СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ 3
2. ВЫБОР ХАРАКТЕРИСТИК 4
3. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОСИСТЕМЫ 11
4. ВЫБОР ТИПА МАСЛА 16
5. ПРОВЕРКА МАСЛА 19
6. УСТАНОВКА СИСТЕМЫ 22
7. ЗАПУСК И ПРИРАБОТКА УСТАНОВКИ 25
8. ОБСЛУЖИВАНИЕ 27
9. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ 28
10. РЕМОНТ И ПРОВЕРКА 38
11. СИМВОЛЫ И ТАБЛИЦЫ 39
12. СИМВОЛЫ СТАНДАРТОВ ISO / CETOP 40
13. ОБЗОР СЕРВИСНЫХ СЛУЖБ ДАНФОСС 44

ВВЕДЕНИЕ

Как и многие другие области техники, гидравлика одновременно является и старой, и новой.
Возьмем, к примеру, водяные колеса - люди использовали их еще раньше, чем начали записывать историю.
В то же время использование жидкости, находящейся под давлением, для передачи силы и управления сложными движениями является сравнительно новой областью, прошедшей наиболее быстрое развитие в течение последних 40 - 50 лет и занимающей значительное место в технике в связи с работами, проведенными в авиации.

Гидравлика и пневматика являются универсальными средствами для всей машиностроительной промышленности, они находятся в тройке наиболее важных средств для передачи усилия и управления им. Два других средства - это механическая передача (например, посредством педалей сцепления и редукторов) и электрическая (например, посредством генератора).
«Текущая энергия» передается и управляется через среду, находящуюся под давлением, либо воздух (пневматическая передача), либо жидкость (гидравлическая передача).
Эта форма энергии имеет много исключительных преимуществ и именно она часто используется при необходимости передачи энергии на суше, на море или в воздухе.

Запасенная жидкость является одним из наиболее гибких средств управления и передачи силы. Она принимает точную форму объема, ограниченного стенками, и выдерживает их давление. Она может быть разделена на несколько потоков, которые, в зависимости от своего размера, могут совершать работу перед тем, как будут сведены снова в один поток для совершения дальнейшей работы. Можно заставить жидкость быстро работать в одной части системы и медленно - в другой.

Никакое другое средство передачи не сочетает в себе такую же степень надежности, точности и гибкости, сохраняя при этом способность передачи максимальной силы при минимальных объемах и массе устройства.
Качество управления при помощи жидкой среды может сравниться с точностью электронного микропроцессора.

Однако для достижения максимального коэффициента использования при наивысшей эффективности и наименьшей вероятности сбоев, очень важно, чтобы гидросистема была абсолютно правильно разработана, выполнена, запущена и обслужена. Чтобы при эксплуатации установки не происходило остановок и других нарушений, пользователь (покупатель) должен уяснить ряд специфических факторов.

«Текущую энергию» используют в производстве почти все промышленные системы. На использовании этой формы энергии основано производство более половины выпускаемой продукции, поэтому она представляет интерес для любых производителей, экспортеров, покупателей и ремонтников промышленных систем и машин, включая сельскохозяйственные машины и машинные агрегаты, деревенские кузницы и автомобильную промышленность, флот и авиацию.

Очевидно, быстрое развитие и распространение гидравлики постоянно опережает знания и опыт многих конструкторов, изготовителей, ремонтников и владельцев (пользователей).
Поэтому цель данных рекомендаций - не дать однозначного решения всех задач гидравлики, а помочь понять, как возникают проблемы и какие действия могут быть предприняты, чтобы их избежать.

Кнуд Сков Расмуссен
OG-SXU

ВЫБОР ХАРАКТЕРИСТИК

Верное определение характеристик обеспечивает наиболее оптимальный выбор элементов установки.

Очевидно, что если использовать элементы с заниженными рабочими характеристиками, они будут работать с перегрузкой, будут очень восприимчивы и станут постоянным источником проблем и неполадок. И хотя по сравнению с элементами, имеющими правильные характеристики, элементы с завышенными характеристиками возможно, надежно и «без усилий» проработают длительное время, их стоимость будет слишком высокой.

При невозможности проведения точных вычислений для получения оптимального режима, стоит следовать приведенным ниже указаниям.

Первое, что необходимо установить, – это максимальное рабочее давление, требуемое системой, так как оно является решающим фактором в выборе насоса, а также влияет на выбор характеристики (мощности) первичного двигателя и стоимость системы.
Чем выше рабочее давление, тем выше цена многих частей системы.

После того как будут сделаны экономические оценки, можно рассматривать выбор конкретных типов и характеристик рабочих цилиндров, двигателей и управляющих устройств для использования в системе.

Характеристика насоса находится через необходимые количества масла (в литрах в минуту), которые могут использоваться одновременно. Соответственно сумма этих количеств выражает количество масла, которое насос должен подавать под максимальным давлением, которое может кратковременно возникать в системе (= установочному давлению разгрузочных клапанов).

Характеристики насоса

Мощность (в киловаттах), подводимая к насосу, должна быть определена как функция давления (в барах), оборотов в минуту и расхода (в литрах в минуту). Полученный результат может быть использован для нахождения характеристик двигателя, который надежно обеспечит необходимую выходную мощность.

Гидравлическая мощность N = давление × расход, т. е. $N = p \times Q$

Выраженная в л.с.: $N = \frac{p \times Q}{450}$ [л.с.]

Выраженная в кВт: $N = \frac{p \times Q}{600}$ [кВт]

[p] = кГ / см^2 или бар, [Q] = л / мин

Пример: p=150 бар, Q = 45 л / мин

$N = \frac{150 \times 45}{450} = 15$ л.с. или $\frac{150 \times 45}{600} = 11{,}25$ кВт

При вычислении потребной мощности насоса ($P_{пес}$), должен учитываться общий к.п.д. насоса (htot.), приведенный в каталоге.

Пример: $P_{пес} = \frac{p \times Q}{450 \times \eta tot.} = \frac{150 \times 45}{450 \times 0{,}9} = 16{,}7$ л.с.

или $\frac{150 \times 45}{600 \times 0{,}9} = 12{,}2$ кВт

Размеры труб и шлангов

Размер зависит от :

- макс. давления в системе
- макс. расхода масла
- длины трубопровода системы
- условий окружающей среды

Потеря давления должна быть как можно меньше. Чем больше сопротивление в системе, тем больше рабочие потери. Важно избегать наличия факторов, вызывающих потерю давления, например, использование угловых резьбовых соединений. Там, где это возможно, они должны быть заменены коленами. При использовании длинных труб или высоких скоростей потока следует рассмотреть целесообразность увеличения диаметра до следующего размера.

Следует помнить, что размеры, устанавливаемые для гидравлических труб – это наружные диаметры и толщины стенки.
Внутренние диаметры равны внешним за вычетом удвоенной толщины стенки.

Следует помнить, что при удваивании внутреннего диаметра, площадь потока учетверяется, тем самым уменьшая сопротивление в четыре раза.

Теперь известен объем масла, подаваемый насосом в минуту, вместе с количеством масла, необходимым отдельным частям системы. Следующий этап – выбор размеров труб и шлангов.
Это также очень важный шаг, поскольку при неправильном выборе могут возникнуть кавитация (шум), выделение теплоты, потеря давления и поскольку в некоторых случаях может произойти взрыв.

Многим выбор размеров труб кажется очень сложным процессом, так как ассоциируется у них со сложными математическими вычислениями. На самом деле эта операция невероятно проста, если пользоваться приведенными здесь номограммами.

Чтобы использовать номограмму, сначала нужно узнать расход масла в литрах в минуту. Далее следует установить, используются ли трубы и шланги на линии всасывания, линии нагнетания или линии возврата масла. Это необходимо, потому что существуют определенные рекомендуемые скорости потока масла для каждой из этих линий :
- линия всасывания 0,5 – 1,5 м/с
- линия нагнетания 3 – 10 м/с
- линия возврата 2 – 5 м/с

Использование номограммы

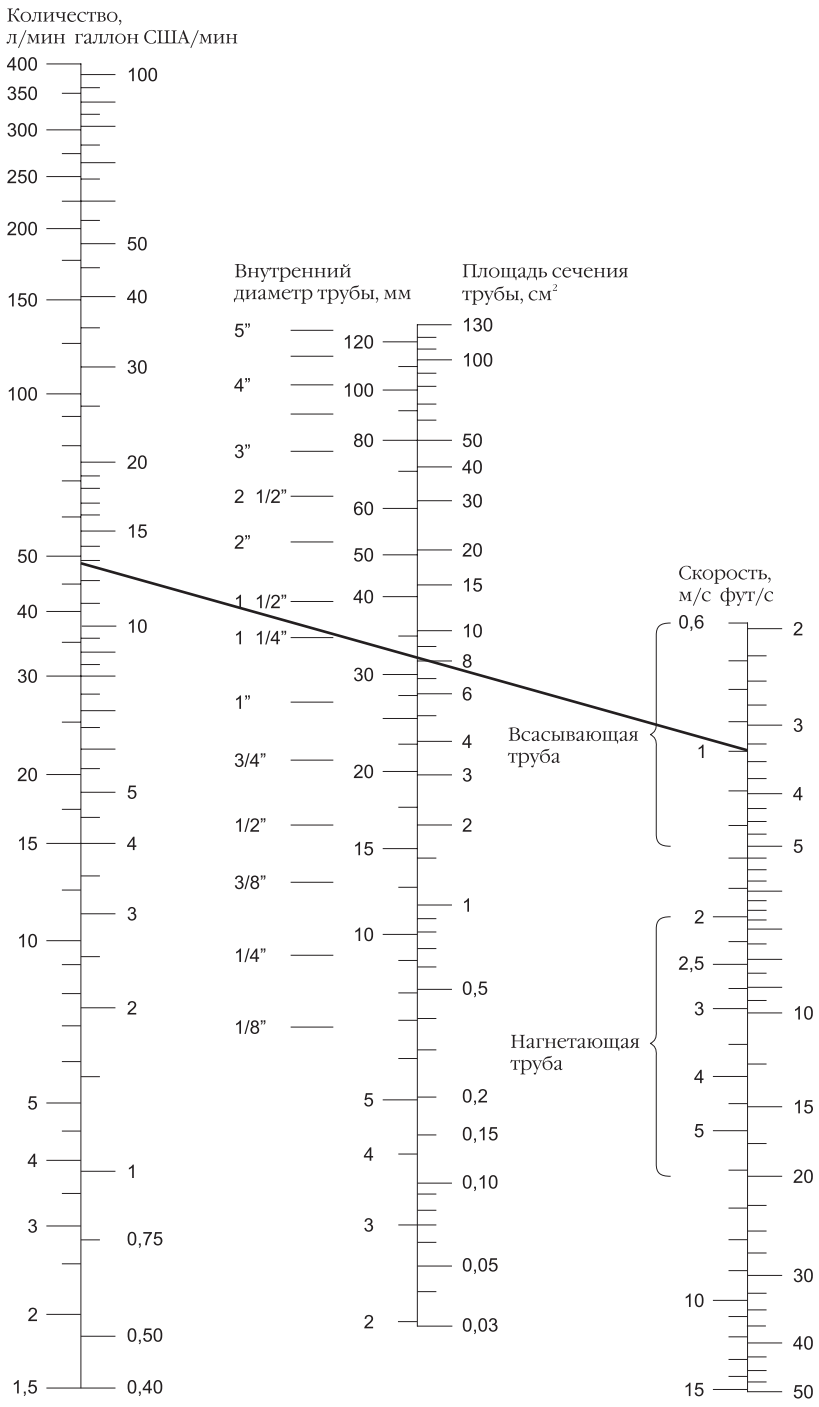
Проложите линейку между двумя внешними шкалами таким образом, чтобы засечь ей известный расход и требуемую скорость для рассматриваемого типа труб. Считайте ближайший внутренний диаметр по центральной шкале (см. пример).
В зависимости от максимального давления может также быть принято решение об использовании легких либо тяжелых гидравлических труб и шлангов. С этим связана большая разница в цене, особенно для соответствующих фитингов.
Используйте таблицу размеров труб и максимальных рабочих давлений.

Клапаны

Клапаны используются во всех гидравлических системах. Может оказаться, что в простых системах применяются только разгрузочный клапан (предохранительный клапан) и распределительный клапан. Другие системы могут быть более сложными и могут включать множество разнообразных перепускных клапанов с электронным управлением

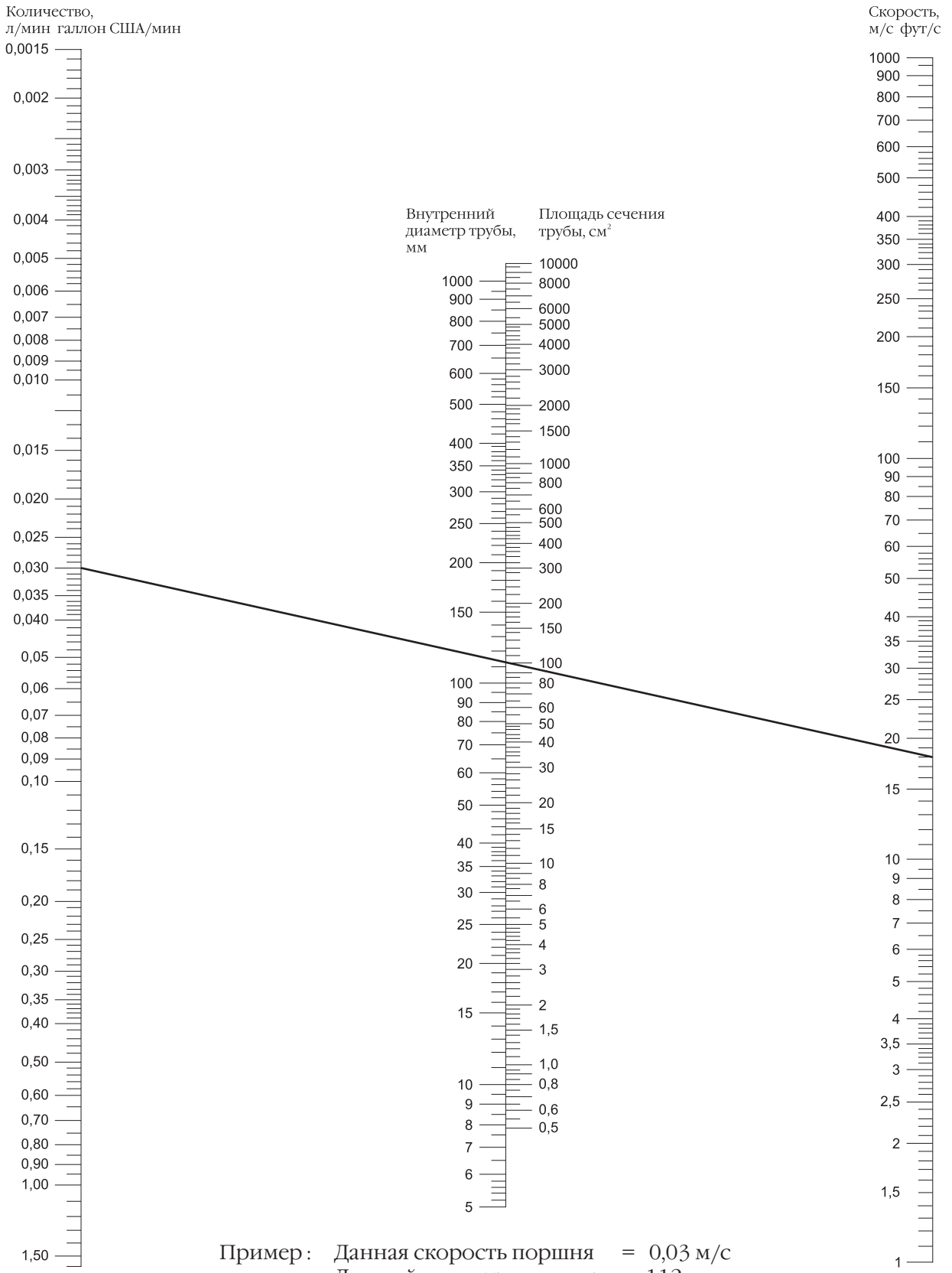
При наличии широкого ассортимента клапанов легко ошибиться в выборе и без пользы потратить большие денежные средства. Если возникают сомнения можно обратиться за советом о выборе к поставщику интересующего изделия. Важно не выбрать слишком большой или слишком маленький по отношению к расходу клапан. Если он слишком мал, будут очень большие потери давления, приводящие к выделению теплоты и возникновению кавитации. Если клапан слишком велик, это может повлечь за собой плохие регулирующие характеристики, при которых будет работать толчками цилиндр, либо вибрировать вся система.

Расчет диаметра трубы



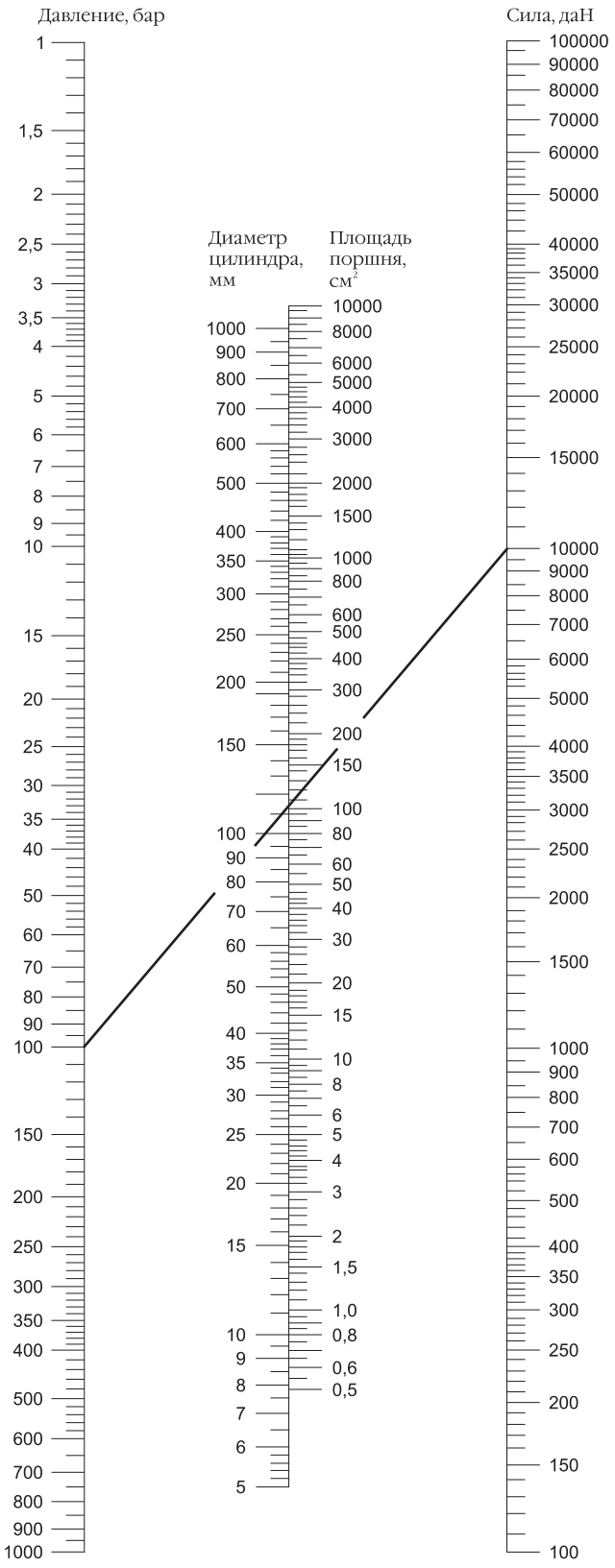
Пример : Данный объем = 50 л/мин
Данная скорость = 1 м/с
Искомый диаметр = 32 мм (внутренний)

Расчет скорости поршня –расхода масла



Пример : Данная скорость поршня = 0,03 м/с
Данный диаметр цилиндра = 112 мм
Искомая производительность насоса = 18 л/мин

Расчет силы, создаваемой цилиндром



Пример : Данное давление = 100 бар
Данный диаметр цилиндра = 112 мм
Искомая сила = 10000 даН

Таблица сил, создаваемых гидроцилиндром

Цилиндр	Площадь поршня	Шток поршня	Площадь поршня без площади штока	■➤ толкает ◄■ тянет											
				250 бар		210 бар		175 бар		140 бар		100 бар		70 бар	
				■➤	◄■	■➤	◄■	■➤	◄■	■➤	◄■	■➤	◄■	■➤	◄■
мм	см^2	мм	см^2	т	т	т	т	т	т	т	т	т	т	т	т
40	12,566	22	8,765	3,141	2,191	2,638	1,840	2,199	1,533	1,759	1,227	1,256	0,876	0,879	0,613
		28	6,409		1,602		1,345		1,121		0,897		0,640		0,448
50	19,635	28	13,478	4,908	3,369	4,123	2,830	3,436	2,358	2,748	1,886	1,963	1,347	1,374	0,943
		36	9,457		2,364		1,986		1,654		1,323		0,945		0,661
63	31,172	36	20,994	7,793	5,248	6,546	4,408	5,455	3,673	4,364	2,939	3,117	2,099	2,182	1,469
		45	15,268		3,817		3,206		2,671		2,137		1,526		1,068
80	50,265	45	34,361	12,56	8,590	10,555	7,215	8,796	6,013	7,037	4,810	5,026	3,436	3,518	2,405
		56	25,635		6,158		5,173		4,311		3,448		2,463		1,724
100	78,539	56	53,909	19,63	13,47	16,493	11,32	13,744	9,434	10,995	7,547	7,853	5,390	5,497	3,773
		70	40,045		10,01		8,409		7,007		5,606		4,004		2,803
125	122,71	70	84,233	30,67	21,05	25,769	17,68	21,474	14,74	17,179	11,79	12,271	8,423	8,589	5,896
		90	59,100		14,77		12,41		10,34		8,274		5,910		4,137
160	201,06	90	137,45	50,26	34,36	42,222	28,86	35,185	24,05	28,148	19,24	20,106	13,74	14,07	9,621
		110	106,03		26,50		22,26		18,55		14,84		10,60		7,422
200	314,16	110	219,13	78,54	54,78	65,973	46,01	54,978	38,34	43,982	30,67	31,416	21,91	21,99	15,339
		140	160,22		40,05		33,64		28,03		22,43		16,02		11,215

ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОСИСТЕМЫ

Все гидравлические системы в принципе состоят из одних и тех же элементов, но, как и в электронике, число их комбинаций бесконечно, а ассортимент элементов огромен.

Какие элементы системы наиболее важны ?

... это цилиндр или двигатель, служащий для совершения работы,

... или жидкость (масло), которое передает силу от двигателя к цилиндру,

... или трубы и шланги, подводящие масло к двигателю или гидроцилиндру,

... или клапаны, управляющие течением масла,

... или насос, который передает энергию и движение маслу,

... или фильтр, который удаляет из масла грязь,

... или охладитель масла, обеспечивающий допустимую температуру масла,

... или бак, в котором содержится масло для системы?..

Ответом должно быть утверждение, что к каждому из этих элементов предъявляются специфические требования, и, поскольку выход из строя ни одного из них недопустим, все они являются одинаково важными. Поэтому на всех стадиях их изготовления, выбора и применения должна проявляться исключительное внимание.

При подготовке гидравлической диаграммы конструктор должен постоянно следить за качеством, в том числе качеством самого чертежа, с целью избежания ошибок при его последующем чтении. Для этого желательно всегда пользоваться символикой стандарта ISO / CETOP.

Когда в дальнейшем диаграмма используется для подготовки списков составных частей и точных поэлементных спецификаций, часто возникают проблемы в выборе характеристик элементов.
Конструктор роется в красочных брошюрах и каталогах, кроме того, сначала для него все является вопросом. Возникает соблазн перейти к эмпирическим методам и «добавить немного для безопасности». В результате создается система, которая либо слишком дорогая, либо ненадежна и низкого качества.

Все достойные уважения производители гидравлических узлов приводят в своих каталогах реальные полезные цифры, а не просто теоретически ожидаемые данные.
Технические данные в каталогах «Данфосс» всегда являются средними значениями, найденными по определенному количеству стандартных гидравлических элементов. Кроме этих данных, каталоги содержат массу полезной и подробной информации по выбору, установке и запуску узлов вместе с описанием их функций.
Эту информацию, разумеется, необходимо иметь в виду во избежание перегрузки, завышения интенсивности эксплуатации и, как следствие, перегрева масла, а также чтобы не допустить создание системы с завышенными характеристиками, плохой способностью к регулированию и высокой стоимостью.

Бак

Рассмотрим несколько подробнее пример гидросистемы, начиная с : бака, имеющего много функций, например:

- резервуар для масла системы
- охладитель
- грубый фильтр, отстаивание загрязнений
- отделитель воздуха и воды
- источник для насоса и т. д.

Размеры бака и его форма имеют большое значение, поэтому он, как и другие элементы гидросистемы, должен быть специально спроектирован в соответствии с назначением. Расположение бака также имеет значение, поскольку смотровое окошко, фильтры, наливная горловина, воздушный фильтр, сливной кран и т.д. должны быть доступны для ежедневного осмотра. Если установка мобильная, если в системе отсутствует охладитель масла при условии хорошего обдува бака воздухом, размер бака может быть примерно определен как минутная подача насоса, умноженная на 3 ё 4.
На рис. 1 показаны две схемы расположения.
Предпочтительным является расположение 1, так как ему соответствует максимально возможное охлаждающее действие.

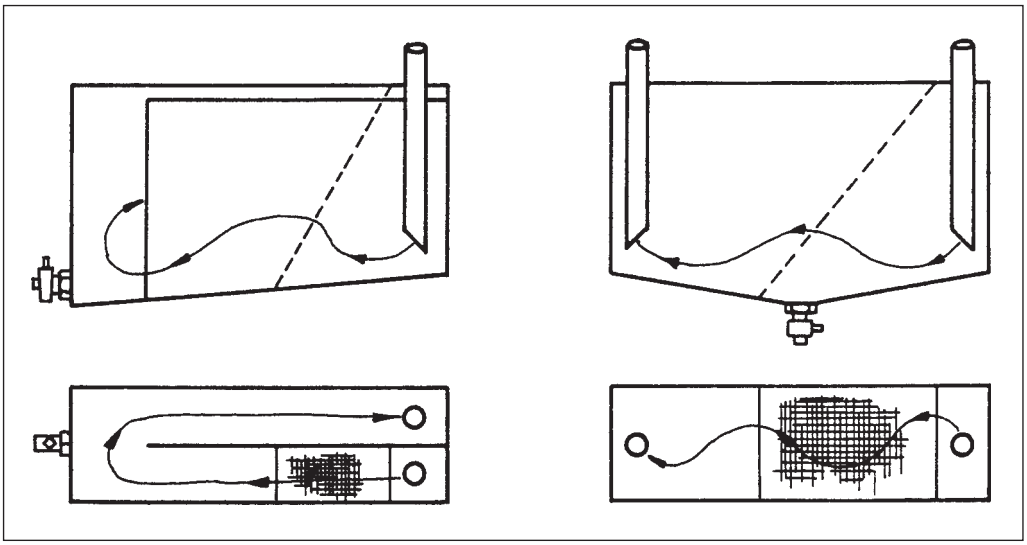


Рис. 1

Для увеличения способности бака отделять грязь и воду его дно должно быть немного наклонено (более глубокая часть напротив входного / выходного патрубка). Обычный сливной кран (без рукоятки) устанавливается так, чтобы все загрязнения могли быть легко слиты. Улучшенное отделение воздуха, всегда присутствующего в масле, может быть получено путем установки наклонного грубого металлического сетчатого фильтра (примерно 25 – 50 ячеек на дюйм) в сливную линию.

И труба всасывания, и возвратная труба должны быть срезаны по диагонали. Концы труб должны быть удалены от дна бака на расстояние, равное 2 - 4 диаметрам труб. Это необходимо, чтобы устранить вспенивание в линии возврата и предотвратить затягивание воздуха в линию всасывания, особенно когда транспортное средство / резервуар накренивается в сторону.
С целью обеспечения легкости доступа к внутренней поверхности при ежегодной «весенней чистке» бак должен иметь большие съемные крышки либо по бокам, либо сверху, либо по торцам. Если установлены фильтры, они должны располагаться выше уровня масла в баке так, чтобы их можно было легко заменить без существенной утечки масла.

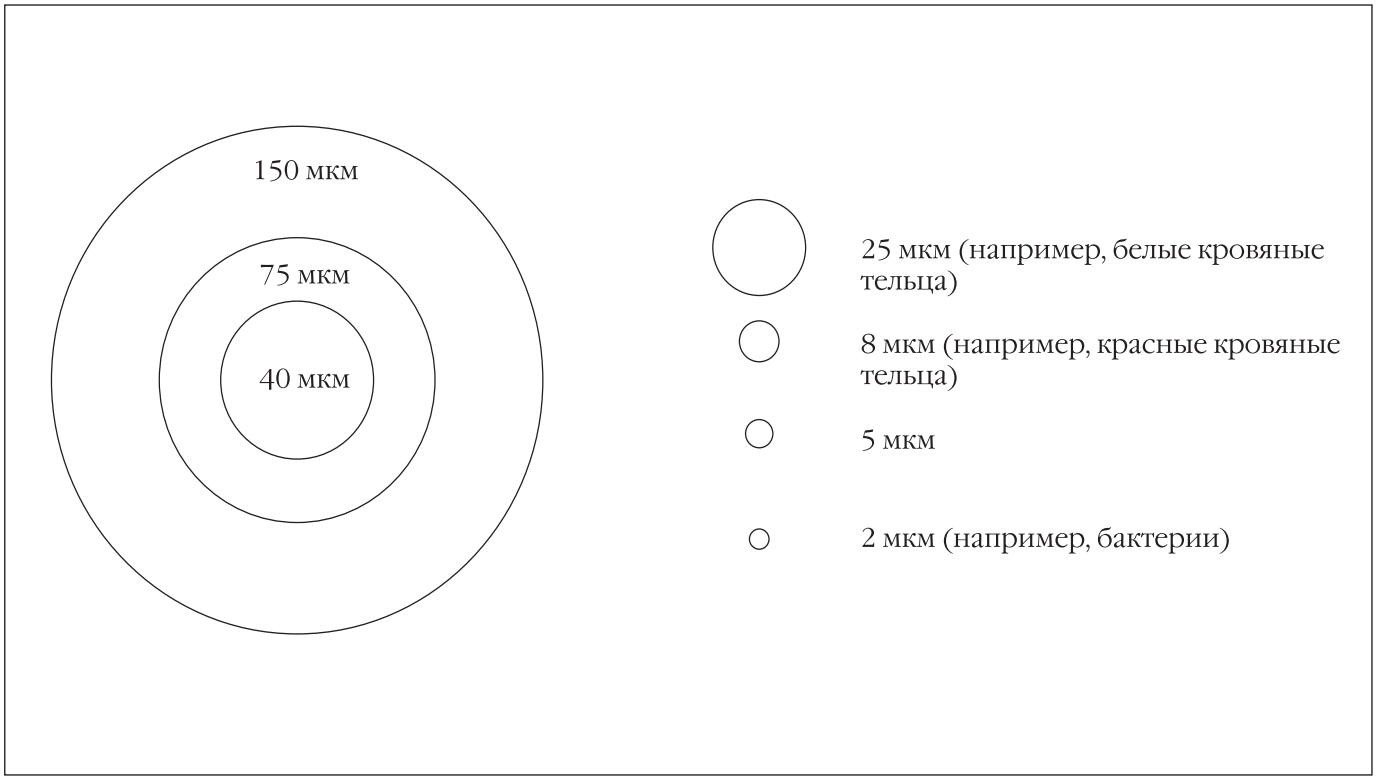
Так как баки изготавливаются из стальных пластин, неизбежна коррозия (даже ниже уровня масла, поскольку масло содержит и воду, и воздух), поэтому рекомендуется подвергнуть внутреннюю часть бака поверхностной обработке. Если бак было решено окрасить, перед нанесением грунтовки и окончательных красочных покрытий необходимо произвести тщательную очистку и обезжиривание. Используемая краска должна быть стойкой к горячему маслу гидросистемы.
Если охлаждающее действие бака и других элементов недостаточно для того, чтобы держать температуру масла ниже допустимого максимума, должен быть установлен охладитель. Многие поставщики частично из-за ресурса резиновых частей, частично из-за колебания допусков и, возможно, плохой смазки в качестве абсолютного максимума назначают температуру 90 °C.
В настоящее время довольно часто непосредственно в горячие элементы гидросистем устанавливаются электронные устройства. В таких случаях следует стремиться к уменьшению максимальной температуры масла до 80 °C.

Фильтры

Степень фильтрации и размеры фильтра зависят от большого количества различных критериев. Наиболее важные факторы, которые необходимо учитывать, следующие:

Окружающая среда :	насколько серьезными будут последствия, если система выйдет из строя по причине загрязнения?
Количество масла :	будет ли в системе несколько литров или несколько сотен литров ?
Остановка работы :	какие убытки принесет час / день простоя системы ?
Чувствительность к грязи :	насколько чувствительны к загрязнению элементы системы ? Какая степень фильтрации рекомендуется поставщиком элементов?
Типы фильтров :	использовать ли фильтры всасывания, нагнетания или возврата с магнитами или без магнитов ? Применять ли тщательное фильтрование всего потока или использовать еще обводное фильтрование через тонкие фильтры ? Какой тип индикаторов загрязнений выбрать: визуальный, механический или электрический ?
Фильтрация воздуха :	воздух должен быть отфильтрован так же тщательно, как фильтрует самый тонкий фильтр гидросистемы. В противном случае в бак вместе с воздухом будет попадать слишком много грязи. Если в системе имеются большие дифференциальные или плунжерные цилиндры, бак будет втягивать и выталкивать в атмосферу большие объемы воздуха. Поэтому размер воздушного фильтра должен быть большим. Следует помнить, что видимые невооруженным глазом частицы грязи (более 40 мкм), как правило, являются менее опасными, чем невидимые. Обычно наиболее опасные частицы для гидроэлементов с нормальными допусками имеют размеры 5 – 25 мкм.

Относительный размер частиц



Невооруженным глазом невозможно увидеть предметы мельче 40 мкм.

Для обеспечения нормальной работы степень фильтрации в гидравлических изделиях может быть обычно поделена на следующие группы :

Гидромоторы : номинал 25 мкм – степень загрязнения 20 / 16 (см. ISO 4406) для возвратного фильтра или с использованием магнитного вкладыша при использовании более грубого фильтра (например 40 мкм)

Насосы-дозаторы : для систем, имеющих эффективный воздушный фильтр и работающих в чистой среде, допускается номинал 25 мкм. В других случаях для обеспечения 19/16 необходима установка фильтра с абсолютным шагом 10 мкм. Фильтры могут быть как в линии возврата, так и в линии нагнетания.

Пропорциональные клапаны: в большинстве случаев достаточно фильтра в линии возврата с номиналом 25 мкм, но в системах, особенно подверженных загрязнению, для устойчивой работы рекомендуется установка фильтра в линии нагнетания

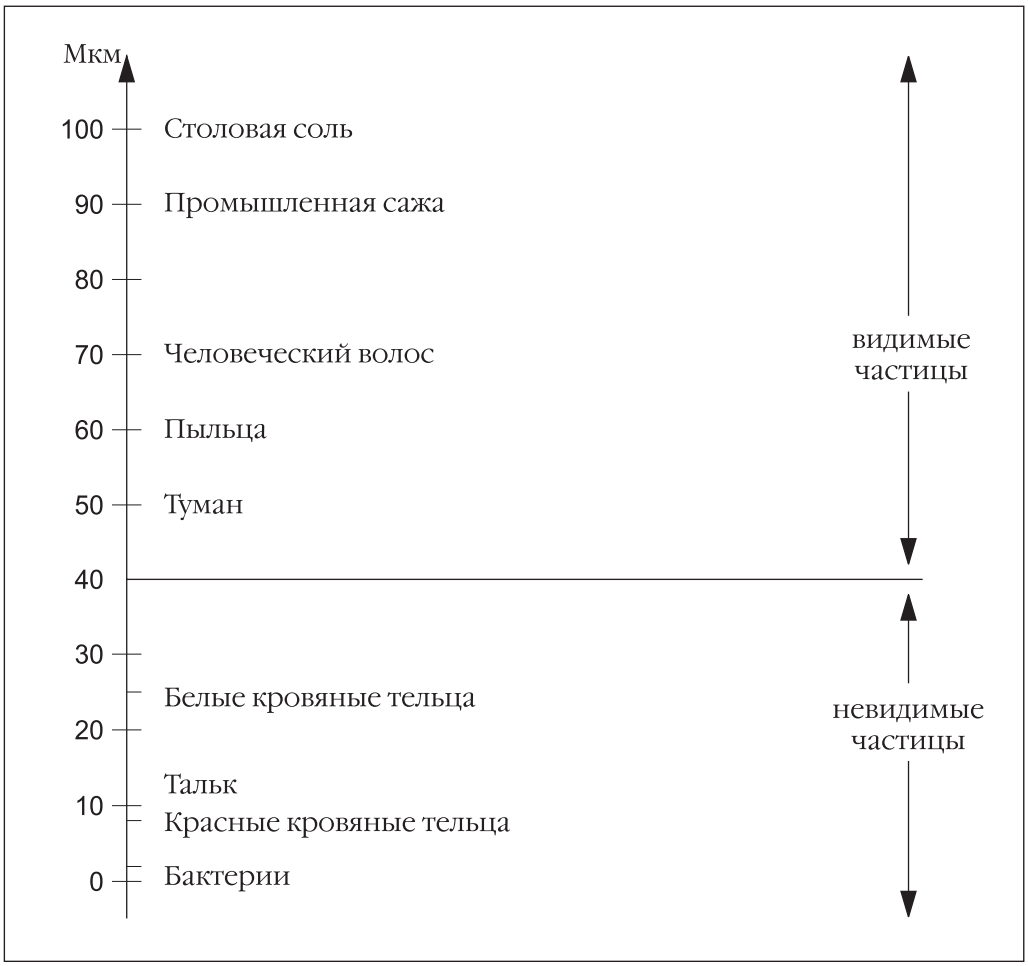
Радиально-поршневые насосы : в открытых так же, как и в закрытых системах :

Фильтр в линии всасывания: номинал 100 мкм или тоньше, не тоньше номинала 40 мкм

Сливной фильтр: абсолютный размер 20 мкм или номинал 10 мкм – 19/16.

Для обеспечения возможности проверки рабочего состояния системы следует устанавливать фильтры с индикаторами загрязнения. Во избежание недопустимого падения давления в линии всасывания и, как следствие, кавитации это особенно важно выполнять для фильтра всасывания. Давление в линии всасывания должно быть не ниже 0,8 бар по абсолютной шкале.
Следует помнить, что дренажные трубы от клапанов, гидромоторов и т. д. также должны подводиться к баку через возвратный фильтр. Для насосов давление в сливной линии не должно превышать 1 бар. Поэтому поток масла должен иметь возможность обходить фильтр.

Размеры



ВЫБОР ТИПА МАСЛА

Требования к маслу

- хорошие смазывающие свойства
- хорошие характеристики износа
- удовлетворительная вязкость
- хороший ингибитор коррозии
- хорошие антиаэрационные свойства
- надежное отделение воздуха
- хорошее отделение воды

Масло в гидросистеме должно в первую очередь передавать энергию, но движущиеся части гидроузлов также должны смазываться для уменьшения трения и последующего выделения тепла. Кроме того, масло должно выводить из системы частицы грязи и отводить тепло, осуществлять защиту от коррозии.

Типы жидкостей в гидравлике

- минеральное масло
- вода
- масло / вода – эмульсии
- смесь вода / полигликоль
- синтетические жидкости

Типы масла

Наиболее распространенное для гидросистем масло – на основе минерального.

Класс CETOP RP75H включает в себя следующие 4 группы :

- HH : масло без присадок
- HL : масло со специальными присадками для увеличения стойкости к старению и защиты от коррозии
- HM : “HL” + присадки для улучшения характеристик износа
- HV : “HM” + присадки для увеличения индекса вязкости

Невоспламеняемые жидкости

Однако может оказаться более приемлемым использовать другие типы масла; это особенно относится к мобильным системам, например тракторам и т. д. Преимущество здесь заключается в использовании одного и того же масла для дизельного двигателя, коробки передач и гидросистемы, которая часто подает масло и к исполнительному гидроустройству и к рулевому механизму. В других системах и в гидроустройствах, и в коробке передач используется трансмиссионное масло. В шахтах и на морских разработках применяются огнестойкие жидкости.

Огнестойкие гидравлические масла иногда называют «невоспламеняемыми гидромаслами», но при благоприятных условиях все они будут гореть.

В маслах на основе воды только одна вода и делает их огнестойкими. После испарения воды они могут гореть.
Из синтетических огнестойких масел применяются только эфиры ортофосфорной кислоты.

Очень важно выбрать тип масла, содержащий нужные присадки, т. е. те, которые при выполнении рекомендаций по обслуживанию обеспечивают устойчивую работу и большой ресурс и гидроузлов, и самого масла.

Присадки

Для улучшения характеристик минерального масла применяются различные виды присадок.
Обычно стремятся улучшить следующие характеристики :

- Смазывание контакта металл-металл на высоких и низких скоростях

- Изменение вязкости должно быть малым в широком температурном интервале. Эта характеристика называется индексом вязкости (VI).

- Растворимость воздуха должна быть малой, а выделение воздуха – большим.

- Должна быть малой склонность к вспениванию.

- Должна быть низкой токсичность масла и его паров.

Поставщики редко указывают количество и тип этих присадок, такие точные данные вряд ли нужны пользователю. Исключением, однако, являются присадки против износа, так как от них зависит отсутствие заеданий и продление ресурса системы.

По мнению Данфосс, идеальное масло содержит:

либо: 1,0 – 1,4 % диаллилцинкдитиофосфата (промышленное название - лубризол 677 А)

либо: 1,0 –1,6 % трикрезилфосфата (промышленное название – линдоловое масло)

либо: 1,0 – 1,6 % триарилфосфата (промышленное название – коалит)

либо: присадки, дающие сходные эффекты

Моторные масла

Моторные масла и большинство трансмиссионных масел содержат самоочищающие присадки. Для гидросистем они являются вредными. Например, вода, сконденсированная в масле, не может быть слита, она формирует с маслом эмульсию. Это, в свою очередь, приводит к быстрому засорению фильтров.

Система классификации вязкостей

Международная организация по стандартизации (ISO) разработала систему классификации вязкостей для промышленных смазочных масел. Эту систему (ISO 3448) решили ввести в практику компания Shell и другие крупные нефтяные компании.

Диаграмма вязкостей

Номер кинематической вязкости по ISO	Средняя вязкость в сСт при 40 °C	Предельные значения вязкости в сСт при 40 °C	
		минимум	максимум
ISO VG 2,00	2,20	1,98	2,42
ISO VG 3,00	3,20	2,88	3,52
ISO VG 5,00	4,60	4,14	5,06
ISO VG 7,00	6,80	6,12	7,48
ISO VG 10,00	10,00	9,00	11,00
ISO VG 15,00	15,00	13,50	16,50
ISO VG 22,00	22,00	19,80	24,20
ISO VG 32,00	32,00	28,80	35,20
ISO VG 46,00	46,00	41,40	50,60
ISO VG 68,00	68,00	61,20	74,80
ISO VG 100,00	100,00	90,00	110,00
ISO VG 150,00	150,00	135,00	165,00
ISO VG 220,00	220,00	198,00	242,00
ISO VG 320,00	320,00	288,00	352,00
ISO VG 460,00	460,00	414,00	506,00
ISO VG 680,00	680,00	612,00	748,00
ISO VG 1000,00	1000,00	900,00	1100,00
ISO VG 1500,00	1500,00	1350,00	1650,00

ПРОВЕРКА МАСЛА

Очевидно, что более 70 % всех проблем с гидросистемами могут быть отнесены непосредственно к состоянию масла.

Вода в масле

При наличии воды в масле, его необходимо заменить, так как вода вызывает не только повреждения шариковых и роликовых подшипников, но и коррозию всех стальных поверхностей. Это особенно относится к тем поверхностям, которые соприкасаются с маслом, содержащим не только воду, но и кислород, содействующий коррозии. Все это приводит к опасности уменьшения рабочей площади фильтра и, как следствие, повышению абразивности масла.

Окисление масла

Поскольку время службы масла для гидросистем сильно зависит от рабочей температуры, обычно следует стремиться к поддерживанию рабочей температуры 30 – 60 °C. Существует эмпирическое правило: срок службы масла уменьшается вдвое каждый раз при увеличении его рабочей температуры на каждые 8 °C выше 60 °C. Таким образом, при 90 °C срок службы масла составит около 10 % от его срока службы при 60 %.
Причиной этого является окисление. При атмосферном давлении все масла содержат менее 0,1 литра воздуха на 1 литр масла. Поэтому на практике всегда присутствует кислород, который, постепенно воздействуя на масло, реагирует с углеводородами; при увеличении окисления масло становится темнее по цвету, повышается его вязкость. В конце концов, продукты окисления перестают растворяться в масле и оседают по всей системе, образуя коричневый липкий слой.
Это вызывает залипание клапанов и повышенное трение в подшипниках, цилиндрических золотниках и цилиндрах насосов. Окисление также приводит к образованию кислот, вызывающих коррозию.
Последующее за этим увеличение рабочей температуры еще более ускоряет процесс окисления, и вскоре из-за осадка, высокой вязкости и накопленных кислот масло становится совершенно непригодным для работы в гидросистеме.
Поэтому необходимо следить за маслом. Многие моменты можно проверить даже без лабораторного оборудования.
Возможно провести следующие виды проверки

Наличие воды

Наличие воды может быть обнаружено следующим образом.
Слейте 2 – 3 $см^3$ масла в пробирку дайте ей постоять несколько минут, пока не пропадут пузырьки воздуха. Далее нагрейте масло (например, на газовой зажигалке), одновременно слушая (у горлышка пробирки), не происходят ли в масле небольшие “взрывы”. Этот звук возникает от появления водяного пара, когда в масле резко закипают маленькие порции воды.

Вязкость

С хорошей точностью вязкость можно установить, используя самодельное приспособление, состоящее из небольшого сосуда (например, металлической банки) объемом 3 / 4 литра.
Дно банки должно быть немного выдавлено наружу, в нем должно быть просверлено отверстие диаметром 4 – 5 мм без заусенцев.
Зажав отверстие пальцем, налейте в банку воду, нагретую до 40 – 50 °C.
Уберите палец и заметьте время (в секундах) за которое выльется вода.
Повторите эксперимент, на этот раз используя масло. Вязкость масла может быть вычислена в градусах Энглера (E°):

$$\text{Вязкость по Энглеру} = \frac{\text{время слива масла}}{\text{время слива воды}} \ [E°]$$

Таблицу перевода единиц см. на с. 20.

Запах и внешний вид

Запах и вид образца масла также многое говорят о его состоянии, особенно если сравнить его с образцом чистого неиспользованного масла при той же температуре и в таком же стеклянном сосуде. Если оставить два этих образца постоять ночь, то в пробирке с использованным маслом может появиться осадок. Если это произойдет, то необходимо тщательно отфильтровать масло в системе и прочистить бак.

Если эти сравнительно грубые тесты покажут, что масло неудовлетворительное, в небольших системах масло необходимо заменить, а в более крупных – отослать примерно 1/2 – 1 л масла в лабораторию для более точной проверки. Следует помнить, что бутылки, используемые под образцы масла, должны быть **абсолютно** чистыми.

Таблицы перевода единиц вязкости

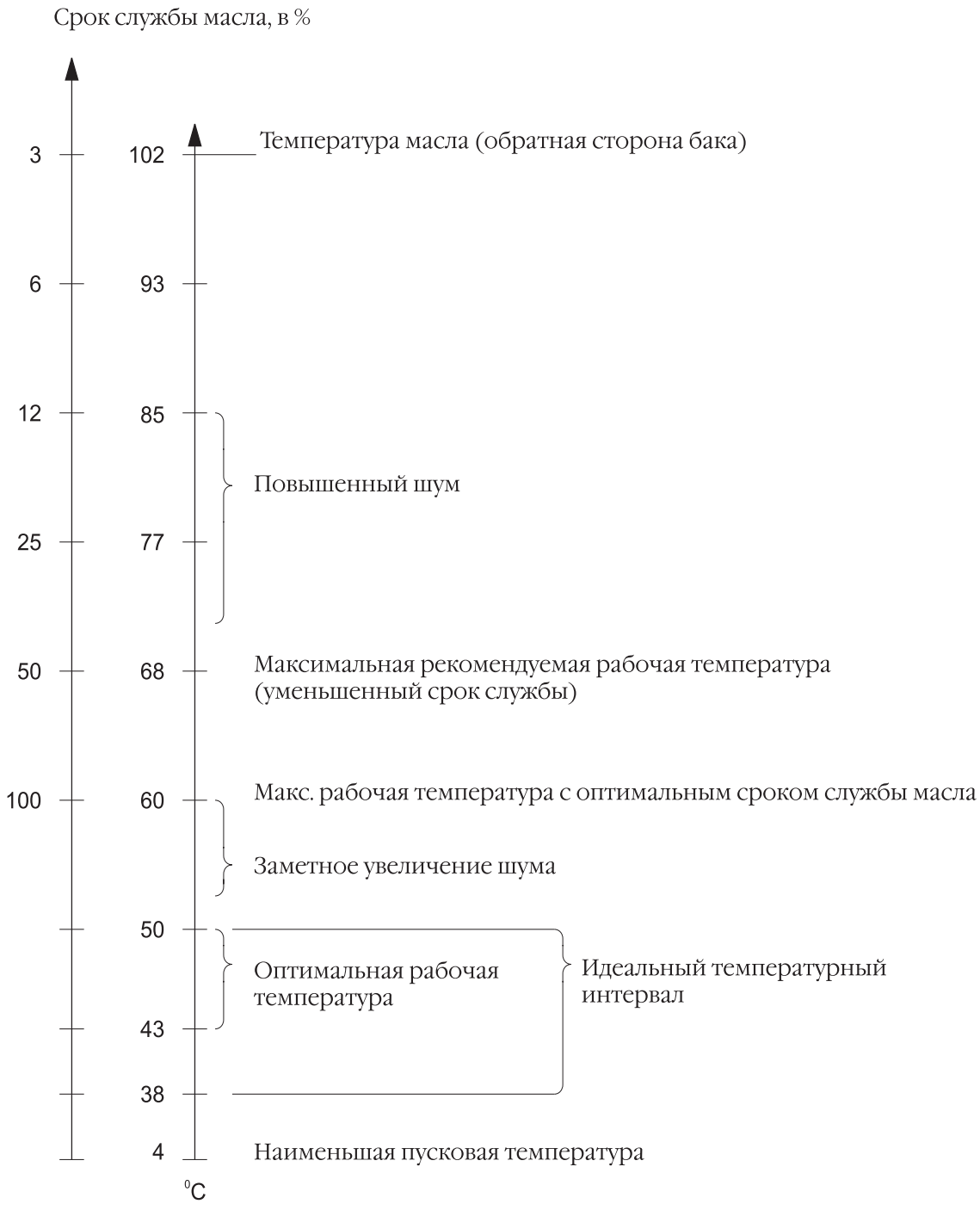
сСт	E°	R	S
1,00	1,00	26,7	29,3
1,50	1,07	28,4	31,3
2,00	1,12	30,3	33,1
2,50	1,17	31,7	34,8
3,00	1,22	33,0	36,5
3,50	1,27	34,5	38,0
4,00	1,31	35,8	39,5
4,50	1,35	37,1	41,0
5,00	1,40	38,5	42,5
5,50	1,44	39,7	44,0
6,00	1,48	41,1	45,4
6,50	1,52	42,4	47,0
7,00	1,57	43,8	48,6
7,50	1,60	45,2	50,2
8,00	1,65	46,5	51,8
8,50	1,70	48,0	53,4
9,00	1,75	49,4	55,1
9,50	1,79	51,0	56,8
10,00	1,83	52,4	58,5
10,50	1,88	53,9	60,2
11,00	1,93	55,4	62,0
12,00	2,02	58,5	65,6
13,00	2,12	61,8	69,3
14,00	2,22	65,1	73,1
15,00	2,32	68,4	77,0
16,00	2,43	71,8	81,0
17,00	2,54	75,4	85,0
18,00	2,65	79,0	89,2
19,00	2,76	82,8	93,4
20,00	2,88	86,7	97,6
21,00	2,99	90,4	101,9
22,00	3,10	94,0	106,2
23,00	3,22	97,8	110,5
24,00	3,35	101,5	114,9
25,00	3,46	105,2	119,2

сСт	E°	R	S
26,00	3,58	109,1	123,6
27,00	3,71	113,0	128,0
28,00	3,83	117,0	132,4
29,00	3,96	120,9	136,8
30,00	4,09	124,8	141,3
31,00	4,21	128,8	145,7
32,00	4,34	132,7	150,2
33,00	4,47	136,6	154,7
34,00	4,58	140,6	159,2
35,00	4,71	144,4	163,7
36,00	4,83	148,8	168,2
37,00	4,96	152,5	172,8
38,00	5,09	156,5	177,3
39,00	5,22	160,5	181,9
40,00	5,34	164,5	186,5
41,00	5,47	168,6	191,0
42,00	5,60	172,6	195,6
43,00	5,73	176,6	200,2
44,00	5,86	180,7	204,8
45,00	5,99	184,7	209,4
46,00	6,11	188,7	214,1
47,00	6,25	192,8	218,7
48,00	6,37	196,8	223,3
49,00	6,50	200,8	227,9
50,00	6,63	204,8	232,6
51,00	6,76	208,9	237,2
52,00	6,88	213,1	241,8
53,00	7,01	217,2	246,5
54,00	7,15	221,3	251,1
55,00	7,27	225,3	255,7
56,00	7,40	229,4	260,4
57,00	7,53	233,4	365,0
58,00	7,67	237,4	269,6
59,00	7,79	241,4	274,2
60,00	7,92	245,5	278,0

сСт = сантистокс
E° = градус Энглера

R = Редвуд
S = Сэйболт

Температурные условия для масел в гидросистеме



УСТАНОВКА СИСТЕМЫ

После того как конструктор выполнил все вычисления и правильно выбрал элементы системы, должен быть рассмотрен ряд вопросов :

Где и как должны быть установлены элементы ?

Это должно строго соответствовать в том числе следующим факторам :

- Соответствие работе, которую должен совершать двигатель или цилиндр.

- Легкий доступ для установки и осмотра, а также для ремонта и замены. Нет такой системы, которая никогда не нуждается в ремонте.

- Максимальная теплоотдача – достигается путем установки отдельных элементов, таких, как баки, трубы, шланги и фильтры на внешних контурах системы. Большое количество теплоты будет отводиться от системы, если трубы будут притянуты к раме машины или шасси транспортного средства.

- Шумоподавление – предмет законов об окружающей среде. Можно многого достичь, устанавливая насосы и их двигатели на амортизаторах и соединяя все движущиеся / вибрирующие элементы гидросистем и другие жесткие части системы шлангами.

Не забывайте выполнять инструкции о трубах, шлангах и фитингах, приведенные в каталогах.

Помните, что необходимо тщательно очищать сварные и гнутые с нагревом трубы. Окалина и др. могут быть удалены с помощью чистки проволочной щеткой или травления с последующей тщательной промывкой и сушкой.

Настоятельно рекомендуется прочитать указания поставщика и выполнять требования, описанные в инструкциях по установке, которые почти всегда поставляются вместе с гидроэлементами.

При работе с гидравликой следует помнить три наиболее важных правила:

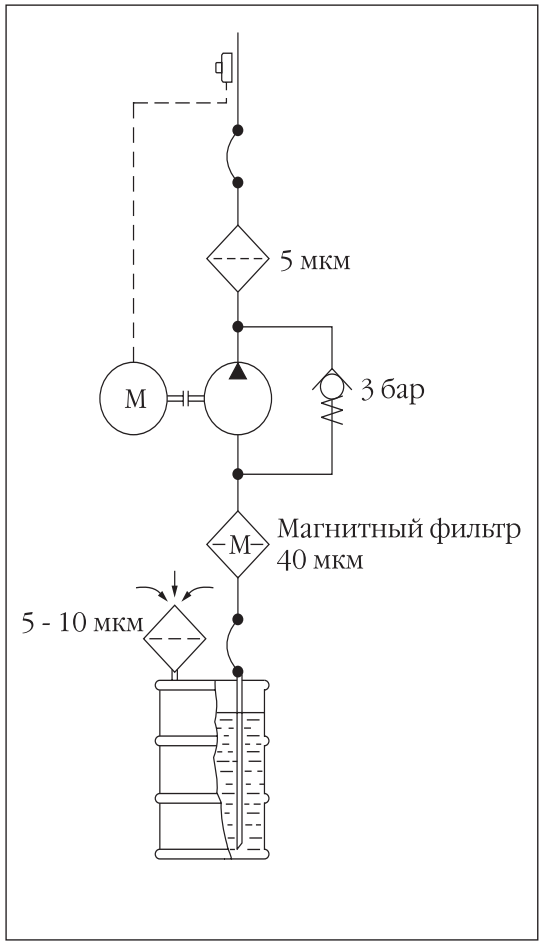
1. ЧИСТОТА
2. ЧИСТОТА
3. ЧИСТОТА

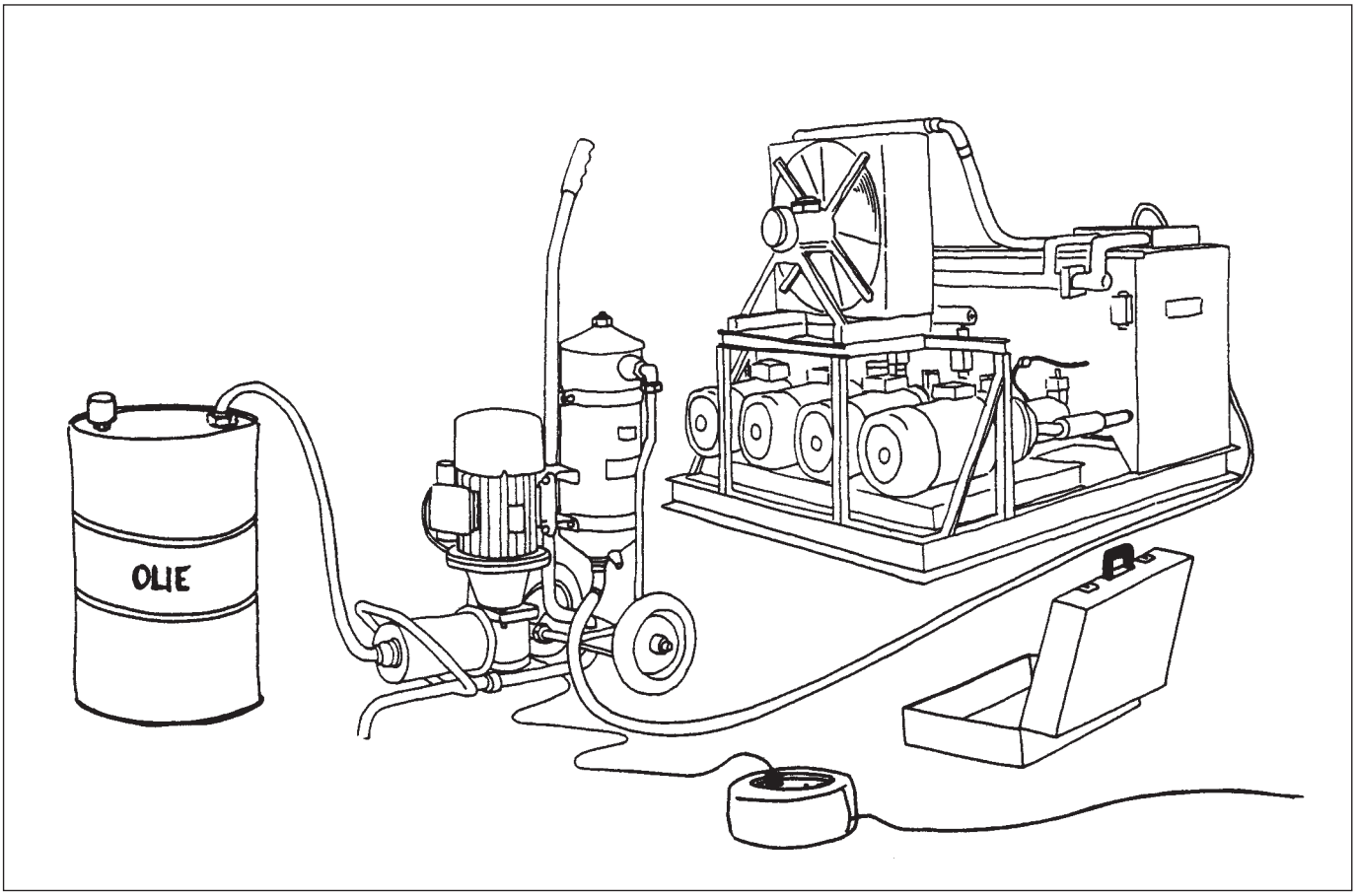
Правило 1

Связано с чистотой в процессе установки гидросистемы. Шланги, трубы и фитинги после их изготовления никогда не бывают чистыми, поэтому их необходимо очищать непосредственно перед установкой. Трубы, в том числе колена, лучше всего очищать продувкой сжатым воздухом через трубу пробки из крепированной бумаги или смоченной в парафине ткани, не оставляющей ворса. Этот процесс должен повторяться несколько раз до выхода полностью чистой пробки. Если трубы сваривали или гнули с нагревом, их требуется очистить травлением в соляной кислоте с последующей промывкой холодной водой и сушкой. Если трубы не запланировано установить немедленно, их необходимо смазать чистым маслом для гидросистем и заткнуть их концы, иначе трубы будут ржаветь. Заглушки, установленные на всех насосах, двигателях, клапанах и т. д. не должны сниматься до непосредственной установки.

Цехи, рабочие площадки, инструменты и одежда также должны быть как можно более чистыми. Далее, о курении ! Помимо опасности возгорания, вреден табачный пепел – он действует как абразив. Следовательно, курение должно быть запрещено.

Настоятельно рекомендуется тонкая фильтрация масла посредством наливного фильтра. При заливке из металлических бочек в масле почти всегда содержится слишком много посторонних частиц, особенно у дна, где также часто бывает немного воды.
На рис. 2 показан передвижной наливной фильтр. Он состоит из однофазного электродвигателя, мощностью 3 - 4 л.с., вращающего вал насоса низкого давления с подачей 15 – 20 л / мин. Насос всасывает масло из бочки через трубу, которая может быть привернута к фитингу бочки, имеющему размер 3 / 4 по BSP (BSP - стандарт Великобритании на трубы).
Срезанный по диагонали конец трубы удаляется от дна примерно на 4 - 5 см. Масло засасывается через грубый сетчатый металлический фильтр с шагом 40 мкм с магнитным вкладышем, а потом через тонкий 5 мкм фильтр. Тонкий фильтр может быть снабжен выключателем низкого давления, который остановит насос, когда фильтр начнет насыщаться частицами грязи.





Правило 2

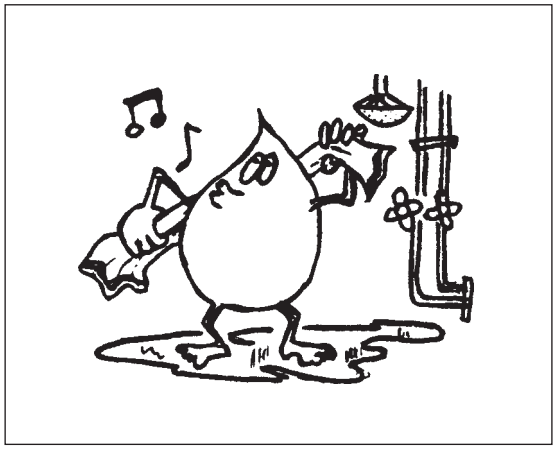
Связано с чистотой во время ежедневной работы гидросистемы. Основная цель – предотвратить загрязнение масла. Для этого нужно, чтобы фильтры (включая воздушные фильтры) были чистыми. Обязательно должны быть чистыми поршневые штоки, валы и уплотнения валов.
Было доказано, что на каждом квадратном сантиметре площади штока в цилиндр проникает одна частица размером более 10 мкм. Представьте поршневой шток диаметром 50 мм, длиной 100 мм, со скоростью 12 м / мин. Это означает – более 20000 частиц, более 10 мкм в минуту.
Приспособления, используемые для залива масла, разумеется, также должны быть чистыми, а масло, заливаемое в систему, должно пропускаться через фильтры такой же тонкой очистки, как у самого тонкого фильтра системы – обычно – 5 мкм, но в любом случае не грубее номинала 10 мкм.
Масло из больших бочек обычно недостаточно чистое и, в зависимости от хранения, часто содержит воду. Поэтому, если бочки хранятся на открытом воздухе, они должны укладываться набок, а еще лучше – ставиться на наклонную поверхность, чтобы вода не скапливалась вокруг пробок.

Правило 3

Относится к чистоте во время осмотра и ремонта. Не будем опять останавливаться на том, что все должно быть как можно более чистым. Перед съемом элемента гидросистемы должны быть очищены и сам элемент, и ближайшие к нему поверхности.

Перед разборкой резьбовых соединений необходимо удалить с них всю рыхлую краску, все открытые части, трубы, шланги и т. д. должны быть закрыты, например обвязаны пластиковыми пакетами. Это необходимо для того, чтобы грязь не попадала в систему во время вынужденного простоя.

Недопустимо разбирать элементы гидросистем на открытом воздухе – только в закрытой мастерской, оснащенной необходимыми устройствами, специальным оборудованием и с квалифицированным персоналом.



ЗАПУСК И ПРИРАБОТКА УСТАНОВКИ

Правильный запуск и приработка имеют первостепенное значение для обеспечения последующей длительной бесперебойной работы.
Часто многие системы, особенно насосы, выходят из строя всего через несколько часов работы, другие – через несколько минут, а все из-за того, что были пропущены самые элементарные операции. К примеру, из-за невнимания к правилам чистоты до и во время запуска.

Но несмотря даже на самую высокую степень чистоты и осторожность, соблюдаемые при сборке, присутствие грязи в новой системе неизбежно. Во время приработки все движущиеся части будут создавать частицы продуктов износа. Поэтому важно не нагружать систему полностью до тех пор, пока вся эта грязь не будет отфильтрована.

Рассмотрим нашу систему, оснащенную, например, насосом Данфосс типа HLP, и изучим процедуру запуска :

1. Осмотрите бак – убедитесь, что внутри он идеально чист. Если он нечистый, почистите его пылесосом.
   Во время установки часто приходится сверлить несколько дополнительных отверстий, не показанных на чертеже, и нарезать в них резьбу.
2. Залейте через фильтрующее устройство (как это показано на с. 23) чистое масло требуемого типа. Если такого устройства нет, все наливные воронки, канистры и шланги должны быть тщательно очищены перед использованием. Масло заливается через возвратный фильтр.

3. Перед запуском насоса проверьте следующее :

   а) Все ли фланцы и резьбовые соединения были затянуты ?
   (Всегда что-то бывает не затянуто.)

   б) Установлен ли дискретный клапан в нейтральное положение ?
   (Если нет, результаты могут быть катастрофическими.)

   в) Установлен ли разгрузочный клапан на минимум ?
   (Результат утечки или нарушений в работе более опаснен при высоком давлении, чем при низком.)

   г) В том ли направлении вращается насос ?
   (Почти все насосы имеют конкретное направление вращения: по часовой стрелке или против часовой, если смотреть на концевик выходного вала.
   Следует отметить направление стрелкой. Многие насосы не выдерживают работы при вращении в неправильном направлении даже в течение нескольких минут.)

   д) Наполнен ли маслом насос и все линии всасывания ?
   (Некоторые насосы не выдерживают вращения без масла в корпусе более нескольких минут.)

Установите в линии всасывания как можно ближе к насосу вакуумметр.
В линии высокого давления установите манометр на 250 бар.
На верхней спускной трубе установите манометр на 5 бар.
Насосы с предварительным насосом должны быть оснащены манометром на 25 бар, установленным на выходе предварительного насоса.
Если на одном валу установлено более одного насоса, манометр должен быть установлен у каждого насоса.

При возможности соедините напорную сторону насоса с баком либо с сосудом на 5 – 10 литров.

6. Установите рабочий объем насоса по крайней мере на 40 % от максимума.

7. Запустите насос (с помощью двигателя внутреннего сгорания при 800 – 900 об/мин, или электродвигателя, имеющего возможности кратковременного пуска / останова). Когда насос начнет всасывать (в бак или сосуд пойдет масло), остановите насос и соедините его напорный патрубок с линией высокого давления системы.

8. Если насос не качает сравнительно быстро, проверьте следующее :
   а) Нет ли утечек в линии всасывания ?
   б) Нет ли в линии всасывания свободного течения ?
   в) Вращается ли насос ?
   г) Установлен ли насос минимум на 40 % рабочего объема.

9. Еще раз запустите насос. При как можно более низком давлении проверьте управление всеми распределительными клапанами каждого двигателя или цилиндра один за другим. Повторяйте переключение клапанов до тех пор, пока не перестанет пениться масло, возвращаемое в бак, и пока двигатели и цилиндры не начнут работать плавно. Часто проверяйте уровень масла, доливайте отфильтрованным маслом.

10. Другая частая проверка: проверяйте, чтобы давление всасывания было не менее 0,8 бар по абсолютной шкале, что соответствует 0,2 бар по шкале вакуумметра.

11. Установите насос на макс. рабочий объем, а двигатель на максимальные обороты (но не более чем 3150 об/мин на установившемся режиме) и дайте системе поработать около 20 минут – пока не стабилизируется температура масла. Часто меняйте направление вращения гидродвигателя и движения гидроцилиндров.

12. Установите отдельные разгрузочные клапаны и нагнетательный клапан насоса на определенное давление. Все вторичные предохранительные клапаны должны быть установлены на давление, на 30 – 40 бар большее, чем у постоянно работающих клапанов. Проверьте температуру масла.

13. При необходимости можно отрегулировать максимальную подачу насоса при помощи ограничителя подачи.

14. Снимите манометры и вакуумметры и установите на их места заглушки. Замените фильтры.
    Проверьте уровень масла.

15. Если в системе содержится большое количество масла (к примеру, 100 литров), можно взять образец масла и отослать его поставщику масла для анализа.

16. Теперь система может быть пущена в эксплуатацию.

ОБСЛУЖИВАНИЕ

Почти все гидросистемы, стационарные и мобильные, сопровождаются инструкциями по эксплуатации, однако предмет инструкций по обслуживанию не менее важен. Покупатель (конечный пользователь) должен знать, что делать, чтобы правильно обслуживать гидросистему. Обязанность передачи этих знаний лежит на производителе.

Периодический осмотр

Регулярный осмотр гидросистемы экономически более выгоден, чем ремонт при выходе из строя. При выходе из строя, вместо того чтобы проверить неисправный элемент, нужно проверять всю систему. Регулярное профилактическое обслуживание системы через определенное количество рабочих часов и регулярная замена наиболее важных уплотнений гарантирует отсутствие убыточных остановок в работе.
Чтобы ничего не забыть, рекомендуется следовать приведенной ниже процедуре по направлению течения масла. Первым в осмотре будет:

Бак

Уровень масла должен соответствовать необходимому. Масло должно быть рекомендуемого типа и вязкости. Для больших систем следует регулярно отсылать на анализ образцы масла. Особо важными факторами для определения годности масла для дальнейшего использования являются: повышение вязкости, уровень кислотности и содержание загрязнений. Если специальное оборудование недоступно, можно опять же изучить состояние масла, налитого в банку, по его цвету.
Плохое масло может быть темным, оно может пахнуть прогоркло или жженым; или оно может быть желтым, непрозрачным или молочного цвета, что указывает на присутствие воздуха и воды в виде эмульсии с маслом. Масло также, конечно, может содержать свободные микроскопические частицы металла и другие посторонние вещества.

Линия всасывания

Необходимо осматривать линию всасывания на предмет выявления повреждений и резких изгибов, уменьшающих сечение трубы и приводящих к кавитации. Резьбовые соединения необходимо осматривать на предмет течей и при необходимости затягивать. Резиновые и пластиковые шланги ненадежны, так как часто сжимаются вакуумом, когда масло горячее. Эти предметы следует заменять трубами или армированными шлангами.

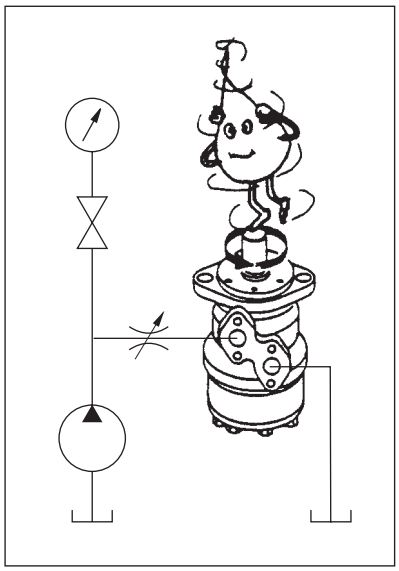
Насос

Насос необходимо осматривать на предмет обнаружения течей в уплотнении вала и в других местах. Если насос приводится в движение клиновым ремнем, следует проверить его на износ и правильное натяжение.
Различные контуры в блоке высокого давления должны проверяться отдельно. При их проверке нужно следовать по направлению течения масла. Течей там быть не должно. Осмотрите пол под транспортным средством на предмет обнаружения пятен масла. Хорошим инструментом для «нащупывания» неисправностей являются кончики пальцев, а также уши – используя отвертку или другой подходящий инструмент как стетоскоп, часто можно услышать неоднородности, которые могут впоследствии вызвать поломку.

Линия возврата и возвратный фильтр

Необходимо осматривать на предмет течей и др. неполадок линию возврата и возвратный фильтр. Фильтр необходимо проверять. Состояние фильтра можно легко определить, если он имеет индикатор загрязнений. Если индикатора загрязнений нет, необходимо снять фильтр и посмотреть, нуждается ли он в чистке или замене.

Два основных фактора – давление и расход – должны соответствовать требованиям. В противном случае ничего не будет правильно функционировать. Этому посвящен данный раздел.
Если под подозрением состояние насоса, требуется отсоединить от системы линию нагнетания и установить манометр вместе с дроссельным клапаном и измерителем расхода, как это показано на рис. 3.



Если измерителя расхода нет, вместо него можно установить гидромотор Данфосс. Рабочий объем насоса на один оборот на холостом ходу имеет высокую точность, и все что нужно сделать, чтобы найти подачу насоса, – это подсчитать количество оборотов в минуту и умножить полученное число на рабочий объем, как показано в примерах ниже :

Пример 1: OMR 100: $\frac{\text{об/мин} \times 100}{1000} = \text{л/мин}$ $\frac{220 \times 100}{1000} = 22$ л/мин

Пример 2: OMR 315: $\frac{\text{об/мин} \times 315}{1000} = \text{л/мин}$ $\frac{220 \times 315}{1000} = 36{,}5$ л/мин

Проверка насоса

Проверьте подачу с при полностью открытом дроссельном клапане.

Закрывайте дроссельный клапан до тех пор, пока давление не станет соответствовать нормальному рабочему давлению.

Снова проверьте подачу и сравните его со значениями, приведенными в каталоге по насосам.

Коэффициент объемной эффективности насоса может быть найден так :

$$\eta\text{vol.} = \frac{\text{расход при рабочем давлении}}{\text{расход при нулевом давлении}}$$

Если подача при рабочем давлении (и соответственно η vol.) окажется слишком малой, насос имеет внутреннюю утечку, как правило, из-за износа или неверного выбора насоса.

Далее поиск неисправностей разделен на три части :

- первая часть посвящена гидросистемам в общем,

- вторая – гидромоторам,

- третья – системам, включающим в себя компонентам гидростатического управления.

Прежде чем начинать поиск неисправностей, стоит подумать !

Каждый процесс поиска неисправности должен происходить в логическом и систематическом порядке. Обычно благоразумнее всего начать со следующих вопросов :

- Имеет ли масло правильный уровень, когда работает насос ?
- Удовлетворительно ли состояние масла и фильтров ?
- Соответствуют ли требуемым давление, расход и направление течения ?
- Имеет ли масло слишком высокую или слишком низкую температуру (вязкость масла) ?
- Присутствуют ли посторонние вибрации и шум (кавитация) ?

При возможности спросите у оператора транспортного средства :

- какого типа неполадка и как она отражается на системе,
- как давно он почувствовал, что что-то не так,
- не «химичил» ли он с гидроэлементами,
- нет ли у него каких-либо гидравлических и электрических диаграмм.

Диаграммы часто бывают в инструкциях, прилагаемых к транспортным средствам / машинам. К сожалению, подчас они настолько схематичны, что при поиске неисправностей почти бесполезны. Однако в них часто показаны расположение элементов и соединения между ними.

После нахождения определенно неисправного элемента, необходимо перед его демонтажом тщательно очистить элемент и окружающие его части. С труб и фитингов также должна быть удалена рыхлая краска.

После демонтажа во избежание попадания грязи во время простоя отверстия, концы труб и шлангов должны быть закрыты заглушками или загерметизированы, например, пластиковыми пакетами. Никогда не разбирайте элементы гидросистем на открытом воздухе. Мы рекомендуем выполнять ремонтные работы в мастерской на чистом верстаке, возможно застеленном газетами.

Убедитесь, насколько удобно руководство по обслуживанию фирмы «Данфосс», прилагаемое к продукции. Точно следуйте инструкции при разборке и сборке, так как, если эти инструкции не будут соблюдены, могут возникнуть серьезные неполадки. ЗАПОМНИТЕ: в некоторых случаях для сборки необходимы специальные инструменты. Наши руководства по обслуживанию дают полную информацию о том, когда это имеет место.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОИСКУ НЕИСПРАВНОСТЕЙ
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Неполадка	Возможная причина	Решение
Шум в насосе	1. К насосу не подается масло или его подается недостаточно.	1. Прочистите фильтр линии всасывания. Проверьте, чтобы в линии всасывания не было повреждений или сужений.
	2. Вязкость масла слишком велика.	2. Проверьте масло. Приведите вязкость в соответствие рабочей температуре.
	3. Насос всасывает воздух : а) через уплотнение вала насоса б) через плохо завернутую или поврежденную линию всасывания в) уровень масла слишком низок г) масло насыщается воздухом в баке (масло выливается из возвратной трубы над уровнем масла в баке).	3. Замените уплотнение вала. Затяните фитинги или замените линию всасывания. Смените масло - залейте чистое. Установите возвратную трубу на глубине 5-8 см под поверхностью и как можно дальше от всасывающей трубы.
	4. Насос износился.	4. Отремонтируйте или замените насос.
	5. Слишком высокие обороты.	5. Отрегулируйте обороты.
	6. Слишком высокое давление масла.	6. Отрегулируйте давление масла.
Нет напора	1. Слишком низкий уровень масла	1. Смените масло – залейте чистое.
	2. Насос не работает или работает в неверном направлении.	2. Установите верное направление вращения. Проверьте приводной ремень или муфту.
	3. Разгрузочный клапан заклинило в открытом положении.	3. Отремонтируйте разгрузочный клапан.
	4. Неисправен насос, сломан вал или шпонка ротора.	4. Отремонтируйте насос.
Напора нет или он нестабилен	1. Рабочее давление слишком мало	1. Проверьте клапан коррекции давления.
	2. Клапан коррекции давления или управляющий клапан имеют утечку.	2. Отремонтируйте клапан.
	3 Некоторая часть масла стекает обратно в бак через неисправный клапан или цилиндр.	3. Отремонтируйте цилиндр или клапан.
Шум в разгрузочном клапане	1. Слишком большой расход.	1. Установите клапан, соответствующий реальному расходу масла.
	2. Наличие грязи или стружки между конусом клапана и гнездом клапана.	2. Отремонтируйте клапан.
Воздух в системе, пена в масле	1. Утечка в линии всасывания.	1. Вторично заверните или замените трубу.
	2. Слишком большое сопротивление в линии всасывания.	2. Прочистите фильтр или линию всасывания или замените ее трубами большего диаметра. Проверьте фитинги.
	3. Масло выливается из возвратной трубы над уровнем масла в баке – это может вызвать пенообразование.	3. Удалите возвратную трубу от всасывающей, при необходимости удлините возвратную трубу.
	4. Используется неподходящий тип масла.	4. Замените масло – залейте нужный тип.
Перегрев системы	1. Не подается охлаждающая вода.	1. Восстановите подачу охлаждающей воды.
	2. Блокирован охладитель масла или он грязный.	2. Прочистите охладитель масла.
	3. Повышенная вязкость масла.	3. Замените масло на нужный тип.
	4. Ненормальная внутренняя утечка в одном из элементов.	4. Отремонтируйте или замените неисправные элементы системы.
	5. Изменены рабочие условия.	5. При необходимости установите дополнительное охлаждение
	6. Насос, клапаны или двигатель перегружены.	6. Уменьшите нагрузку или установите более мощные элементы.

ГИДРОДВИГАТЕЛИ

Неполадка	Возможная причина	Решение
Неполадка Обороты гидромотора ниже расчетного значения	1. Износился насос. 2. Слишком низкие обороты насоса. 3. Износился гидромотор. 4. Слишком высокая температура масла (как следствие – повышенные внутренние утечки в двигателе, клапанах и т. д.). Возможно, слишком высокая температура окружающей среды. 5. Недостаточный диаметр труб и др. 6. Кавитация в насосе. 7. Слишком низкое давление срабатывания разгрузочного клапана. 8. Утечка в управляющем клапане. 9. Перегрузка гидромотора.	1. Отремонтируйте или замените. 2. Отрегулируйте обороты. 3. Отремонтируйте или замените гидромотор. 4. Установите охладитель масла или увеличьте объем установленного охладителя или бака. Смените масло - залейте масло с большей вязкостью. 5. Установите трубы большего диаметра. 6. (См. неполадку «шум в насосе»). 7. Отрегулируйте клапан на правильное давление. 8. Отремонтируйте клапан. 9. Устраните причину перегрузки или установите гидромотор с большей мощностью.
Не вращается вал гидромотора	1. Насос не работает или работает в обратном направлении. 2. Золотник двигателя заклинило в корпусе. 3. Сломан карданный вал или золотник (вал и коммутационный клапан вместе). 4. Слишком низкое рабочее давление. 5. Наличие в гидромоторе песка, стальных стружек или других загрязнений.	1. Запустите насос или поменяйте направление его вращения. 2. Полностью замените золотник и корпус. 3. Замените карданный вал или весь вал и корпус. 4. Установите давление срабатывания разгрузочного клапана на большую величину (однако она должна быть в допустимых пределах). При необходимости установите двигатель с большим моментом. 5. Прочистите гидромотор и тщательно промойте систему. Замените неисправные части. Используйте лучшие фильтры.
Вал гидромотора вращается не в том направлении	1. Подводящие и отводящие трубы неправильно подсоединены к патрубкам гидромотора. 2. Неправильно установлены зубчатое колесо и поворотный клапан.	1. Измените подсоединение труб. 2. Исправьте установки.
Утечка через уплотнение вала гидромотора	1. Уплотнение вала износилось или срезалось.	1. Замените уплотнение вала.
Течь между центрирующим буртиком гидромотора и корпусом	1. Буртик не притянут. 2. Повреждено уплотнительное кольцо.	1. Затяните винты с требуемым моментом. 2. Замените уплотнительное кольцо.
Течи между корпусом, разделительной пластиной, узлом зубчатых колес и концевой крышкой.	1. Винты не затянуты. 2. Повреждены уплотнительные кольца. 3. Повреждены стальные шайбы.	1. Затяните винты с требуемым моментом. 2. Замените уплотнительные кольца. 3. Замените стальные шайбы.

Рулевые системы, оснащенные OSPB – OSPC – OVP / OVR OLS

Можно порекомендовать следующие ускоренные методы тестирования рулевых систем :

1 Запустите двигатель (насос) и дайте ему проработать пару минут.

2 Медленно двигайтесь по траектории “восьмерка”. Особенно обращайте внимание на любые тряски и вибрации рулевого колеса или управляемых колес. Следите за тем, чтобы за движениями рулевого колеса соответствующие изменения положения управляющих колес следовали немедленно – без склонности к “прокручиванию”.

3 Остановите двигатель транспортного средства и короткими быстрыми движениями вращайте рулевое колесо в обоих направлениях. После каждого движения отпускайте рулевое колесо. Оно должно немедленно возвращаться в нейтральное положение, т. е. склонностей к “прокручиванию” быть не должно.

4 На остановленном транспортном средстве вращайте рулевое колесо из одного предельного положения в другое. Подсчитайте количество оборотов, совершенное колесом в обоих направлениях.

Замечание : должно быть возможным вращение колеса одним пальцем.

Остановите двигатель (насос) и снова вращайте рулевое колесо из одного предельного положения в другое. Снова сосчитайте количество оборотов и сравните с предыдущими числами. Если они сильно различаются (1 оборот или более), слишком велика утечка в цилиндре, узле зубчатых колес либо клапан защиты от ударных перегрузок или всасывающий клапан слишком велик.

На более крупных транспортных средствах, где нет аварийной рулевой системы, вращайте рулевое колесо, когда двигатель работает на холостом ходу.

При обнаружении течи снимите шланг с одного из патрубков цилиндра и заглушите патрубок и шланг. Попробуйте снова вращать рулевое колесо. Если колесо не вращается, цилиндр неисправен. Если это не так, то неисправен рулевой узел или блок клапанов.

РУЛЕВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНАЩЕННЫЕ OSPB – OSPC – OVP / OVR OLS

Неполадка	Возможная причина	Решение
Рулевое колесо сложно повернуть	1. Давление масла нулевое или недостаточное. а) Не работает насос. б) Насос неисправен. в) Насос работает в обратном направлении. г) Насос износился. д) Насос имеет слишком малую мощность. 2. Разгрузочный клапан заело в открытом положении или его установочное давление слишком мало. 3. Приоритетный клапан заклинило в открытом положении. 4. Слишком велико трение в механической части транспортного средства. 5. Отсутствуют шарики аварийного рулевого управления. 6. Комбинация : наличие последовательно включенной системы + насос-дозатор со всасывающим клапаном и дифференциальным цилиндром	а) Запустите насос (ослабьте клиновой ремень). б) Отремонтируйте или замените насос. в) Установите правильное направление вращения насоса или замените насос. г) Замените насос. д) Установите насос с большей мощностью (имея в виду требуемое давление и подачу). 2. Отремонтируйте или прочистите разгрузочный клапан. Установите клапан на требуемое давление. 3. Отремонтируйте или прочистите приоритетный клапан. 4. Смажьте подшипники и шарниры, при необходимости проведите ремонт. 5. Установите новые шарики. 6. Установите цилиндр другого типа (со штоком, проходящим насквозь). При необходимости примените два дифференциальных цилиндра.
Необходимо постоянно корректировать положение рулевого колеса (езда по извилистой траектории)	1. Пластинчатая пружина потеряла упругость или сломалась. 2. Сломана пружина в двойном клапане для защиты ударных перегрузок. 3. Износился узел зубчатых колес. 4. Заклинило цилиндр или износилось уплотнение поршня.	1. Замените пластинчатые пружины. 2. Замените клапан для защиты от ударных перегрузок. 3. Замените узел зубчатых колес. 4. Замените неисправные части.
Невозможно установить нейтральное положение рулевого колеса, т. е. наблюдается тенденция к прокручиванию	1. Рулевая колонка и насос-дозатор не соосны. 2. Люфт между рулевой колонкой и входным валом рулевого узла слишком мал (или его нет). 3. Наличие сжатия между внутренним и внешним золотниками.	1. Выровняйте рулевую колонку и насос дозатор. 2. Отрегулируйте люфт и при необходимости укоротите шлицевую цапфу. 3. Обратитесь в ближайшую сервисную службу.
Эффект “прокручивания”	1. Пластинчатые пружины заклинило или они сломаны. 2. Наличие сжатия между внутренним и внешним золотниками, возможно, из-за загрязнения 3. Слишком велико возвратное давление в обратной связи между дифференциальным цилиндром и насосом-дозатором.	1. Замените пластинчатые пружины. 2. Прочистите насос дозатор или обратитесь в ближайшую сервисную службу. 3. Уменьшите возвратное давление, смените тип цилиндра или используйте управляющее устройство без обратной связи.
Мертвый ход	1. Карданный вал износился или сломался. 2. Пластинчатые пружины потеряли упругость или сломались. 3. Износились шлицы на рулевой колонке.	1. Замените карданный вал. 2. Замените пластинчатые пружины. 3. Замените рулевую колонку.

РУЛЕВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНАЩЕННЫЕ OSPB – OSPC – OVP / OVR OLS

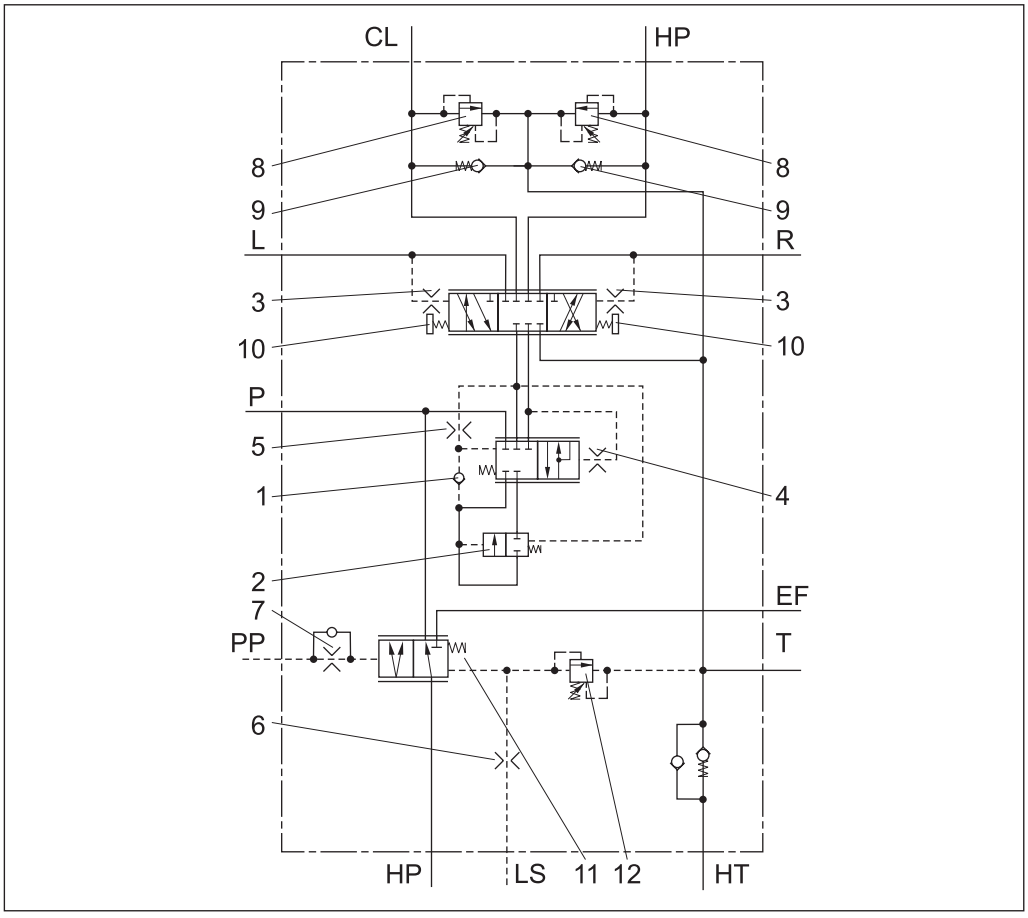
Неполадка	Возможная причина	Решение
Угловые колебания управляемых колес. Вибрация управляемых колес (вибрацию вызывает грубый протектор на шинах)	1. Наличие воздуха в цилиндре рулевой системы. 2. Износились механические соединения подшипников колес.	1. Стравите масло из цилиндра. Найдите и устраните причину накопления воздуха. 2. Замените изношенные части.
Возможность поворота рулевого колеса на полный оборот без движения управляемых колес	1. Недостаточно масла в баке. 2. Износился цилиндр рулевой системы. 3. Износился узел зубчатых колес. 4. Забыли установить крестовину карданного вала.	1. Залейте чистое масло и стравите систему. 2. Замените или отремонтируйте цилиндр. 3. Замените узел зубчатых колес. 4. Установите крестовину.
Возможность медленного вращения рулевого колеса в одном или обоих направлениях без поворота управляемых колес	1. В OSPC или OVP/OVR – отсутствуют или имеют утечку один или оба антикавитационных клапана. 2. В OSPC или OVP/OVR – отсутствуют или имеют утечку один или оба клапана для защиты от ударных перегрузок.	1. Прочистите или замените неисправные клапаны или при отсутствии клапанов установите их. 2. Прочистите или замените неисправные клапаны или при отсутствии клапанов установите их.
При попытке повернуть быстро, рулевое управление оказывается слишком медленным и тяжелым	1. Недостаточная подача масла в рулевой узел, насос неисправен или имеет слишком низкую частоту вращения. 2. Установочное давление разгрузочного клапана слишком низкое. 3. Залипание разгрузочного клапана, возможно, из-за загрязнения. 4. Залипание золотника приоритетного клапана, возможно, из-за загрязнения. 5. В приоритетном клапане слишком слабая пружина.	1. Замените насос или увеличьте частоту вращения. 2. Правильно отрегулируйте клапан. 3. Прочистите клапан. 4. Прочистите клапан, проверьте, чтобы золотник легко двигался без пружины. 5. Замените пружину на более жесткую (существуют три номинала: 4 – 7 и 10 бар).
Отдача от системы на рулевом колесе. Толчки от колес	Неисправность в системе.	Обратитесь к поставщику транспортного средства или в «Данфосс».
Сильная отдачи на рулевом колесе в обоих направлениях	Карданный вал и узел зубчатых колес установлены неправильно.	Исправьте установку, как это показано в руководстве по обслуживанию.
Поворот рулевого колеса вызывает противоположный поворот управляемых колес	Гидравлические шланги перепутаны местами.	Поменяйте шланги местами.
Затруднения в начале вращения рулевого колеса	1. Сила упругости пружины приоритетного клапана слишком мала. 2. Воздух в LS и/или PP трубах. 3. Диафрагмы LS или PP труб в приоритетном клапане забиты. 4. Слишком густое (холодное) масло.	1. Замените пружину на более жесткую (существуют три номинала: 4 – 7 и 10 бар). 2. Стравите LS и PP трубы. 3. Прочистите отверстия золотника и отверстия в подводных штуцерах для LS и PP. 4. Запустите двигатель и дождитесь разогрева масла.
Рулевая сила слишком мала (возможно, только на одной стороне)	1. Слишком мал напор насоса. 2. Слишком мал цилиндр рулевой системы. 3. Слишком велика площадь сечения поршневого штока по сравнению с площадью поршня.	1. Скорректируйте напор насоса. 2. Установите больший цилиндр. 3. Установите цилиндр с более тонким штоком или два дифференциальных цилиндра.

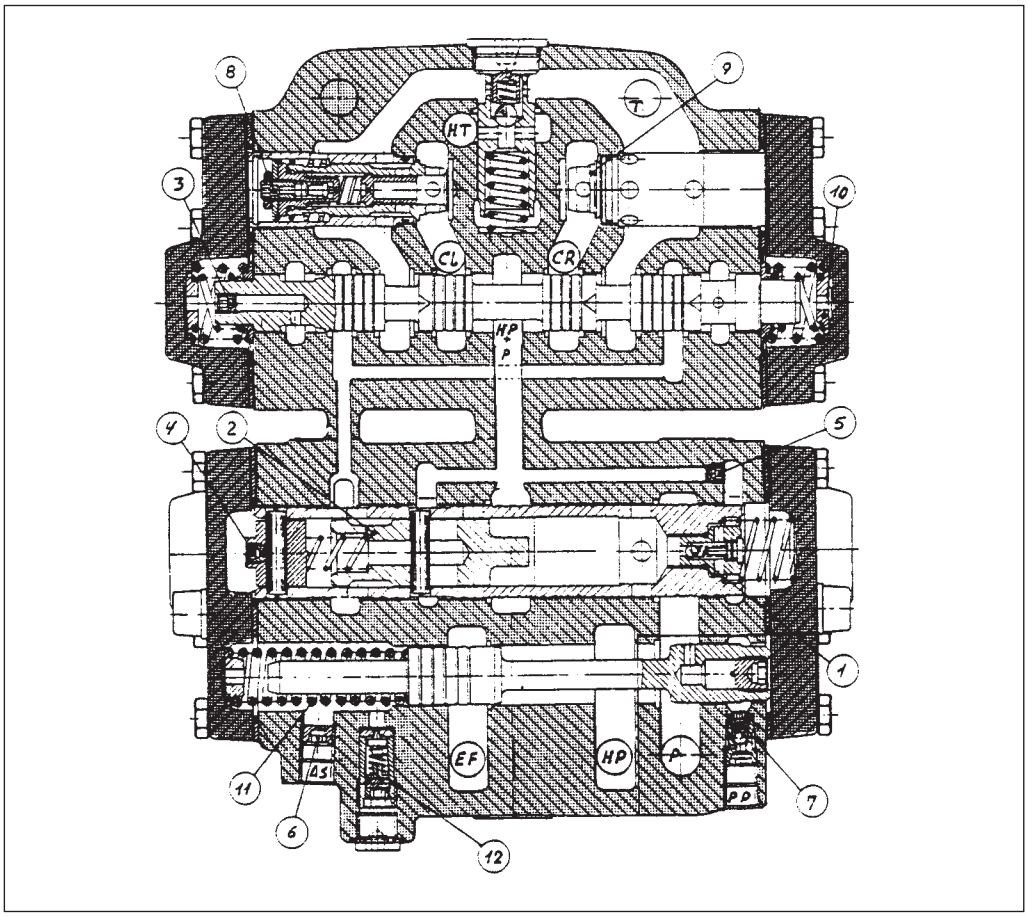
РУЛЕВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНАЩЕННЫЕ OSPB – OSPC – OVP / OVR OLS

Неполадка	Возможная причина	Решение
Наличие утечки либо на входном валу, либо на концевой крышке, либо в узле зубчатых колес, либо через корпус или верхнюю крышку	1. Вал поврежден. 2. Ослаблены винты. 3. Повреждены шайбы или уплотнительные кольца.	1. Замените уплотнение вала (см. раздел «Руководство по обслуживанию»). 2. Затяните винты. Необходимый момент затяжки 3 – 3,5 даНм ИЛИ насос-дозатор (2,5 – 3 даНм)

РУЛЕВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНАЩЕННЫЕ OSQA/B и OSPBX-LS

Неполадка	Возможная причина	Решение
Усиление слишком велико	1. Обратный клапан (1) засорен, дает утечку или, вообще, отсутствует. 2. Плунжер (2) заклинивает в открытом положении.	1. Прочистите или замените обратный клапан. 2. Очистите плунжерную пару и убедитесь, что плунжер свободно двигается.
Усиление слишком мало	1. Плунжер (2) заклинивает в закрытом положении. 2. Плунжер (2) установлен неправильно (только для QSQA/B-5)	1. Очистите плунжерную пару и убедитесь, что плунжер свободно двигается. 2. Поверните плунжер на 180° вокруг своей оси.
Вращение рулевого колеса затруднено. Медленно происходит нарастание усиления	1. Диафрагмы (3) в клапане засорены. 2. Засорена диафрагма (4) в золотнике комбинированного клапана. 3. Засорена диафрагма (5) корпуса. 4. Засорена диафрагма (6) в канале LS. 5. Засорена диафрагма в дросселе / обратном клапане (7) PP канала.	1. Прочистите или замените диафрагму. 2. Прочистите или замените диафрагму. 3. Прочистите или замените диафрагму. 4. Прочистите или замените диафрагму. 5. Прочистите или замените дроссель / контрольный клапан.
Движение рулевого колеса не ограничивается в обоих направлениях	1. Один или оба ударных (вторичных предохранительных) клапана (8) установлены на слишком низкое давление. 2. Один или оба антикавитационных клапана дают утечку или залипают. 3. Отсутствует ограничительная пластина (пластины) поз. 10 для направляющего клапана.	1. Установка без специального оборудования очень трудоемка. Обратитесь в ближайшую сервисную службу. 2. Полностью прочистите или замените клапан для защиты от ударных перегрузок / антикавитационный клапан. 3. Установите ограничительные пластины.
Наличие “трудной” зоны в начале вращения рулевого колеса	1. Наличие воздуха в LS и/или PP трубах. 2. Сила упругости пружины во встроенном приоритетном клапане слишком мала (11) 3. Диафрагмы заблокированы относительно LS-(6) и PP-(7) каналов.	1. Стравите трубы. 2. Замените пружину на более жесткую (существуют три номинала: 4 – 7 – 10 бар). 3. Выньте и прочистите диафрагмы.
Отсутствие давления	1. Клапан (12), ограничивающий давление в LS, отрегулирован на слишком низкое давление. 2. Золотник и втулка в насосе-дозаторе OSPBX установлены неправильно. 3. В насосе-дозаторе отсутствует аварийный контрольный шарик. 4. Насос не функционирует или неисправен.	1. Снимите заглушку и установите клапан на требуемое давление. 2. Выньте золотниковый узел и поверните внутренний золотник на 180°, относительно внешнего золотника. 3. Установите новый шарик. 4. Отремонтируйте или замените насос.


CL
HP
8
9
L
R
3
10
P
5
1
4
2
EF
7
PP
T
6
HP
LS
11
12
HT


8
9
T
HT
3
10
CL
CR
HP
P
4
2
5
1
11
ΔS
EF
HP
P
PD
7
6
12

ОБСЛУЖИВАНИЕ

Ремонт

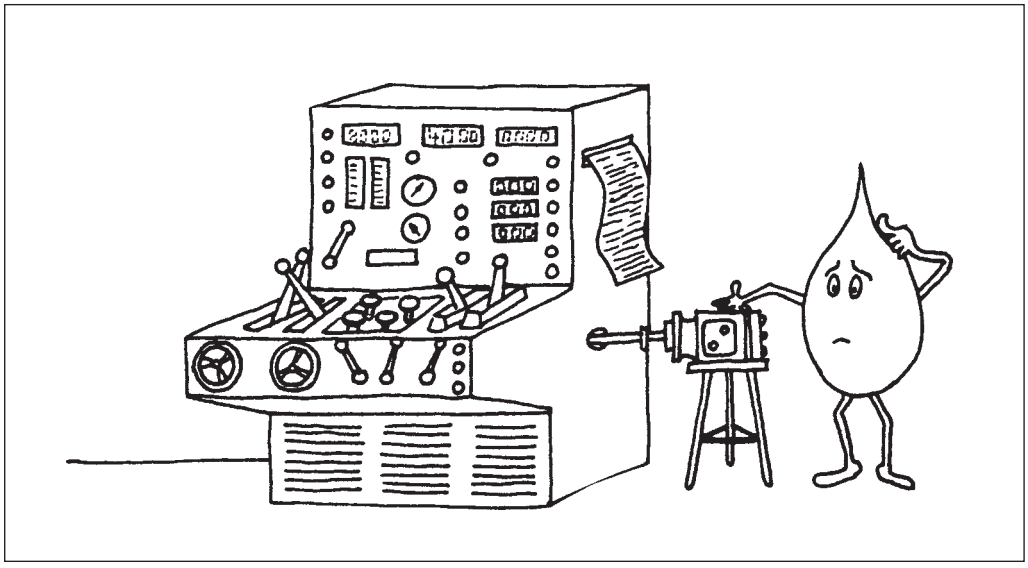
После того как поиск неисправностей выявил, какой элемент системы неисправен, этот элемент необходимо демонтировать и, возможно, заменить новым или отремонтированным.
Перед демонтажом необходимо очистить элемент и окружающие его части, а также закрыть шланги и трубы заглушками или загерметизировать пластиковыми пакетами во избежание попадания в них грязи во время простоя.
Теперь нужно принять решение, должен ли неисправный элемент быть отремонтирован пользователем или изготовителем.
Если указанный элемент поставлен фирмой «Данфосс», мы рекомендуем отремонтировать его в одной из многочисленных сервисных служб (см. список на с. 48). Это особенно относится к более сложным элементам, таким, как рулевые узлы, усилители потока, насосы и перепускные клапаны. Для обеспечения безопасности все они после ремонта должны быть протестированы на специальном оборудовании. Конечно, могут возникать ситуации, когда требуется немедленный ремонт элемента. Мы строжайшим образом рекомендуем, чтобы в таких случаях ремонт производился только в определенных условиях - в подходящих для этого помещениях, на опрятном верстаке, возможно, застеленном газетой.

Важно!

Разборка и сборка должны выполняться только в том случае, если у ремонтника имеются соответствующие руководства по обслуживанию от «Данфосс». Если они не будут выполнены, возможны серьезные поломки, которые могут привести к несчастному случаю. Это более чем вероятно в отношении элементов рулевых систем и перепускных клапанов.

Тестирование

В общем, следует проверять на подходящем испытательном стенде все элементы гидросистем, которые были подвержены разборке, с целью выявить ошибки, допущенные при сборке. Если это невозможно, тестирование должно быть проведено непосредственно на системе.



СИМВОЛЫ И ТАБЛИЦЫ

q	= Рабочий объем	: см³/об
n	= Частота вращения	: об/мин
p	= Давление	: бар
Δp	= Потеря давления	: бар
Q	= Расход масла	: л/мин= =дм³/мин
v	= Скорость	: м/с
L	= Длина	: м
D	= Диаметр поршня	: мм
d	= Диаметр поршневого штока	: мм
D_i	= Калибр трубы	: мм
A	= Площадь	: см²
a	= Площадь кольца	: см²
m	= Время	: с
F	= Объем	: кг = кГ
M	= Сила	: даН
N	= Момент	: Нм
A_s	= Мощность	: кВт
E	= Предельная нагрузка, даН, соответствующая выходу из строя	: кГ/см²
l	= Модуль упругости	: м
S	= Коэффициент безопасности	
ϑ	= Кинематическая вязкость	: сСт

g v = Коэффициент объемной эффективности
g m = Коэффициент механической эффективности
g t = Коэффициент полной эффективности
k = Величина сопротивления
v_{ac} = Величина аккумулятора
v_x = Требуемое количество масла, запасаемое аккумулятором.
P_1 = Низшее давление масла
P_2 = Высшее давление масла
P_0 = Предварительный заряд

Единицы измерения

Мощность	1кВт	= 1,36 л.с.
	1 л.с.	= 75 кГм/с
		= 0,736 кВт
Момент	1кГм	= 9,81 Нм
		= 7,233 фунт силы×фут
	1Нм	= 0,102 кГм
Давление	1кГ/см²	= 98,00 Па
		= 0,981 бар
		= 9,81 Н/см²
		= 14,22 psi
	1 psi	= 0,06895 бар
		= 0,0703 кГ/см²
	1 бар	= 1,0194 кГ/см²
Объем	1 галлон США	= 3,785 л
1 английский галлон	= 4,546 л	
	1 дюйм³	= 16,38 см³
	1 литр	= 1,0 дм³
Площадь	1 дюйм²	= 645,2 мм²
	1 фут²	= 92900 мм²
Скорость	1 км/ч	= 0,27778 м/с
1 фут/с	= 0,30848 м/с	
	1 миля/ч	= 0,477 м/с
Ускорение	1 фут/с²	= 0,3048 м/с²
Длина	1 дюйм	= 25,4 см
	1 фут	= 0,3048 м
	1 ярд	= 0,9144 м

Насос :

Потребляемая мощность $N = \frac{Q \times P}{600 \times \eta t}$ [кВт]

Величина подачи масла $Q = \frac{q \times n \times \eta v}{1000}$ [л/мин]

Момент на входном валу $M = \frac{Q \times P}{1000 \times \eta v}$ [Нм]

Двигатель :

Расход масла $N = \frac{q \times n}{1000 \times \eta v}$ [л/мин]

Момент на выходном валу $M = \frac{q \times \Delta p \times \eta m}{62,8}$ [Нм]

Выходная мощность $N = \frac{Q \times \Delta p \times \eta t}{600}$ [кВт]

Частота оборотов $n = \frac{Q \times \eta v \times 1000}{q}$ [об/мин]

Цилиндр :
Сила сжатия F = P × A × ηm [даН]
Сила разрежения F = P × a × ηm [даН]

Скорость выхода $v = \frac{Q \times \eta v}{6 \times A}$ [м/с]

Скорость входа $v = \frac{Q \times \eta v}{6 \times a}$ [м/с]

Расход масла на выход : Q = A × v × 6 [л/мин]
Расход масла на вход : Q = a × v × 6 [л/мин]
Сила сжатия с дифференциальным включением
F = P(A - a)hm [даН]

Труба :

Скорость течения $v = \frac{Q \times 100}{6 \times D^2 \times 0,785}$ [м/с]

Потеря давления в прямом трубопроводе

$p = \frac{\lambda \times L \times 0,89 \times v2 \times 5}{D_i}$ [бар]

Коэффициент сопротивления λ $lam = \frac{64}{R_e}$ $l\,turb = \frac{0,316}{4\sqrt{R_e}}$

Число Рейнольдса $Re = \frac{v \times D_3 \times 1000}{\vartheta}$

Величина аккумулятора :
С медленной зарядкой и медленной разрядкой

$$v_{acc} = \frac{V_X \times \frac{P_1}{P_0}}{1 - \frac{P_1}{P_2}}$$

С быстрой зарядкой и быстрой разрядкой

$$v_{acc} = \frac{V_X \times \frac{P_1}{P_0}}{1 - (\frac{P_1}{P_2})^{\frac{1}{1,5}}}$$

С медленной зарядкой и быстрой разрядкой

$$v_{acc} = \frac{V_X \times \frac{P_1}{P_0}}{(\frac{P_1}{P_2})^{\frac{1}{1,5}} - 1}$$

СИМВОЛЫ СТАНДАРТОВ ISO/CETOP

Рабочая линия

Управляющая линия

Дренажная линия

Электрическая линия

Гибкая линия

Соединение линий

Пересечение линий

Выход в атмосферу

Разъем высокого давления с заглушкой

С подсоединением линии

Быстросоединяемое соединение с обратным клапаном

Аккумулятор

Фильтр

Охладитель (теплообменник)

Нагреватель

Резервуар, открытый в атмосферу

Резервуар с избыточным давлением

Объединение нескольких элементов в один узел

Манометр, термометр

Расходомер

Источник давления

Электродвигатель

M

Двигатель внутреннего сгорания

Муфта

1 Насос нереверсивный

Нерегулируемый Регулируемый

2 Насос реверсивный

Нерегулируемый Регулируемый

1 Гидромотор нереверсивный

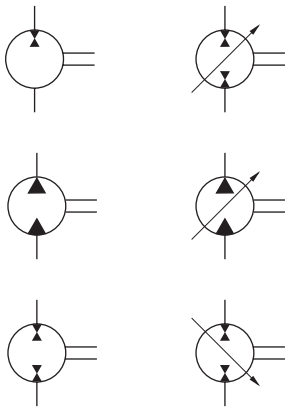
Нерегулируемый Регулируемый

2 Гидромотор реверсивный

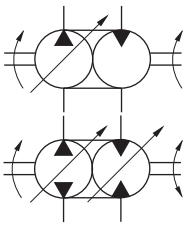
Нерегулируемый Регулируемый

Нерегулируемый Регулируемый

Комбинированные насос-моторы



Гидростатическая трансмиссия



Вал, рычаг, шток, плунжер

Пружина



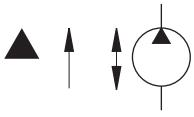
Местное сопротивление



Местное сопротивление, не зависящее от вязкости



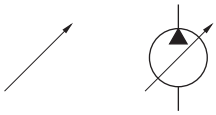
Направление потока



Направление вращения

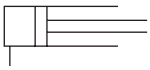


Регулировка

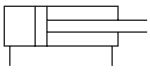


Гидроцилиндры

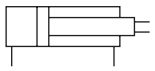
Одностороннего действия



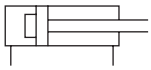
Двустороннего действия



Дифференциальный цилиндр



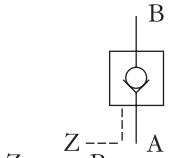
Цилиндр с прокладкой



Неподпружиненный обратный клапан

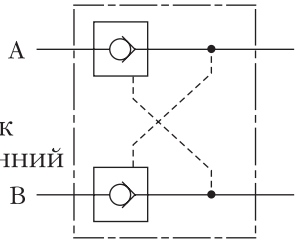
Подпружиненный обратный клапан

Гидроуправляемый обратный клапан
Нормально закрытый

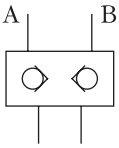


Нормально открытый

Пример
Гидрозамок двухсторонний



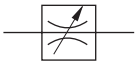
Упрощенное изображение



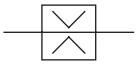
Нерегулируемый дроссель



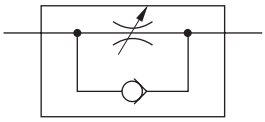
Регулируемый дроссель



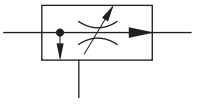
Дроссель, не зависящий от вязкости



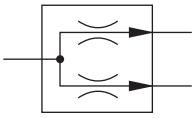
Регулируемый дроссель
С обратным клапаном



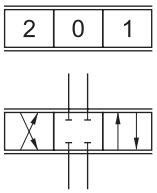
Трехнаправленный обводной регулятор расхода

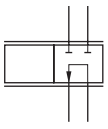


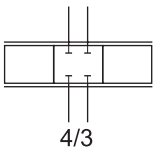
Делитель потока



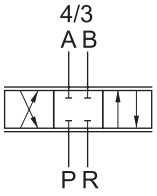
Распределители





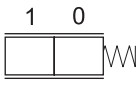


A.B.C. - рабочие линии

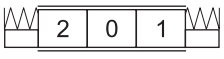


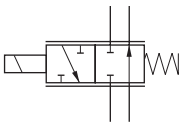
p - напорная линия

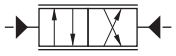
R.S.T. - сливная линия

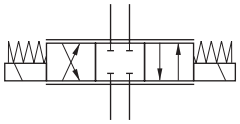


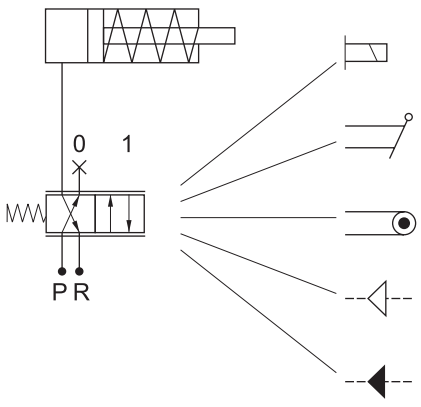
X.Y.Z. - управляющая линия

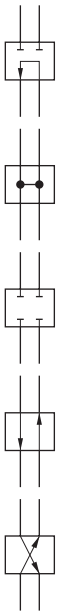








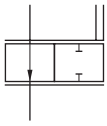




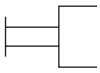
с переходным пульсирующим положением



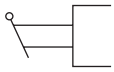
механическая обратная связь



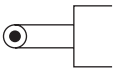
Ручное управление



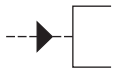
Ручка



Маховичок



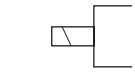
Гидравлическое управление



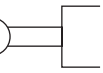
Пневматическое управление



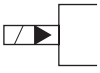
Электроуправление (соленоид)



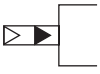
Управление с помощью гидромотора



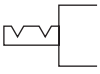
Управление электро-гидравлическое



Управление пневматическое



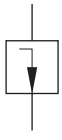
Механическая фиксация



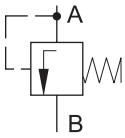
Пружинный возврат



Нормально-закрытый

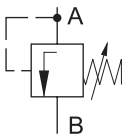


Нормально-открытый

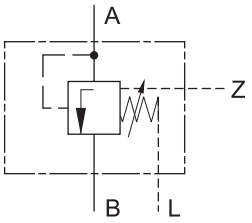


Клапан предохранительный, нерегулируемый

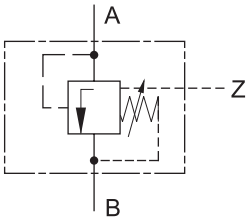
Предохранительный клапан, регулируемый



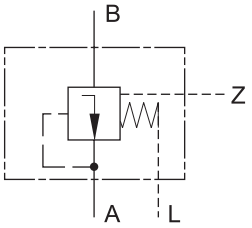
Клапан предохранительный с гидроуправлением и дренажом



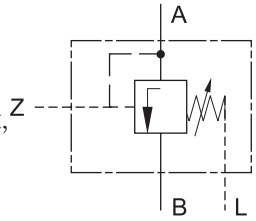
Клапан предохранительный с гидроуправлением и объединенным дренажом со сливом



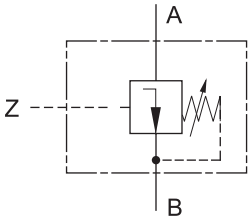
Клапан редукционный

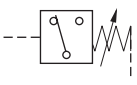


Клапан гидроуправляемый, нормально открытый



Клапан гидроуправляемый нормально открытый





Гидравлический переключатель