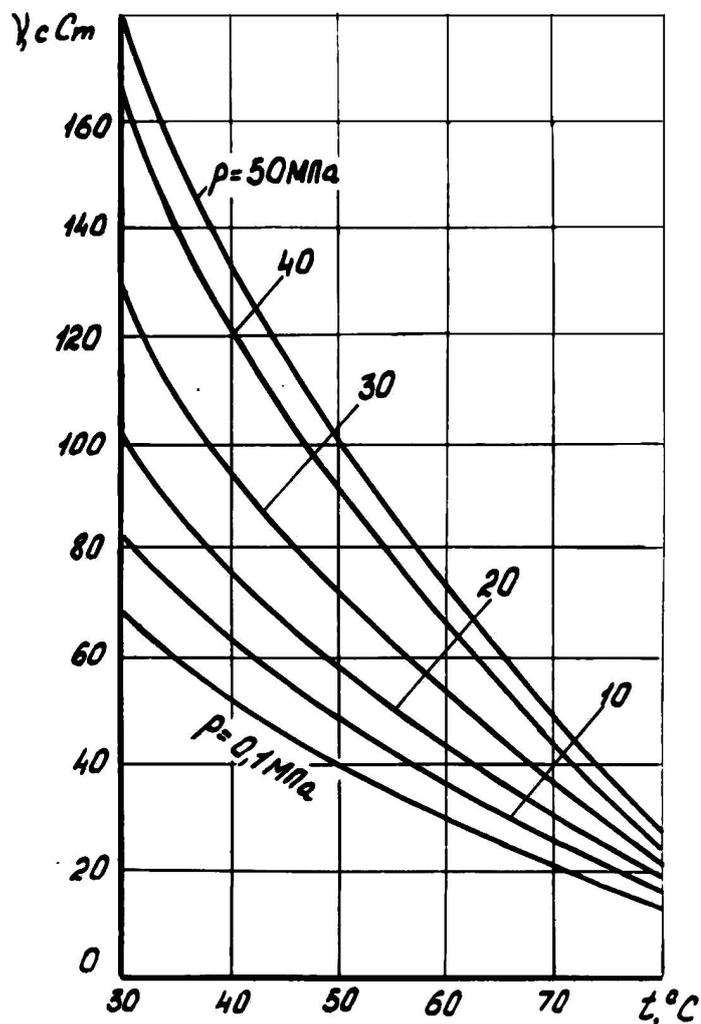


Рис. 4.1. Зависимость коэффициента кинематической вязкости масла МГ-30 от температуры при различных значениях давления

Для оценки постоянства вязкости жидкости применяют критерий индекса вязкости (ИВ). Индекс вязкости характеризует степень постоянства вязкости жидкости при изменении температуры. Чем выше индекс вязкости, тем более пологой является кривая зависимости вязкости от температуры (рис. 4.2). Наилучшей жидкостью является жидкость со стабильной вязкостью во всем интервале рабочих температур.

Индекс вязкости (ИВ) определяют, сравнивая кривую $v = v(t)$ исследуемого масла с кривыми $v_1 = v_1(t)$, $v_2 = v_2(t)$ двух эталонных масел с одинаковой вязкостью v_{100} при $t = 100$ °C. Первое из этих масел

(кривая 1) имеет пологую характеристику и ИВ = 100, а второе – крутую характеристику (кривая 2) и ИВ = 0. Обычно для промышленных масел ИВ = 70...100, для загущенных ИВ = 120...180. Практически ИВ определяют по номограммам.

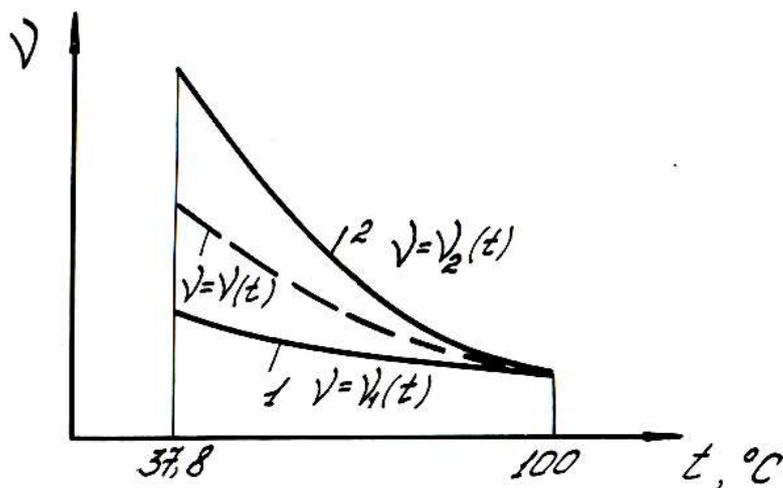


Рис. 4.2. Зависимость кинематического коэффициента вязкости от температуры

В обозначении рабочей жидкости принято указывать кинематическую вязкость в сСт при температуре 50°С; например, у масла МГ-30 кинематическая вязкость равна 30 сСт, у масла АМГ-10 – 10 сСт.

Существенное значение при выборе рабочей жидкости имеет ее сжимаемость. Сжимаемость жидкости характеризуется модулем объемной упругости E .

Различают адиабатический и изотермический модули объемной упругости жидкости. Адиабатический модуль упругости по величине больше изотермического и применяется при исследовании быстротекущих (динамических) процессов, т.е. когда отсутствует теплообмен из-за инерционности тепловых свойств жидкости.

Изотермический модуль упругости является статическим показателем и используется при изучении статических и динамических низкочастотных процессов, когда температура жидкости очень медленно изменяется при медленном сжатии жидкости или остается постоянной: $E_{ад} \cong 1,5E_{из}$.

Учитывая, что в гидроприводах гидромеханические процессы протекают быстрее, чем тепловые, на практике обычно учитывают адиабатический модуль объемной упругости.

Для обеспечения кинематических связей и высоких динамических качеств рабочая жидкость гидропривода должна иметь большой модуль объемной упругости E . Модуль объемной упругости минеральных масел, применяемых в гидроприводах, находится в пределах

1350...1750 МПа (для синтетических жидкостей $E = 600...1500$ МПа), а для воды ~ 2000 МПа.

Заметим, что для конструкционных сталей модуль упругости $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, что более чем в 100 раз превышает модуль объемной упругости минеральных масел.

Величина модуля объемной упругости зависит от типа рабочей жидкости, давления и температуры. С увеличением давления модуль объемной упругости увеличивается по линейному закону, в общем случае $E = A \cdot p + B$, здесь A и B коэффициенты, p – давление.

Модуль объемной упругости уменьшается с увеличением температуры. Однако изменение модуля объемной упругости жидкости в рабочем диапазоне изменения температур и давлений не превышает 10 %, и этим изменением на практике обычно пренебрегают.

На величину модуля объемной упругости рабочей жидкости существенное влияние оказывает наличие нерастворенного газа, приводящее к его значительному снижению.

Данные о количественном содержании нерастворенного газа (воздуха) в гидросистемах пока что не однозначны. Принято считать, что в рабочей жидкости действующей гидросистемы содержится от 0,5 до 5 % (чаще 1,5...2,5 %), а в отдельных случаях – до 10...15 % нерастворенного газа от общего объема жидкости. Количество нерастворенного газа в жидкости зависит от времени работы гидросистемы после ее включения. Если до включения гидросистемы нерастворенный газ отсутствует, то через несколько минут работы его количество может составлять 2...6 % от объема жидкости и выше.

Для определения модуля объемной упругости газожидкостной смеси используются различные формулы, которые приводятся в технической литературе.

Наличие в жидкости нерастворенного газа заметно снижает выходные параметры гидрооборудования и гидропривода в целом, такие как:

- подача насосов из-за недозаполнения их рабочих камер;
- быстроедействие из-за увеличения времени срабатывания исполнительных механизмов;
- мощность гидроприводов из-за дополнительных затрат мощности, необходимых для сжатия рабочей жидкости;
- точность позиционирования и равномерность перемещения исполнительного гидродвигателя и др.

Помимо этого газ (воздух) усиливает высокочастотные колебания давления в каналах гидрооборудования и гидролиниях, что усиливает кавитационную эрозию деталей насосов и гидроаппаратуры,

значительно повышает шум и вибрацию элементов гидропривода. Все это говорит о необходимости учета содержания нерастворенного газа в рабочей жидкости гидроприводов при их проектировании, расчете или исследовании.

К показателям качества рабочей жидкости относятся также температуры застывания и вспышки.

Температура вспышки – эта та минимальная температура, при которой пары нагреваемого масла образуют с воздухом воспламеняющуюся смесь при поднесении к ней пламени. Температура вспышки является показателем, позволяющим судить о пожарной безопасности жидкости.

Температура застывания – такая температура, при которой масло загустевает настолько, что практически нарушается его текучесть. температура застывания рабочей жидкости должна быть на 10...20° С ниже наименьшей температуры окружающей среды. Максимальная температура рабочей жидкости в гидросистеме не должна превышать 70...80° С.

Под стойкостью рабочих жидкостей понимается их способность сохранять свои свойства в условиях эксплуатации и хранения.

В процессе эксплуатации гидросистем на рабочие жидкости воздействуют высокие и низкие температуры, давление, вибрация, происходит многократная деформация (мятие) жидкости при прохождении ее через щелевые зазоры, каналы, дроссели и другие элементы гидропривода.

Все эти факторы вызывают старение рабочей жидкости, которое сопровождается изменением физических свойств и химического состава жидкости (эти явления называют деструкцией). В результате происходит изменение вязкости (снижается до 50 % от своего первоначального значения), плотности, температуры вспышки, ухудшаются смазывающие свойства рабочей жидкости и т.д.

Химическое разложение жидкости происходит в результате окисления ее кислородом воздуха, каталитическое действие при этом оказывает температура. При повышении температуры рабочей жидкости на каждые 10°С скорость ее окисления увеличивается в 2...3 раза.

Физическая стабильность жидкости – способность ее длительно сохранять свои первоначальные физические свойства (вязкость, плотность, смазывающую способность) при работе на высоких давлениях.

Механическая стабильность – способность жидкости работать при значительной вибрации без расслоения на компоненты.

Химическая стабильность жидкости – устойчивость жидкости к окислению кислородом воздуха. При окислении из жидкости выпадает осадок в виде смолы и коксоподобных веществ, которые, попадая в зазоры гидроаппаратов, парализуют их работу. Заращивание щелей гидроаппаратов называется облитерацией.

Для увеличения срока эксплуатации рабочей жидкости при проектировании гидросистем необходимо:

- применять гидросистему с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости;
- обеспечивать надежную фильтрацию жидкости;
- уменьшать количество нерастворенного воздуха, стремиться к уменьшению контакта воздуха с жидкостью в гидробаке;
- стремиться к уменьшению рабочей температуры жидкости и т.д.

Для снижения механической деструкции рабочей жидкости необходимо стремиться к уменьшению количества щелевых зазоров, капиллярных каналов, дросселей, а также вибрационных воздействий на гидросистему.

К рабочим жидкостям гидропривода предъявляются следующие основные требования:

- минимальная зависимость вязкости от температуры в требуемом диапазоне температур, высокий индекс вязкости;
- высокий модуль объемной упругости;
- высокая химическая, физическая, механическая стабильность при эксплуатации и хранении;
- хорошие смазывающие свойства;
- высокая температура вспышки (пожаробезопасность) и низкая температура застывания;
- хорошая теплопроводность и малый коэффициент теплового расширения;
- длительный срок службы;
- отсутствие механических примесей, воды, воздуха;
- низкая стоимость.

Единой системы классификации и обозначения рабочих жидкостей не существует. Распространено обозначение рабочих жидкостей по области применения. Чаще их называют маслами гидравлическими, вводя в обозначение буквы МГ с дополнительным уточнением назначения: для гидросистем общепромышленного назначения – масла промышленные гидравлические – ИГ, для авиационной техники – АМГ, для мобильных машин – МГЕ, ВМГЗ.

Для гидроприводов строительных и дорожных машин рекомендуются к применению два сорта рабочей жидкости – ВМГЗ, МГ-30 и МГ-30у.

Всесезонное масло ВМГЗ – основной зимний сорт для гидросистем строительных и дорожных машин. Оно допускает работу при температуре окружающей среды от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$, рабочая температура до $+90^{\circ}\text{C}$. В связи с интенсивным использованием строительных и дорожных машин масло, как правило, заменяют каждый сезон. Летом заправляют маслом МГ-30.

В табл. 4.1 приведены основные характеристики наиболее распространенных рабочих жидкостей, применяемых в гидроприводах мобильных машин.

ГОСТ 17216–71 устанавливает 19 классов чистоты рабочих жидкостей гидроприводов, которые должны указываться в технических условиях на гидравлическое оборудование. Для каждого класса чистоты установлены предельные нормы загрязнений частицами определенного гранулометрического состава, при этом загрязнениями считаются все посторонние частицы, включая продукты смолообразования и органические частицы.

Частицы загрязнений размером более 200 мкм (не считая волокон) в маслах не допускаются. К волокнам относятся частицы не более 30 мкм при длине, превышающей толщину не менее чем в 10 раз.

Практическая чистота рабочей жидкости в гидроприводах общемашиностроительного применения соответствует 10...14 классам чистоты, для строительных и дорожных машин она чаще соответствует 12...14 классам чистоты. Параметры классов чистоты в соответствии с ГОСТ 17216–71 приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.1

Основные характеристики масел для мобильных машин

Марка масла	Обозначение по ГОСТ 17479.3–85	Плотность при 20°C , кг/м^3	Индекс вязкости	Вязкость при 50°C , сСт
ВМГЗ	МГ-15-В (с)	865	130...160	10
МГ-30	МГ-46-Б	885	–	27...33
МГ-30 у (МГЕ-46В)	МГ-46-В	890	85	25
МГЕ-10А	МГ-15-В	834	–	10
АМГ-10	МГ-15-Б	850	–	10
АУ	МГ-22-А	890	55	12...14
АУП	МГ-22-Б	Не указана	–	Не указана
И-20А	–	890	85	17...23

И-30А	–	890	85	28...33
-------	---	-----	----	---------

Таблица 4.2

Классы чистоты жидкости (ГОСТ 17216–71)

Класс чистоты жидкости	Число частиц загрязнений в объеме жидкости $100 \pm 0,5$ см ³ , не более, при размере частиц, мкм						Масса загрязнений, %, не более
	свыше 5 до 10	свыше 10 до 25	свыше 25 до 50	свыше 50 до 100	свыше 100 до 200	волокно	
10	16 000	8000	8000	100	25	5	0,0008
11	31 500	16 000	16 000	200	50	10	0,0016
12	63 000	31 500	31 500	400	100	20	0,0032
13	Не	63 000	63 000	800	200	40	0,005
14	нормируется	125 000	125 000	1600	400	80	0,008

Критериями, определяющими необходимую степень чистоты рабочей жидкости в гидроприводе, являются величина зазоров между сопрягаемыми поверхностями в элементах гидропривода и величина рабочего давления.

ВНИИгидропривод рекомендовал для гидроприводов общемашиностроительного применения мощностью до 50 кВт обеспечивать 12 класс чистоты рабочей жидкости, а при мощности 50...150 кВт – 13 класс, при этом контроль класса чистоты при эксплуатации обязателен /21/.

Для гидроприводов большой мощности (более 150 кВт), с большими зазорами в сопрягаемых парах, устанавливается 14 класс чистоты. В этом случае проведение контроля загрязнения рекомендуется, учитывая возможность увеличения долговечности гидропривода и его элементов, при своевременной очистке или замене жидкости.

Вопросы защиты масла от загрязнений требуют комплексного подхода к выполнению определенных конструктивных решений гидросистемы, перевозке и хранению масла, изготовлению и монтажу элементов гидропривода, эксплуатации гидросистемы.

При конструировании бака целесообразно дно выполнять наклонным, чтобы в его нижней части собирались загрязнения. Для их слива необходимо предусмотреть пробку. Внутренние поверхности бака

после очистки должны быть защищены от коррозии маслостойким покрытием.

Разделительная перегородка, предусмотренная в баке, будет способствовать осаждению частиц загрязнений. Конструкция бака должна предусматривать установку сапуна (воздушного фильтра) для очистки поступающего в бак воздуха от пыли.

Для заливки или доливки в бак масла должен быть предусмотрен специальный заливной фильтр тонкой очистки.

Требуется тщательно герметизировать все места стыковки трубопроводов в зонах возможного образования вакуума, чтобы исключить подсос запыленного воздуха.

Конструкция гидроцилиндров должна предусматривать наличие грязесъемника. Для повышения надежности гидропривода при его эксплуатации масло должно постоянно очищаться от загрязнений. С этой целью в гидросистему встраиваются фильтры, в зависимости от места установки они делятся на всасывающие (приемные), сливные и напорные.

Зарубежные масла, рекомендуемые в качестве заменителей отечественных масел, приведены в табл. 4.3 /21/.

Таблица 4.3

Зарубежные рабочие жидкости, рекомендуемые в качестве заменителей отечественных

Отечественные масла	Зарубежные масла
ВМГЗ	Shell Tellus 17; Mobil fluid 93; Esso Univisj 43; BP Energol HL 50EP; HLP 20
АУ; АУП	Aeroshell Fluid 7; Shell Vitrea 21; Mobil Avrex 903; Esso Univis 40; BP Energol HL 50

МГЕ-46В	Shell Tellus 29; Vactra Heavy Medium Esstic 45; Energol Hydraulic 80; HLP 36
В-30А	Vitrea Oil 31; Energol CS 100

Обозначение гидравлических масел по ГОСТ 17479.3–85 состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквами МГ (минеральное гидравлическое); вторая группа знаков – цифрами и характеризует класс кинематической вязкости; третья – обозначается буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

В зависимости от величины кинематической вязкости при температуре 40 °С гидравлические масла делят на классы, указанные в табл. 4.4 .

Таблица 4.4

Классы вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 40 °С мм ² /с (сСт)
5	4,14 – 5,06
7	6,12 – 7,48
10	9,00 – 11,00
15	13,50 – 16,50
22	19,80 – 24,20
32	28,80 – 35,20
46	41,40 – 50,60
68	61,20 – 74,80
100	90,00 – 110,00
150	135,00 – 165,00

В зависимости от эксплуатационных свойств гидравлические масла делят на группы А, Б, В, указанные в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Группы гидравлических масел

Группа масла по эксплуатационным свойствам	Состав гидравлических масел	Рекомендуемая область применения
А	Минеральные масла без присадок	Гидросистемы с шестеренными, поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и температуре масла в объеме до 80 °С
Б	Минеральные масла с антиокислительными и антикоррозийными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла в объеме более 80 °С
В	Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозийными и противоизносными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме более 90 °С

Допускается добавление в гидравлические масла всех групп загущающих и антипенных присадок.

Пример обозначения гидравлических масел:

МГ – 15 – В,

где МГ – минеральное гидравлическое масло; 15 – класс вязкости; В – группа масла по эксплуатационным свойствам.

4.2. Фильтры, теплообменные аппараты

Мобильные машины работают на открытом воздухе в условиях повышенной запыленности, особенно в летнее время. Абразивные частицы (песок и др.) проникают в гидросистему через сапун и уплотнения штоков гидроцилиндров, а также при дозаправке рабочей жидкости и ремонте.

Рабочая жидкость гидросистем в процессе эксплуатации непрерывно загрязняется продуктами износа деталей гидроагрегатов, продуктами окисления и прочих физико-химических процессов в самой жидкости, внесением загрязнений извне. Таким образом, в рабочей жидкости всегда присутствуют твердые механические примеси, которые приводят к преждевременному выходу из строя гидроагрегатов.

Одной из самых распространенных причин отказа гидросистем является попадание механических частиц или каких-либо других

загрязнений в элементы, имеющие проходные сечения, или в зазоры трущихся пар.

Для очистки рабочей жидкости от механических и других загрязнений применяют различные способы очистки и фильтры, которые отличаются принципом действия и конструкцией.

Существуют следующие способы очистки рабочей жидкости: механический, магнитный, центробежный, гравитационный, электростатический и ультразвуковой.

Отделители твердых частиц, в которых очистка рабочей жидкости осуществляется силовым способом (например, под действием магнитного поля, центробежных сил и т.д.), называются сепараторами.

Наибольшее распространение получил механический способ очистки, при котором жидкость пропускается через пористую среду или поверхность с отверстиями или щелями (фильтроэлементы), при этом происходит задерживание загрязняющих частиц.

Фильтры механической очистки в зависимости от конструкции фильтрующих элементов делятся на щелевые, сетчатые и пористые. Наименование фильтра обычно соответствует наименованию фильтрующего элемента, входящего в него.

К основным параметрам фильтров относятся тонкость фильтрации, номинальное давление, номинальный расход жидкости, условный проход, допустимый перепад давления и ресурс работы фильтрующего элемента.

Тонкость фильтрации оценивается минимальным размером частиц, задерживаемых фильтром. Различают абсолютную и номинальную тонкость фильтрации. Абсолютная тонкость фильтрации характеризуется минимальным размером частиц, полностью задерживаемых фильтрующим элементом. Под номинальной тонкостью фильтрации понимается минимальный размер частиц, задерживаемых фильтром, число которых составляет 90...95 % частиц такого же размера, находящихся в неотфильтрованной жидкости.

ГОСТ 14066-68 устанавливает следующий ряд значений номинальной тонкости фильтрации в мкм: 1, 2, 5, 10, 16, 25, 40, 63, 80, 100, 125, 160, 200 и 250.

В зависимости от размера пропускаемых частиц фильтры условно делятся на фильтры грубой (более 100 мкм), нормальной (от 10 до 100 мкм), тонкой (≈ 5 мкм) и особо тонкой (≈ 1 мкм) очистки.

Степень загрязненности рабочей жидкости может быть оценена по ГОСТ 17216-71, который устанавливает 19 классов чистоты жидкости: 00, 0, 1, 2, ..., 17 (наименьший класс чистоты соответствует наиболее чистой жидкости).

Каждый класс чистоты ограничивает допустимое число частиц загрязнений в 100 см³ пробы для каждого из интервалов размеров частиц. Весь диапазон размеров загрязняющих частиц от 0,5 до 200 мкм разбит на восемь интервалов. При этом масса загрязнений начинает нормироваться лишь с 6 по 17 классы (от 0,0002 до 0,063 % соответственно).

Жидкости классов 0...2 рекомендуется использовать в прецизионных приборах контрольных и исследовательских стендов; жидкости классов 3...12 применяются в ответственных гидросистемах летательных аппаратов, испытательных стендах; жидкости классов 13...17 используются в гидросистемах общего машиностроения.

Материал фильтрующих элементов должен обеспечивать необходимую тонкость фильтрации. Площадь фильтрующих элементов должна обеспечивать заданный расход жидкости при заданном перепаде давления на фильтре, при этом размеры фильтра должны быть минимальными. Гидравлическая характеристика фильтра определяет зависимость перепада давления от расхода жидкости через фильтр:

$$\Delta p = \frac{Q\mu}{kS}, \quad (4.1)$$

где Δp – перепад давления на фильтре, Па; Q – расход жидкости, м³/с; μ – динамический коэффициент вязкости жидкости, Па·с; k – удельная пропускная способность единицы площади фильтрующего материала (расход через единицу площади фильтра при перепаде давлений 1 Па и вязкости 1 Па·с), м; S – площадь фильтрующего элемента, м².

Для уменьшения потерь давления, как видно из формулы (4.1), необходимо увеличивать площадь фильтрующего элемента. Для больших расходов фильтрующие элементы гофрируют, что позволяет уменьшать объем и габариты фильтра. Конструкция фильтра должна обеспечивать легкую замену или очистку фильтрующих элементов при минимальной потере рабочей жидкости. С целью предохранения фильтрующих элементов от разрушения применяют фильтры со встроенными пропускными клапанами.

Щелевые фильтры – это фильтры, в которых очистка происходит при прохождении жидкости через щели (зазоры) в фильтрующих элементах. В зависимости от конструкции фильтрующих элементов различают пластинчатые и проволочные щелевые фильтры.

Пластинчатые фильтры, представляющие набор пластин, обеспечивают фильтрацию 80...120 мкм. Проволочный фильтрующий элемент получают намоткой проволоки на стакан, на котором нарезана мелкая резьба для улучшения намотки. Тонкость фильтрации (40...100 мкм) определяется в основном шагом резьбы и диаметром проволоки.

В сетчатых фильтрах фильтрование происходит при прохождении рабочей жидкости через ячейки сетки фильтрующего элемента. Для изготовления фильтрующего элемента применяется металлическая проволока или текстильные материалы.

Сетчатые фильтры (рис. 4.3) часто выполняют с несколькими (двумя и тремя) слоями фильтрующих сеток с постоянными во всех сетках размерами ячеек или сетками, размер ячеек которых изменяется (уменьшается) от слоя к слою по потоку жидкости.

Применение фильтров с многослойными сетками значительно повышает эффективность и тонкость очистки. Тонкость фильтрации этими фильтрами зависит от размера ячейки сетки в свету, минимальное значение которого для сеток простого переплетения равно 80...100 мкм. Фильтрующие сетки сложного переплетения (саржевого и пр.) могут отфильтровывать частицы размером 2...3 мкм. Эти сетки состоят из нескольких (5...10) слоев витой проволоки, между которыми проложены элементы из плетеной проволоки. Диаметр проволоки равен нескольким микрометрам.

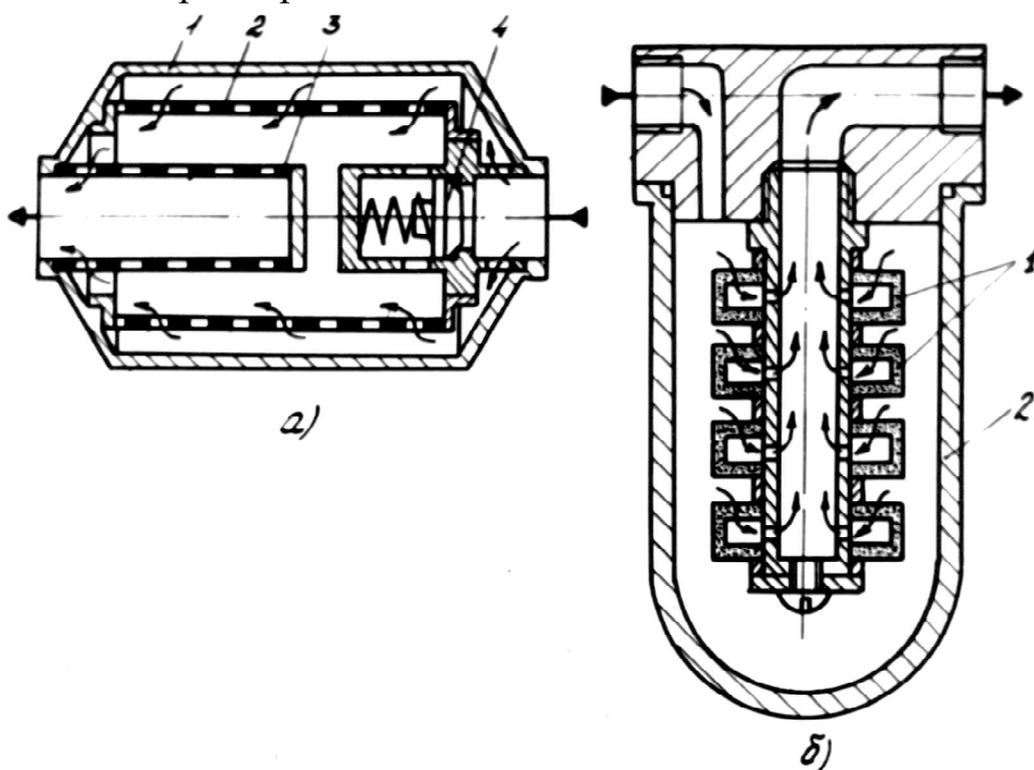


Рис. 4.3. Схемы фильтров:

- a* – сетчатый комбинированный: 1 – корпус; 2, 3 – фильтрующие элементы тонкой и грубой очистки; 4 – перепускной клапан;
- б* – пористый фильтр: 1 – фильтрующие элементы; 2 – корпус

Для того, чтобы исключить возможность попадания в гидросистему в случае открытия перепускного клапана нефilterованной жидкости, применяют комбинированный фильтр (рис. 4.3, *a*), состоящий из

фильтрующих элементов тонкой 2 и грубой 3 очистки рабочей жидкости, которые размещены в общем корпусе 1. До открытия перепускного клапана 4 жидкость последовательно проходит через оба фильтрующих элемента 2 и 3. При засорении элемента тонкой очистки 2 открывается перепускной клапан 4 и жидкость через элемент грубой очистки 3 поступает к выходному штуцеру, минуя элемент тонкой очистки.

В пористых фильтрах (рис. 4.3, б) очистка рабочей жидкости происходит при ее прохождении через поры фильтрующих элементов 1, размещенных в корпусе 2. Пористые фильтрующие элементы подразделяются на поверхностные, когда загрязняющие частицы задерживаются на поверхности элемента, и глубинные – частицы задерживаются в капиллярах материала. В первом случае в качестве фильтрующего материала применяется бумага, картон, реже ткани, во втором – керамика, металлокерамика, пористая пластмасса.

Пористые фильтрующие элементы из керамики и металлокерамики обеспечивают тонкость фильтрации 0,5 мкм и ниже. Бумажные и тканевые фильтрующие элементы задерживают за один проход значительную (75 %) часть твердых включений размером более 4...5 мкм.

При выборе фильтров учитывают необходимый расход, требуемую тонкость фильтрации, давление рабочей жидкости и место установки фильтра в гидросистеме.

Практика показывает, что фильтр может эффективно защищать только тот элемент гидросистемы, который установлен непосредственно после него, остальные элементы получают лишь частичную защиту.

Различают фильтры местные и линейные. К местным относят фильтры, встраиваемые в отдельные элементы гидроагрегатов для защиты их от попадания загрязнений. Линейные фильтры выполняются обычно в отдельном корпусе и устанавливаются в какой-либо гидрролинии (всасывающей, напорной, сливной и т.д.).

Некоторые возможные схемы установки фильтров в гидросистемах представлены на рис. 4.4.

Для предохранения насоса (см. рис. 4.4, а), который наиболее чувствителен к загрязнениям, фильтр Ф желательно устанавливать на всасывающей гидрролинии насоса. Однако по мере загрязнения фильтра увеличивается сопротивление во всасывающей гидрролинии и ухудшаются условия всасывания насосом жидкости, поэтому этот способ установки фильтра в гидросистемах с самовсасывающим насосом не распространен.

Для фильтра Φ , включенного в напорную гидролинию после насоса (см. рис. 4.4, б) для защиты высокочувствительных к загрязнению элементов гидросистемы (распределителя P и цилиндра $Ц$), характерна работа при максимальном давлении рабочей жидкости. В связи с этим ужесточаются требования к прочностным характеристикам корпуса фильтра и увеличивается масса фильтра.

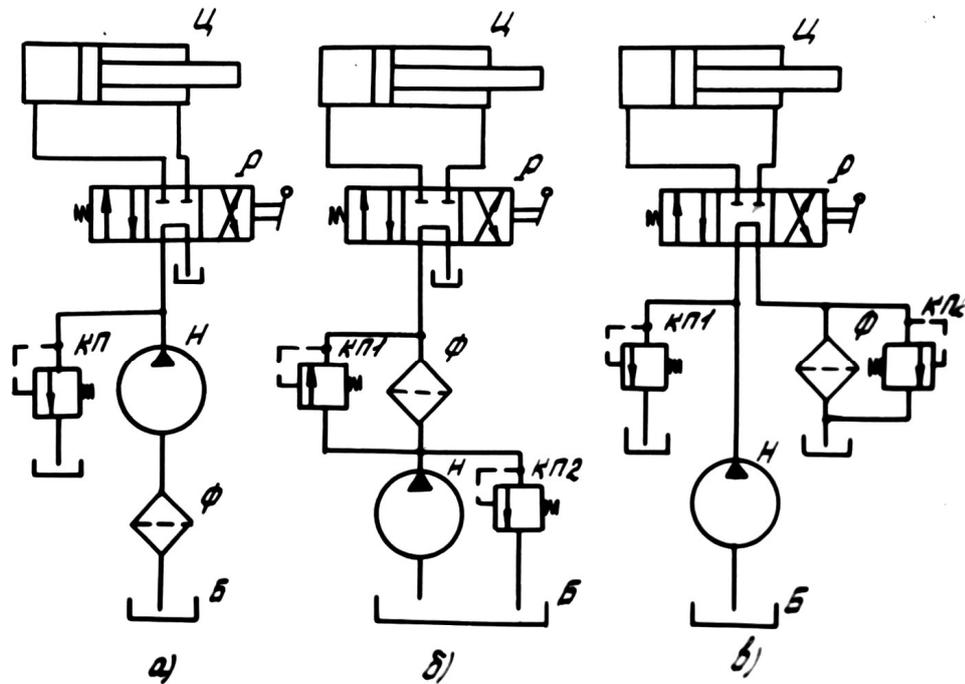


Рис. 4.4. Схемы установки фильтров:
а – во всасывающей гидролинии; *б* – в напорной гидролинии;
в – в сливной гидролинии

Включение фильтра Φ в сливную гидролинию (см. рис. 4.4, в) не создает нежелательного сопротивления во всасывающей гидролинии насоса, кроме того, в этом случае фильтр неподвержен большому давлению.

Фильтры, изображенные на рис. 4.4, включены последовательно в гидросистему и обеспечивают фильтрацию всего потока рабочей жидкости (полнопоточную фильтрацию). Для фильтрации части потока жидкости фильтр устанавливается в гидросистеме параллельно.

Фильтрацию части потока обычно применяют в том случае, когда предъявляются требования особенно тщательной очистки жидкости, поступающей в ответственные гидроаппараты. Для фильтрации части потока обычно применяются глубинные фильтры тонкой очистки. В некоторых случаях целесообразно применять одновременно обе схемы включения фильтров: параллельную и последовательную.

В гидроприводах строительных и дорожных машин в основном применяются линейные фильтры с номинальной тонкостью фильтрации

25 и 40 мкм, которые устанавливаются в сливных гидролиниях с давлением не выше 0,63 МПа. Линейные фильтры изготавливаются в двух исполнениях фильтрующих элементов: с сетчатыми дисками (исполнение 1) и с цилиндрическими бумажными стаканами (исполнение 2). В крышках линейных фильтров смонтированы перепускные клапаны.

Теплообменные аппараты предназначены для обеспечения заданной температуры рабочей жидкости гидропривода. Теплообменные аппараты по назначению подразделяются на охладители и нагреватели жидкости. В гидроприводах, как правило, рабочую жидкость необходимо охлаждать, так как при нагреве ухудшаются ее характеристики.

Охлаждение жидкости может быть воздушным или водяным. При воздушном охлаждении рабочая жидкость, проходящая через теплообменные трубки, охлаждается потоком воздуха, который создается вентилятором. Воздух может также направляться на корпус насоса или гидромотора.

Нагреватели устанавливаются иногда для обеспечения запуска и работы гидропривода в условиях низких температур рабочей жидкости.