

Системы фильтрации HY-PRO

Основные понятия и определения



Чистота рабочей жидкости под контролем...

Замена обычных фильтрующих элементов, на разработанные с учётом динамической эффективности фильтрации (DFE)

Модернизируйте системы фильтрации заменой существующих фильтрующих элементов фильтрующими элементами Hy-Pro G7 Dualglass на основе стекловолокна, чтобы сделать чище рабочую жидкость в системе и повысить надежность. Установлено, что коэффициент фильтрации (эффективность фильтрации) элементов Hy-Pro достигает $\beta_{x_{cl}} > 1000$ и практически не изменяется даже при динамических режимах работы, что гарантируется особыми испытаниями на динамическую эффективность (DFE). Внедрите программу «Полная чистота», используя фильтрующие элементы Hy-Pro, чтобы добиться необходимой чистоты рабочей жидкости и далее поддерживать ее на необходимом уровне.

Существует высокоэффективная замена для:

Pall	Hydac	Parker
Schroeder	MP Filtri	Internormen
Donaldson	Vickers	Eppensteiner
General Elec	Hilco	Kaydon
Indufil	PTI	Taisei Kogyo
Stauff	Western	Purolator
Porous Media	Finn	Fairey Arlon
Cuno	Baldwin	Fleetguard
Norman	Vokes	Yamashin



... и многих других производителей!



Фильтры высокого давления



Встраиваемые сливные фильтры



Автономные
фильтрующие установки

Фильтры для больших расходов и
сдвоенные фильтры



... благодаря передовым компонентам систем фильтрации и решениям.

Решения для удаления воды и растворенных газов

75% отказов элементов гидравлических систем вызваны ухудшением качества поверхностей, которое связано с загрязнением рабочей среды. Влияние воды в масляных системах способно существенно снизить эксплуатационные характеристики смазки и надежность систем. Ресурс подшипников и критичных элементов оборудования значительно сокращается при уровнях содержания воды, которые превышают или находятся в пределах точки насыщения. Постоянное или периодическое присутствие воды может вызывать такие повреждения, как:

- Коррозия
- Абразивный износ элементов гидравлических систем
- Потерю диэлектрических свойств
- Деградация масла
- Осаждение присадок и окисление масла
- Снижение смазывающих свойств

Вакуумные дегидраторы Hy-Pro Vac-U-Dry удаляют воду до уровня ниже 0.002% при более высокой эффективности по сравнению с центробежными и другими сепараторами. Интуитивно-понятная конструкция и управление более эффективно и удобно для оператора.



V10 Vac-U-Dry

До...



... После

Установки Hy-Pro для очистки дизельного топлива и турбинного масла

Поддерживают уровень содержания воды в турбинном масле ниже 0,015% и быстро удаляют свободную и связанную воду при попадании воды в систему через уплотнения или в результате протечек в теплообменниках. Высокая эффективность фильтрации твёрдых загрязнений обеспечивает чистоту на необходимом уровне.

Удаляют воду из дизельного топлива в однопроходной или рециркуляционной конфигурации. Решения включают в себя варианты от полностью укомплектованных установок с пультом управления и насосом до установок, осуществляющих только фильтрацию, которые могут устанавливаться вместе с существующими системами подачи или очистки топлива. Высокая эффективность фильтрации микрочастиц твёрдых загрязнений повышает чистоту топлива и защищает инжекторы.



COT30



Мобильные системы фильтрации – фильтрующие тележки

Фильтрующие тележки модели FCL идеально подходят для гидравлических жидкостей и смазочных масел различной вязкости. Доступны варианты фильтрующего материала для удаления как твёрдых частиц (с эффективностью до $\beta_{5[\mu]} > 1000$), так и воды. Стандартные расходы составляют от 18 до 82 л/мин.

Гибкая конструкция позволяют подобрать решение Hy-Pro для любой задачи.

Дополнительные опции:

- датчик количества частиц загрязнения для определения чистоты масла в режиме реального времени;
- стандартные отводы для проб масла.

Пояснение кодов ISO - Код чистоты ISO (согл. ISO4406-1999) используется для представления в количественной форме уровней концентрации частиц загрязнения определенных размеров 4 мкм, 6 мкм и 14 мкм. Код ISO выражается тремя числами (напр.: 19/17/14). Каждое число представляет код уровня концентрации частиц соответствующего размера и крупнее. Важно отметить, что с каждым увеличением кода диапазон концентрации частиц удваивается.

Таблица кодов ISO 4406:1999		
Диапазон Код	Частиц на мм ³	
	от	до
24	80000	160000
23	40000	80000
22	20000	40000
21	10000	20000
20	5000	10000
19	2500	5000
18	1300	2500
17	640	1300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.3	2.5
7	0.64	1.3
6	0.32	0.64

Размер частицы	Частиц на мм ³	Диапазон кода ISO 4406	Код ISO
4мкм _[c]	151773	80000-160000	24
6мкм _[c]	38363	20000-40000	22
10мкм _[c]	8229		
14мкм _[c]	3339	2500-5000	19
21мкм _[c]	1048		
38мкм _[c]	112		

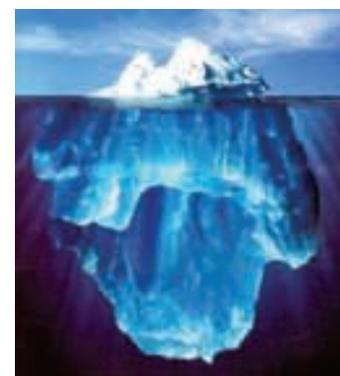
Размер частицы	Частиц на мм ³	Диапазон кода ISO 4406	Код ISO
4мкм _[c]	492	320 ~ 640	16
6мкм _[c]	149	80 ~ 160	14
10мкм _[c]	41		
14мкм _[c]	15	10 ~ 20	11
21мкм _[c]	5		
38мкм _[c]	1		

Системный подход к повышению чистоты вашей системы

Разработка системы контроля чистоты жидкости в системе от её заправки в систему до утилизации, в конечном счете, принесет заметный результат в увеличении надежности оборудования и снижении затрат. Основные этапы внедрения системы «полной чистоты» включают в себя: обследование гидравлической системы и ее компонентов, проведение анализа масла по разработанному графику в соответствии с программой, контроль необходимого уровня чистоты новой заливаемой в систему жидкости, определение целевого и базового уровня чистоты жидкости в системе, замена или установка эффективных дыхательных фильтров, модернизация существующих систем фильтрации, уплотнение резервуаров с жидкостью.

Максимальные затраты на необходимый контроль уровня чистоты жидкости и поддержание данного уровня не превышают 3% затрат при решении проблем вызванных загрязнениями. Внимание к чистоте жидкости в вашей гидравлической системе позволит значительно сократить расходы/потери благодаря:

- снижению продолжительности и количества незапланированных простоев
- снижению затрат на комплектующие
- снижению затрат на ремонт
- уменьшению потерь времени и энергии
- увеличению срока службы масла или гидравлической жидкости
- повышению надежности работы оборудования



ВЫБОР ЦЕЛЕВОГО КОДА ЧИСТОТЫ ISO

Устанавливая целевые коды чистоты жидкости ISO для систем гидравлики и смазки, важно иметь в виду цели, которые должны быть достигнуты. Максимизация надежности и безопасности оборудования, минимизация ремонтных расходов и затрат на замену, увеличение срока службы гидравлической жидкости или масла, удовлетворение гарантийных требований и минимизация времени простоя производства являются такими целями. После определения целевого кода чистоты необходимо контролировать поэтапное его достижение, что в итоге принесет значительную выгоду для производства. Увеличьте надежность и эффективность, контролируя уровень загрязнения.

Постановка цели

Первым шагом в определении целевого кода ISO для системы является определение наиболее критичного узла отдельной системы или наиболее критичного узла, запитываемого из общего резервуара. Если резервуар работает на несколько систем, то необходимо поддерживать общую чистоту, или наиболее чувствительные узлы должны быть защищены дополнительными фильтрами.

В таблице 1 рекомендован целевой код чистоты, основанный на рекомендациях нескольких производителей узлов и подробном изучении в реальных условиях стандартных режимов промышленной эксплуатации систем, использующих минеральные масла. Если используется синтетическое масло или другая жидкость (например: вода/гликоль), то целевой код чистоты ISO устанавливается на одну величину ниже для каждого размера частиц. Если существует сочетание следующих условий в системе, то целевой код чистоты ISO также устанавливается на одну величину ниже:

- Если узел является ответственным за безопасность или общую надежность системы.
- Частые холодные пуски.
- Избыточная ударная нагрузка или вибрация.
- Другие тяжелые эксплуатационные условия.

Рекомендуемые целевые коды чистоты и выбор фильтрующего материала для систем, использующих жидкости на основе нефти согласно ISO4406 ISO 1999 для частиц размером 4 мкм / 6 мкм / 14 мкм

	Давление < 140 бар < 2000 psi	Материал βx[c] = 1000 (βx = 200)	Давление 212 бар 3000 psi	Материал βx[c] = 1000 (βx = 200)	Давление > 212 бар > 3000 psi	Материал βx[c] = 1000 (βx = 200)
Насосы						
Шестерёнчатые	20/18/15	22мкм _ц (25мкм)	19/17/15	12мкм _ц (12мкм)	-	-
Поршневые	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)
Шибберные	20/18/15	22мкм _ц (25мкм)	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)
Поршневые переменной производительности	18/16/13	7мкм _ц (6мкм)	17/15/13	7мкм _ц (6мкм)	16/14/12	5мкм _ц (3мкм)
Шибберные переменной производительности	18/16/13	7мкм _ц (6мкм)	17/15/12	5мкм _ц (3мкм)	-	-
Клапаны						
Тарельчатый	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)
Обратный клапан	20/18/15	22мкм _ц (25мкм)	20/18/15	22мкм _ц (25мкм)	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)
Направляющий клапан (соленоид)	20/18/15	22мкм _ц (25мкм)	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)
Клапан-регулятор расхода	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)
Клапан давления (с плавной характеристикой)	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)
Тарельчатый обратный клапан пропорц. действия	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)
Пропорциональный направляющий клапан	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)
Клапан-регулятор расхода с линейной характеристикой	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)
Клапан регулирующий пропорционального действия	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)
Сервоклапан	16/14/11	7мкм _ц (6мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)	15/13/10	5мкм _ц (3мкм)
Подшипники						
Шарикоподшипник	15/13/10	5мкм _ц (3мкм)	-	-	-	-
Редуктор (промышленный)	17/16/13	12мкм _ц (12мкм)	-	-	-	-
Подшипник скольжения (высокоскоростной)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	-	-	-	-
Подшипник скольжения (низкоскоростной)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	-	-	-	-
Роликподшипник	16/14/11	7мкм _ц (6мкм)	-	-	-	-
Исполнительные механизмы						
Цилиндры	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)	15/13/10	5мкм _ц (3мкм)
Лопастные пневмомоторы	20/18/15	22мкм _ц (25мкм)	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)
Аксиально-поршневые двигатели	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)	17/15/12	7мкм _ц (6мкм)
Мотор-редукторы	20/18/14	22мкм _ц (25мкм)	19/17/13	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)
Радиально-поршневые двигатели	20/18/15	22мкм _ц (25мкм)	19/17/14	12мкм _ц (12мкм)	18/16/13	12мкм _ц (12мкм)
Испытательные стенды, гидростатические						
Испытательные стенды	15/13/10	5мкм _ц (3мкм)	15/13/10	5мкм _ц (3мкм)	15/13/10	5мкм _ц (3мкм)
Гидростатическая передача	17/15/13	7мкм _ц (6мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)	16/14/11	5мкм _ц (3мкм)

*В зависимости от объема системы и тяжести рабочих условий, может потребоваться сочетание фильтров с разной степенью очистки (например, фильтр нагнетающей магистрали, обратный фильтр и автономный фильтр) для достижения и поддержания необходимой чистоты жидкости.

Пример	Код ISO	Комментарии
Рабочее давление Самый ответственный узел	156 бар, Направляющий клапан (соленоид)	19/17/14 рекомендованный основной код ISO
Тип жидкости	Вода гликоль	18/16/13 на класс ниже
Рабочие условия	Удаленное местонахождение, усложненный ремонт Высокий уровень ингрессии	17/15/12 на класс ниже, сочетание критичности и тяжелых условий



Эволюция фильтрующего материала: замена целлюлозы стекловолокном G7 Hy-Pro

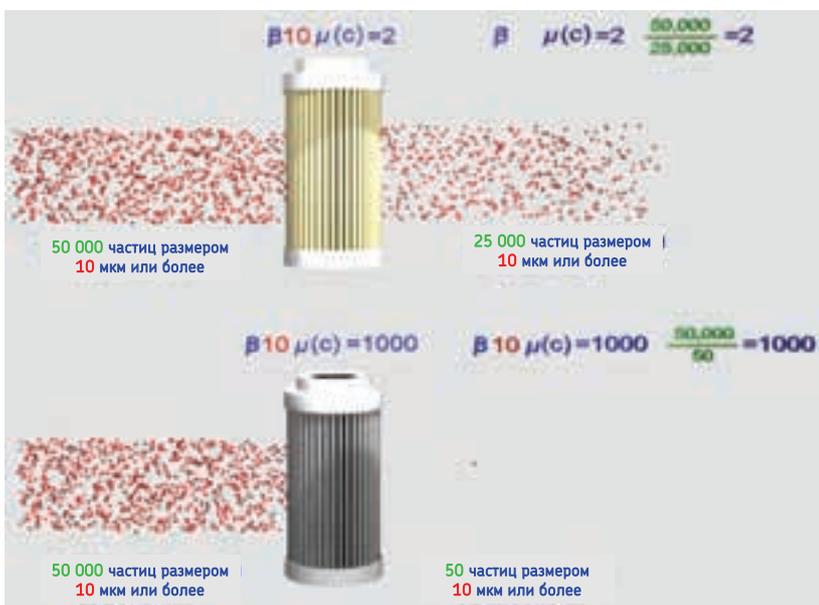
Стекловолоконно обладает лучшей совместимостью с гидравлическими жидкостями, синтетическими маслами, растворителями и с жидкостями на водной основе по сравнению с целлюлозой (бумагой). Кроме того фильтры с фильтрующим материалом из стекловолокна показывают значительно лучшую эффективность фильтрации. Фильтрация через стекловолоконно может рассматриваться как «абсолютная», в то время как через целлюлозу как «номинальная».

Фильтрующие элементы, из разных материалов с одинаковым «номиналом в микронах», имеют значительную разницу в эффективности фильтрации. Рисунок показывает разницу между абсолютной и номинальной эффективностью фильтров.

Фильтрующий элемент на основе стекловолокна обычно может обеспечить степень чистоты (код ISO) от 18/15/8 до 15/13/9 или даже лучше в зависимости от условий работы системы и скорости генерации загрязнений. Что касается целлюлозного фильтрующего элемента, то практика показывает, что с его помощью обычно не удаётся добиться чистоты лучше чем 22/20/17.

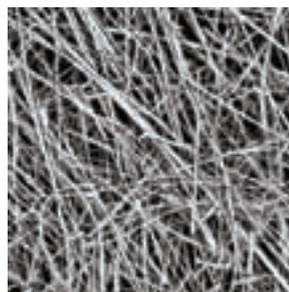
Высокие уровни загрязнения, для частиц размером 4мкм и 6 мкм являются обычными при применении целлюлозного фильтрующего материала, из-за особенностей самого материала. В таких системах высокая концентрация мелких частиц экспоненциально порождает большее количество частиц в цепном процессе генерации внутренних загрязнений в системе.

Неорганическое стекловолоконно гораздо более равномерно в диаметре и меньше, чем волокна целлюлозы. Органические волокна целлюлозы могут непредсказуемы как по своему размеру, так и по сроку службы. Меньший размер волокон обозначает, что имеется большее количество волокон в единице объёма и больший объём пустот, для того чтобы захватить и удержать частицы загрязнений.



Стекловолоконно

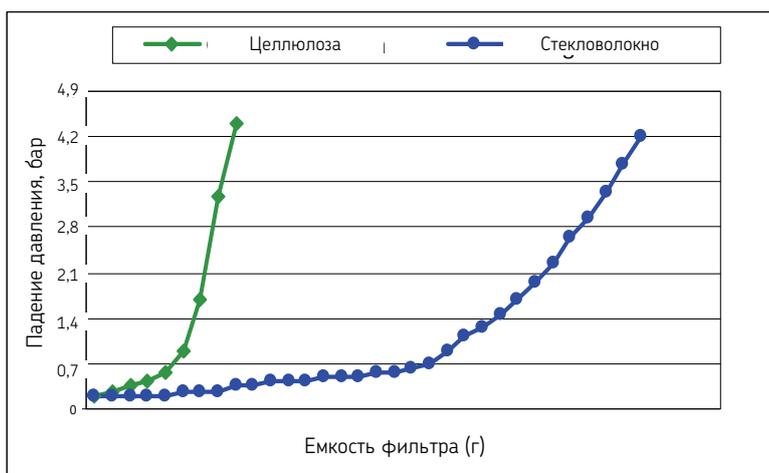
Целлюлоза



Замена на стекловолоконно G7 Hy-Pro

Материал стекловолоконно обладает лучшей способностью удерживать загрязнения, чем целлюлоза. При переходе на фильтрующие элементы из стекловолокна с абсолютной эффективностью, предусматривается выполнение определённой программы по достижению необходимой чистоты в системе. В течение этого периода фильтрующий элемент из стекловолокна задерживает большое количество мелких частиц загрязнений, которые годами проходили через стандартные (целлюлозные) фильтрующие элементы. Разумеется в течение этого переходного периода ресурс фильтрующего элемента оказывается немного ниже заявленного производителем.

После стабилизации чистоты системы элемент из стекловолокна может прослужить в 4 – 5 раз дольше, чем заменённый элемент из целлюлозы (см. рис. 2) до достижения аналогичного падения давления на фильтре. При этом стекловолоконный фильтрующий элемент «впитает» в себя в разы большее количество загрязнений.



Чище масло... Больше ресурс компонентов и самого масла...
 Больше время безотказной работы!

Роликоподшипник

Текущий код ISO	Целевой код ISO	Целевой код ISO	Целевой код ISO	Целевой код ISO
	2 x ресурс	3 x ресурс	4 x ресурс	5 x ресурс
28/26/23	25/22/19	22/20/17	20/18/15	19/17/14
27/25/22	23/21/18	21/19/16	19/17/14	18/16/13
26/24/21	22/20/17	20/18/15	19/17/14	17/15/12
25/23/20	21/19/16	19/17/14	17/15/12	16/14/11
25/22/19	20/18/15	18/16/13	16/14/11	15/13/10
23/21/18	19/17/14	17/15/12	15/13/10	14/12/9
22/20/17	18/16/13	16/14/11	15/13/10	13/11/8
21/19/16	17/15/12	15/13/10	13/11/8	-
20/18/15	16/14/11	14/12/9	-	-
19/17/14	15/13/10	13/11/8	-	-
18/16/13	14/12/9	-	-	-
17/15/12	13/11/8	-	-	-
16/14/11	13/11/8	-	-	-
15/13/10	13/11/8	-	-	-
14/12/9	13/11/8	-	-	-

Лабораторные и производственные испытания доказывают, что при использовании Ну-Про фильтров достигаются значительно более лучшие коды чистоты жидкости ISO.

Повышение чистоты жидкости означает уменьшение времени простоя, более надежное оборудование, больший срок службы гидравлической жидкости или масла, уменьшение времени для технического обслуживания и ремонта или замены дорогостоящего

Гидравлические элементы

Текущий код ISO	Целевой код ISO	Целевой код ISO	Целевой код ISO	Целевой код ISO
	2 x ресурс	3 x ресурс	4 x ресурс	5 x ресурс
28/26/23	25/23/21	25/22/19	23/21/18	22/20/17
27/25/22	25/23/19	23/21/18	22/20/17	21/19/16
26/24/21	23/21/18	22/20/17	21/19/16	21/19/15
25/23/20	22/20/17	21/19/16	20/18/15	19/17/14
25/22/19	21/19/16	20/18/15	19/17/14	18/16/13
23/21/18	20/18/15	19/17/14	18/16/13	17/15/12
22/20/17	19/17/14	18/16/13	17/15/12	16/14/11
21/19/16	18/16/13	17/15/12	16/14/11	15/13/10
20/18/15	17/15/12	16/14/11	15/13/10	14/12/9
19/17/14	16/14/11	15/13/10	14/12/9	14/12/8
18/16/13	15/13/10	14/12/9	13/11/8	-
17/15/12	14/12/9	13/11/8	-	-
16/14/11	13/11/8	-	-	-
15/13/10	13/11/8	-	-	-
14/12/9	13/11/8	-	-	-

Достижение необходимой чистоты

Ну-Про поможет Вам разработать план для достижения и поддержания целевой чистоты жидкости. Вооружившись технической поддержкой, обучением, средствами и инструкциями, Вы будете действовать более эффективно, до максимума увеличите срок эксплуатации и сэкономите деньги.

Новое масло обычно загрязнено...

Новое масло может быть одним из самых главных источников загрязнений вашей системы.

Код 25/22/19 - это стандартный код ISO нового масла, которое не подходит для гидравлических или смазочных систем. Заправляемое в систему масло должно иметь код чистоты на уровне 16/14/11.



Динамическая эффективность фильтра (DFE)

Все гидравлические и смазочные системы имеют допускаяют уровень загрязнения, который часто определен, но неограничен самым чувствительным элементом системы, таким как сервоклапан или высокоскоростные подшипники. Производители комплектующих рекомендуют уровень чистоты жидкости согласно ISO4406 или ISO4406:1999, требуемый для оптимального режима работы и ожидаемого срока эксплуатации. В работающей системе всегда существует риск, что критический уровень загрязнения может быть превышен. Степень чистоты жидкости в системе определяют индивидуальную скорость износа (срок эксплуатации) элементов системы и их надёжность.

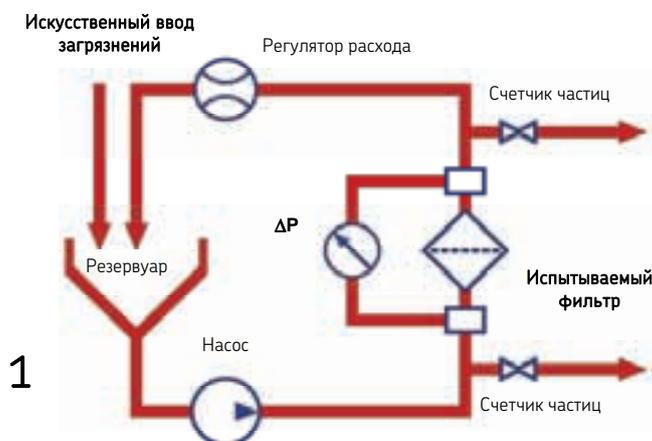
Конструкция системы, эффективность фильтра и методики технического обслуживания в значительной степени определяют степень чистоты системы. По расчетам, фильтры должны поддерживать степень загрязнения в системе ниже критического уровня. Эффективность фильтра в динамической системе может значительно отличаться от номинальной, так как зависит от множества параметров: величины расхода и плотности, величины динамических изменений в расходе (рабочий процесс), вязкости, вибрации, уровнях загрязнения, уровне генерации загрязняющих частиц и некоторых других условий. В большинстве гидравлических систем фильтры сталкиваются с динамическими изменениями прежде всего расхода и давления, а также других параметров, с изменяющейся частотой и амплитудой. Например, часто это происходит во время пуска и останова, а также изменениях режима работы оборудования. Двумя основными параметрами эффективности фильтра являются способность захвата и способность удержания загрязняющих частиц. Эффективность захвата это не что иное, как то, насколько эффективно фильтр отделяет частицы загрязнения определённого размера от рабочей среды, в то время как эффективность удержания – это насколько эффективно фильтр удерживает частицы, захваченные им в процессе дальнейшей эксплуатации. Таким образом, эффективность фильтра не может определяться только тем, как эффективно он захватывает частицы загрязнения. Если фильтр был неправильно подобран или эксплуатируется с нарушениями, то он может стать одним из самых опасных источников загрязнения системы.



Испытание динамической эффективности фильтра (DFE - эффективность) – это принципиально новый подход, но основанный на давно известных принципах, к проверке и контролю эффективности фильтрующего оборудования. DFE - тестирование является существенным дополнением к стандартным промышленным испытаниям, сокращая разрыв между лабораторными исследованиями и реальными условиями, и включает в себя динамические процессы близкие к реальным рабочим условиям, во время которых оцениваются эксплуатационные параметры фильтра в режиме реального времени. DFE - испытание определяет как эффективность захвата, так и эффективность удержания в режиме реального времени; таким образом, мы можем предугадать самый худший случай загрязнения жидкости, а также усредненную чистоту жидкости во время рабочего процесса. Метод испытания динамической эффективности фильтров был впервые предложен в 1998 году, как результат исследования двух компаний Scientific Services Inc (SSI) и Hy-Pro.

Стандартный метод оценки эффективности фильтра

Большинство производители фильтров и фильтрующих элементов используют стандартные общепринятые промышленные методики для оценки эффективности и ёмкости фильтрующих элементов в идеальных лабораторных условиях, опираясь на стандарт ISO16889, заменивший ISO 4572 в 1999 г. Стандарт основан на методике повторяемых испытаний, при которых одинаковые фильтры должны показывать близкие результаты на различных испытательных стендах. На рисунке 1 показана схема испытаний, – гидравлическая жидкость циркулирует при постоянной величине расхода в системе по замкнутому контуру с проверяемым фильтром и интерактивными счётчиками частиц до и после фильтра. В систему вводятся загрязняющие частицы с определённым размером с постоянной скоростью. Происходит отбор определённого количества жидкости до и после фильтра для подсчёта частиц загрязнения. Подсчёт количества частиц определённого размера до и после фильтра позволяет определить эффективность фильтра (захвата). Эффективность захвата выражается в степени фильтрации или эффективности (бета-коэффициент), которая является отношением между числом частиц, больше определённого размера ($x \text{ мкм}_{(d)}$) и равным ему, подсчитанным до и после фильтра.



Коэффициент фильтрации (бета) согласно стандарту ISO16889:

$$\beta_{x[d]} = \frac{\text{количество частиц } \geq x \text{ мкм}_{[d]} \text{ перед фильтром}}{\text{количество частиц } \geq x \text{ мкм}_{[d]} \text{ за фильтром}}$$

Пример: $\beta_{7[d]} = 600/4 = 150$, коэффициент фильтрации $\beta_{7[d]} = 150$.

В примере 600 частиц крупнее или равных 7мкм сосчитаны перед фильтром, а 4 частицы – после. Коэффициент фильтрации выражается в виде «бета 7_[d] = 150». Индекс _[d] используется для различения многопроходных испытаний, проводимых в соответствии с действующим многопроходным испытанием ISO16889 с новой калибровкой счетчика частиц согласно ISO11171 от ISO4572. Коэффициент фильтрации, без этого индекса, относится к устаревшему многопроходному испытанию по ISO4572, замененному ISO16889.

Эффективность также может выражаться в процентах от скорости фильтрации:

$\beta_{7[d]} = (\beta - 1) / \beta \times 100$, эффективность в процентах $\beta_{7[d]} = (150 - 1) / 150 \times 100 = 99.33\%$.
Это означает, что фильтр эффективен на 99.33% при захвате частиц размером 7мкм и крупнее.

Метод оценки динамической эффективности фильтра (DFE)

Многопроходный метод испытания динамической эффективности фильтрации дополняет промышленный стандарт путем включения динамических условий и измерения влияния изменения рабочих параметров в режиме реального времени вместо нормализованных показателей осреднённых по времени. Метод оценки динамической эффективности фильтрации также решает проблемы ISO16889, где жидкость добавляется и удаляется на протяжении всего испытания, тем самым создавая небольшую математическую ошибку, которую необходимо учитывать окончательных расчетах. В дополнение к эффективности захвата, метод DFE – испытания также количественно определяет эффективность удержания в режиме реального времени. Метод позволяет определить фильтр, который не удерживает ранее захваченный загрязнитель должным образом. Процесс высвобождения ранее захваченных частиц загрязнения называется «сбросом», и может привести к периодически возникающим уровням загрязнения, которые сильно превышают допустимую величину.

Схема для оценки динамической эффективности фильтрации также использует счетчики частиц на входе и выходе подобно ISO16889. В этом сходство с ISO16889 заканчивается. Величина расхода жидкости по методу DFE не постоянна по сравнению с ISO16889, а изменяемая гидростатически в процессе испытания, поэтому расход в системе может быть изменён достаточно быстро. Расходы на датчиках счетчиков частиц остаются постоянными во время всего подсчета частиц, и не производится отвода жидкости для анализа. Это гарантирует, что показания приборов соответствуют параметрам системы в настоящий момент. Подсчеты частиц загрязнений осуществляются до, во время и после каждого изменения расхода. Общее число подсчетов частиц определяется рабочим циклом определенного испытания. Результаты эффективности выражаются коэффициентом фильтрации (бета), процентной эффективностью и фактическом количестве частиц на миллилитр жидкости.

Данные датчиков обрабатываются в цифровом виде, поэтому эффективность фильтра может представляться для различных сочетаний условий в системе, как средневзвешенная по времени величина или в виде конкретных величин, связанных с перепадами давления в фильтрующем элементе. Некоторые типичные сочетания параметров включают в себя показания при максимальном и минимальном расходе в системе и общее количество изменений расхода (от низкого к высокому или наоборот). Быстрый подсчет частиц (определение чистоты жидкости) в определённые моменты времени позволяет человеку использующему этот метод анализировать и понимать характеристики как эффективности захвата, так и эффективности удержания каждого тестируемого фильтра во время искусственного ввода загрязняющих частиц в систему или без такового.

Метод DFE – количественное определение эффективности захвата и удержания загрязнений

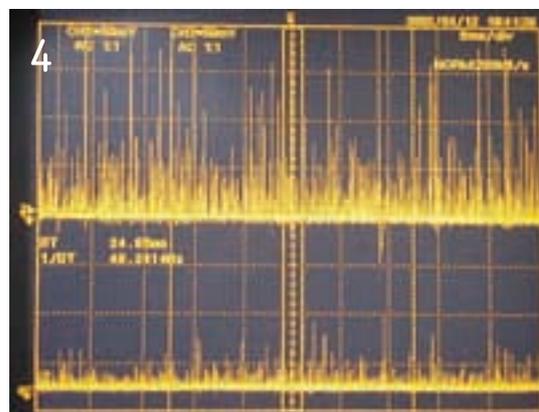
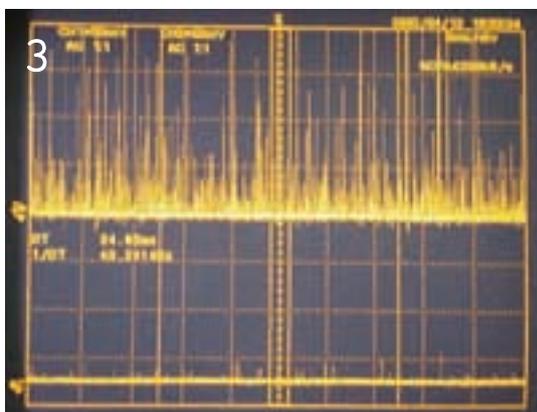
На графике 2 сравнивается эффективность двух идентичных высокоэффективных стекловолоконных фильтрующих элементов, изготовленных одним производителем. Один элемент был протестирован по многопроходному методу ISO16889, другой – по многопроходному методу DFE. На графике показано фактическое число частиц размером 6 мкм и крупнее, подсчитанных за фильтрующим элементом во время испытания.

Фильтр A2 был проверен при постоянной величине расхода, и он сохранял устойчивую эффективность в течение всего испытания. Фильтр A1 проверялся при циклическом изменении расхода между минимальной (56 л/мин) максимальной (112 л/мин) величиной. В результате было определено, что количество частиц за фильтром A1 варьировались и были самыми высокими во время изменений с низкого расхода до высокого. Пики отображают параметры, во время изменения расхода, а впадины – после изменения расхода. Со временем, по мере увеличения количества загрязнений, захваченных фильтром A1, количество частиц за фильтром постепенно увеличивалось. В результате испытаний стало очевидным, что фильтрующий элемент A1, обладает плохой эффективностью удержания ранее захваченных частиц во время динамического режима работы системы. При динамическом режиме работы данный фильтр может стать опасным источником загрязнения, поскольку он накапливает и затем сбрасывает в систему большое количество загрязнений, что приводит к периодическому скачку общего загрязнения системы превышающего в несколько раз номинальную величину гарантированную производителем фильтра при статической работе.

Фильтрующий элемент	A1	A2
Эффективность фильтрующего элемента	$\beta_{7[\mu]} > 1000$	$\beta_{7[\mu]} > 1000$
Максимальный расход (л/мин)	112	112
Минимальный расход (л/мин)	56	-
Скорость ввода загрязнений в систему	3 мг/л	3 мг/л



На графике 3 показаны показания счетчика частиц (сверху – до фильтра, внизу – после фильтра) для элемента A1 до изменения с низкого расхода до высокого, а на графике 4 во время этого изменения Регистрируемое количество частиц после фильтра во время изменения гораздо более высокое для динамического режима системы. Это и есть сброс загрязняющих частиц из фильтра обратно в систему. По мере захвата фильтрующим элементом большего количества загрязнений, большее количество может быть и сброшено обратно в систему, когда элемент подвержен динамическому изменению параметров системы. Сброс загрязнений может также произойти при изменении величины расхода с высокого до низкого, что представлено меньшими чередующимися пиками на графике 3. Параметры фильтрующего элемента обычно быстро возвращаются к номинальным после динамического режима, но тем не менее сильнозагрязненные «облака» жидкости с большим количеством загрязнениями одновременно сброшенными фильтром могут вызвать серьезные повреждения компонентов системы.

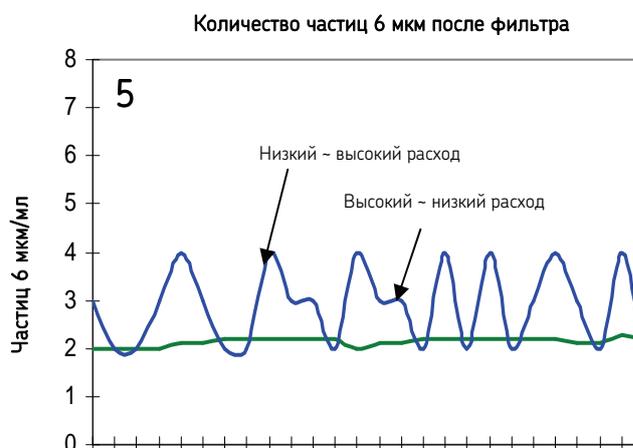


Метод DFE – количественное определение эффективности захвата и удержания загрязнений

Избыточный сброс накопленных загрязнений на ранней стадии срока службы элемента может быть симптоматическим для элемента, который, в конечном счете, выйдет из строя и полностью потеряет эффективность (деградация фильтрующего материала). Фильтрующий элемент В (диаграмма 9) проявлял эксплуатационные качества в соответствии с номинальной характеристикой по многопроходному методу ISO16889 и достиг $\beta_{7(c)} > 1000$. Однако когда идентичный элемент был проверен по многопроходному методу DFE, коэффициент фильтрации опустился значительно ниже номинальной эффективности элемента (диаграмма 11). Выбор фильтрующего материала часто основан на номинальном значении коэффициента фильтрации (β) всегда предоставляемом изготовителями фильтра. Но данный показатель не принимает во внимание динамический рабочий режим гидравлических систем. В итоге, зачастую получаем систему, которая страдает от отказов, связанных с выходом из строя компонентов из-за высокого уровня загрязнения, даже при том, что она имеет эффективную систему фильтрации, которая в теории должна предотвращать такие отказы.

На графике 5 сравнивается работа двух идентичных фильтрующих элементов Hy-Pro, с фильтрующим материалом на основе стекловолокна G7 Dualglass, которые были разработаны и протестированы по многопроходному методу испытания DFE. Все элементы Hy-Pro, которые используют такой фильтрующий материал, проходят оценку эффективности по DFE.

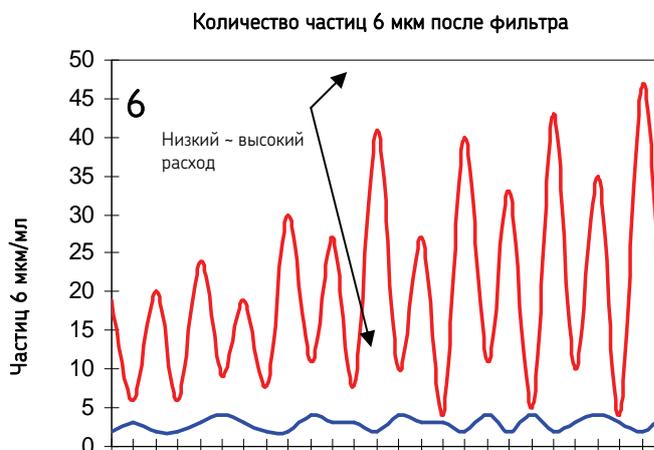
Фильтрующий элемент	Hy-Pro 1	Hy-Pro 2
Эффективность фильтрующего элемента	$\beta_{7(c)} > 1000$	$\beta_{7(c)} > 1000$
Максимальный расход (л/мин)	112	112
Минимальный расход (л/мин)	56	-
Скорость ввода загрязнений в систему	3 мг/л	3 мг/л



Хотя эффект сброса загрязнений имеет место для любого фильтрующего элемента при динамических режимах работы, фильтрующие элементы Hy-Pro 1, испытанные по методу DFE, позволяют практически пренебрегать этим эффектом. Данные фильтрующие элементы на основе стекловолокна показывают эксплуатационные качества в соответствии с многопроходными испытаниями ISO16889 ($\beta_{7(c)} > 1000$) даже во время динамического режима. Это определяется свойствами как самого фильтрующего материала, так и конструктивными особенностями фильтрующего элемента.

На графике 6 сравнивается работа фильтрующего элемента A1 и Hy-Pro 1. Оба элемента показывают превосходные показатели захвата частиц во время испытания стандартных испытаний по ISO16889. Элемент Hy-Pro, имеющий в свою очередь сертификацию по методу DFE, показал намного более стабильное состояние жидкости после элемента и более устойчивую эффективность при динамическом режиме работы. Улучшение удержания частиц загрязнения в фильтрующем материале приводит к более предсказуемым уровням чистоты жидкости в системе.

Фильтрующий элемент	Элемент A1	Hy-Pro 1
Эффективность фильтрующего элемента	$\beta_{7(c)} > 1000$	$\beta_{7(c)} > 1000$
Максимальный расход (л/мин)	112	112
Минимальный расход (л/мин)	56	56
Скорость ввода загрязнений в систему	3 мг/л	3 мг/л



Метод DFE – оценка эффективности при холодном пуске

Сущность данного метода оценки заключается в следующем: испытательная система работает до достижения фильтрующим элементом 90 % предельной степени загрязненности по индикатору загрязнения фильтра, в этот момент насос системы выключается на непродолжительное время и полностью выключается система подачи загрязнения в гидравлический контур. Через определённый промежуток времени насос включается и быстро достигает номинальной подачи для фильтрующего элемента. В это время происходит подсчёт частиц загрязнения в реальном времени для измерения эффективности удержания фильтрующего элемента при практически полном его заполнении.

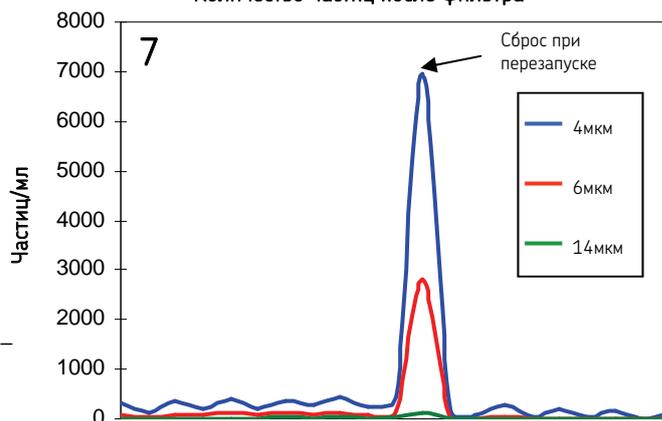
После моделирования запуска, система продолжает выполнять рабочий цикл испытания для дальнейшего контроля эффективности удержания фильтрующим элементом после перезапуска. Цель этой части DFE-испытания состоит в том, чтобы определить количественно то, насколько хорошо фильтрующий элемент удерживает загрязнения, которые он ранее захватил. Пауза перед перезапуском может быть функцией времени или функцией температуры системы для моделирования холодного перезапуска с элементом, который захватил существенное количество загрязнения.

График 7 и таблица под ним показывают функционирование фильтрующего элемента аналогичного элементам А1 и А2 на графике 2, при данном испытании. Во время перезапуска число частиц после фильтра увеличилось в 20 раз для частиц размером 6мкм, а код чистоты по ISO увеличился на 4 на каналах для размеров частиц 4 и 6 мкм. Во время испытания перезапуска нет вводимого загрязнителя, и, таким образом, любые частицы учтённые счётчиком или уже были в системе, или были сброшены элементом. В результате – чистота системы значительно упала не некоторое время, обусловлено это было тем, что фильтрующий элемент не смог удержать должным образом накопленные ранее загрязнения.

На графике 8 и таблице под ним показано функционирование элемента Ну-Про 3 аналогичного элементам Ну-Про 1 и 2 на графике 5. Сброс загрязнений элементом Ну-Про 3 при таком же DFE-испытании также имеет место, но масштаб этого процесса совершенно другой. Элемент АЗ (график 7) сбросил обратно в систему в 7 раз больше частиц размером 6мкм по сравнению с элементом Ну-Про 3, а также в 35 раз больше частиц 1размером 14 мкм и крупнее. У элемента Ну-Про сертифицированного по методу DFE намного более высокая эффективность удержания, чем у фильтра, одобренного только по многопроходному методу ISO16889.

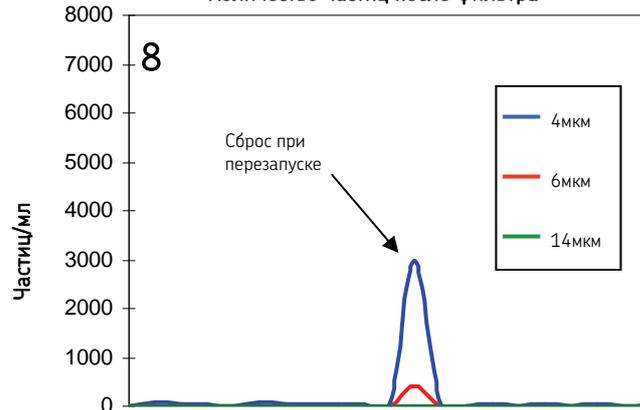
Если мы рассматриваем фильтр как «черную дыру», где загрязнение однажды попав остаётся неопределённо долго, в процессе работы мы имеем ложное чувство безопасности. При выборе фильтрующего элемента стоит обращать внимание не только на эффективность захвата загрязнения фильтром, но и на способность фильтра эффективно удерживать их.

Количество частиц после фильтра



После фильтра Ну-Про 3	4 мкм частиц/мл	6 мкм частиц/мл	14 мкм частиц/мл	ISO код по ISO4406:1999
До перезапуска	429	136	25	16/14/12
Во время перезапуска	6973	2802	139	20/18/14

Количество частиц после фильтра

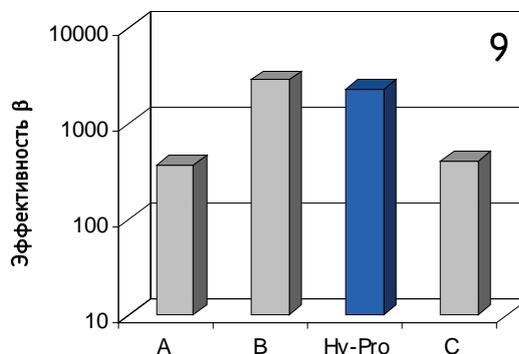


После фильтра Ну-Про 3	4 мкм частиц/мл	6 мкм частиц/мл	14 мкм частиц/мл	ISO код по ISO4406:1999
До перезапуска	75	10	1	13/11/7
Во время перезапуска	2994	404	4	19/16/9

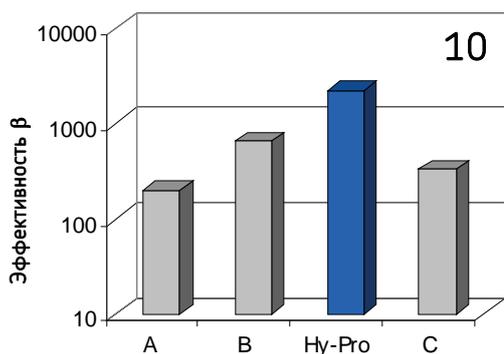
Метод DFE – Сравнение результатов многопроходных испытаний DFE и испытаний по ISO 16889

На диаграмме 9 показаны характеристики схожих фильтрующих элементов, трёх различных производителей, которые были проверены по многопроходному методу ISO 16889. Результаты представлены в виде коэффициента эффективности фильтрации (β), осреднённой по времени. Лучшие результаты оказались у фильтрующего элемента В при постоянном расходе по ISO 16889. Все проверенные элементы соответствовали заявленным коэффициентам фильтрации $\beta_{5\mu\text{m}} > 200$ (или 1000).

Осредненная по времени эффективность по ISO16889 для фильтрующих элементов с $\beta_{5\mu\text{m}} > 200$ или 1000



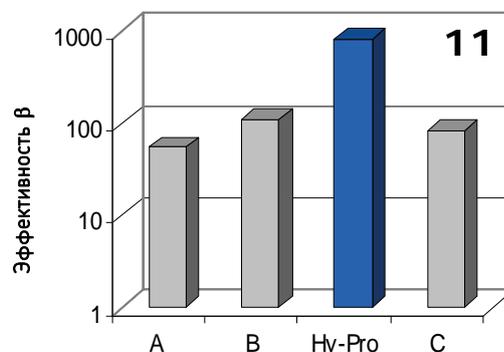
Осредненная по времени эффективность по методу DFE для фильтрующих элементов с $\beta_{5\mu\text{m}} > 200$ или 1000



На диаграмме 10 показаны результаты испытаний тех же самых элементов по многопроходному методу DFE. Чтобы проиллюстрировать различия показателей DFE и ISO16889, два испытания проводились так же с единственным различием, заключающимся в величине расхода DFE-испытания. Расход через элемент изменялся в границах определённого (эксплуатационного) диапазона, чтобы смоделировать реальный рабочий цикл гидросистемы. Эффективность осреднённая по времени, для элементов А и В была ниже номинальной, в то время как элементы Hy-Pro и С проявляли эксплуатационные качества в соответствии с номинальной характеристикой.

На диаграмме 11 количество частицы, взятое непосредственно во время изменения расхода, и коэффициент фильтрации определён в режиме реального времени, так как DFE-испытания показали, что эффективность фильтрующего элемента значительно падает при динамических режимах. На этой диаграмме видно, существенное снижение эффективности для динамического режима.

Мгновенная эффективность по методу DFE для фильтрующих элементов с $\beta_{5\mu\text{m}} > 200$ или 1000



У элемента В коэффициент $\beta_{7\mu\text{m}} > 2000$ при оценке по ISO16889 (диаграмма 9). Однако, на диаграмме 11 показано, что среднее значение эффективности этого элемента при динамическом режиме стало меньше 100. Эффективность фильтра Hy-Pro так же заметно понизилась, но тем не менее осталась на приемлемом уровне ($\beta_{7\mu\text{m}} > 800$) и он оказался единственным с эффективностью большей чем 100. Именно это сравнение показывает всю важность испытания фильтрующих элементов при динамическом изменении параметров в гидравлической системе.

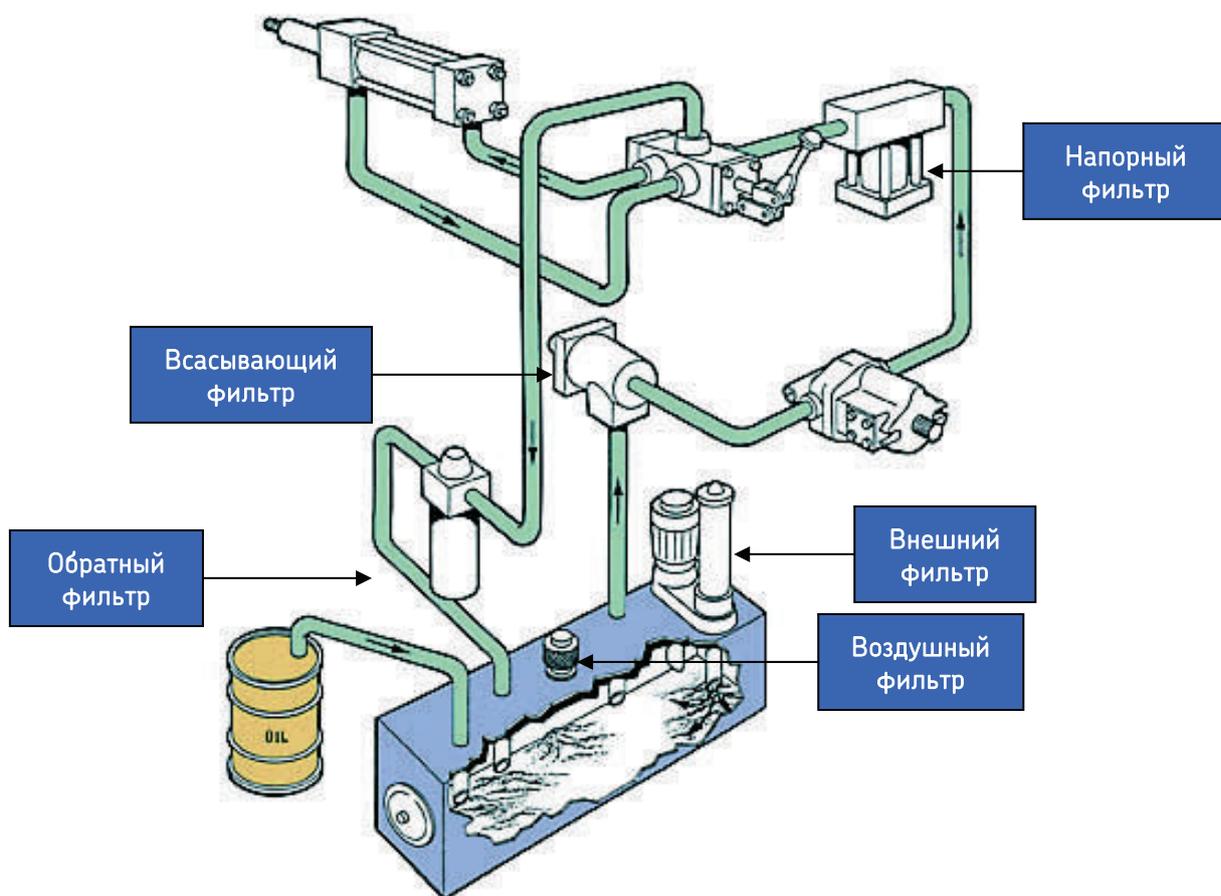
Полагаясь исключительно на ISO16889 при прогнозировании того, как фильтрующие элементы проявят эксплуатационные качества в системах с динамическими параметрами означает, что мы не располагаем всей необходимой информацией для принятия верного решения. Существующее нормативное промышленное испытание на соответствие характеристик гидравлических и масляных фильтров (ISO 16889) является хорошим инструментом для того, чтобы предсказать работу фильтров в системах с относительно статичными параметрами, но оно даёт неверный результат для систем в которых происходит частое изменение рабочих параметров (гидравлические системы управления, циркуляционные системы в режиме холодного пуска и т.п.) Первый шаг к решению проблемы – это признание того, что проблема существует, а без DFE-испытания сложно оценить эффективность фильтра в динамической системе.

Гидравлические и масляные фильтры

Часть I: Типы и расположение фильтров

Правильно подобранный фильтр позволяет значительно повысить надёжность системы смазывания или гидравлики, так что загрязнение никогда не будет причиной отказа системы.

Существуют различные варианты установки фильтра в системе, в зависимости от особенностей системы, назначения фильтра, характера загрязнений присутствующих в масле и их природы. Не существует известных математических моделей, которые бы легко определяли положение фильтра. Даже сегодня местоположение фильтра остается субъективным, и проектировщик системы определяет положение фильтра исходя из принятых рекомендаций и своего опыта. Однако есть несколько общепринятых мест, которые преимущественно используются в системах смазки или гидравлики.



ФИЛЬТР НА ЛИНИИ ВСАСЫВАНИЯ ИЛИ СЕТЧАТЫЙ ФИЛЬТР

Всасывающий фильтр расположен перед насосом или погружен в резервуар на линии всасывания, ведущей к насосу. Функция данного фильтра состоит в том, чтобы защитить насос от крупных частиц загрязнения, зачастую присутствующих в резервуаре. Этот фильтр обычно представляет собой фильтр грубой очистки или даже магнитный сепаратор. Высокоэффективные фильтры обычно не размещают на стороне всасывания, так как значительный перепад давления может вызвать отказ насоса. Фильтр тонкой очистки на стороне всасывания насоса потребовался бы очень большой, чтобы не только справляться с потоком, но также иметь чрезвычайно низкое падение давления. Он также имел бы тенденцию загрязняться быстрее, чем фильтры грубой очистки, которые позволяют пропускать большинство мелких частиц практически безвредных для насосов. Скорее всего всасывающие фильтры тонкой очистки привели бы к отказу насоса из-за кавитации, а не загрязнения.

Многие изготовители насосов не рекомендуют использование всасывающих фильтров из-за неотъемлемого риска кавитации насоса. Надлежащая обратная фильтрация вместе с фильтрацией вне контура и эффективные дыхательные фильтры предотвращающие попадание внешних загрязнений с воздухом могут часто делать ненужной фильтрацию на линии всасывания.



НАПОРНЫЙ ФИЛЬТР

Напорный фильтр обычно устанавливается между выходом насоса и остальными элементами гидравлической системы. Являясь, по сути, основным фильтром он защищает все элементы в данной системе. Этот фильтр должен выдерживать максимально возможное давление в системе и справляться с максимальной подачей насоса. Для систем с переменной рабочей нагрузкой фильтр должен выдерживать пульсирующий поток, циклы изменения и броски давления. В большинстве случаев это самый маленький по габаритам, но самый дорогой фильтр.

Фильтры высокого давления могут быть установлены с перепускным клапаном или без него. Цель встроенного перепускного канала состоит в том, чтобы позволить части потока обойти фильтр во время условий холодного запуска или когда фильтрующий элемент полностью заполнен отфильтрованными загрязнениями и требует замены. Если выбран напорный фильтр с перепуском, важно, чтобы элемент был немедленно заменен при достижении критического уровня загрязнения или по регламенту планово-предупредительного техобслуживания. Если элементы системы очень чувствительны к загрязнению (сервоклапаны), может быть выбран напорный фильтр без перепуска что гарантирует, что вся жидкость, поступающая в критичные элементы, профильтрована.

Фильтры с перепуском используют фильтрующие элементы, которые классифицируются как элементы выдерживающие относительно низкое давление смятия (до 30 бар) Фильтры без перепуска используют фильтрующие элементы с высоким давлением смятия и могут выдерживать перепад давления до 450 бар. Различие в стоимость между перепускным и неперепускным фильтром в сборе минимальна, однако фильтрующие элементы рассчитанные на высокое давление смятия могут стоить в несколько раз больше, что отразится в последствии на расходах по обслуживанию системы.



ОБРАТНЫЙ ФИЛЬТР

Обратные фильтры могут быть установлены либо в сливной магистрали, либо непосредственно в резервуар (погружной обратный фильтр). Есть множество фильтров для каждого типа. Проектировщик системы учитывает весь расход системы и направляет его через фильтр обратной линии. Такая компоновка гарантирует, что масло в резервуаре будет очищено в соответствии с необходимыми требованиями.

Следует отметить, что когда гидравлическая система содержит несколько цилиндров двустороннего действия, обратный поток из цилиндра со стороны головки обычно выше, чем максимальная подача насоса. Таким образом, фильтр должен справляться с максимальным суммарным потоком во время сброса масла из цилиндра.

Обратные фильтры стандартно оснащаются внутренними или внешними перепускными клапанами, т. Клапан защищает корпус от разрыва при скачках расхода, а элемент – от разрушения.

Превышение номинального размера обратного фильтра является обычной практикой. Это обеспечивает гибкость в увеличении степени фильтрации, не создавая чрезмерно высокого перепада давления. Обычно – это наибольший и наименее дорогой фильтр и общий фильтр. Как правило именно такие фильтры используются в мобильных системах фильтрации.



НАПОРНЫЙ ФИЛЬТР КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Некоторые системы имеют в своём составе очень чувствительные элементы, через которые проходит лишь часть общего расхода жидкости в системе. Простейшее решение – отфильтровать всю систему до необходимого уровня чистоты, но целесообразнее установить небольшой фильтр с тонким фильтрующим материалом на особо ответственном участке системы, в то время как вся остальная система может быть оснащена соответственно более грубым фильтром. Возможно это может показаться необоснованным увеличением затрат, но, в конечном счете, для такой системы оказывается экономично иметь два фильтра, а не один большой фильтр с тонким фильтрующим материалом. Разумеется начальная стоимость монтажа двух фильтров в системе будет значительно выше, но затем эксплуатационное снижение затрат не только компенсирует эти вложения но и показывает явную выгоду от такого решения. В данном случае фильтр тонкой очистки хоть и является дорогим, но благодаря небольшим своим размерам его относительная стоимость будет не велика. Аналогично и с основным фильтром установленным в системе – за счёт применения дополнительного фильтра, в нём можно использовать более грубые, и соответственно дешёвые, фильтрующие элементы. Во всех вышеупомянутых случаях следует отметить, что всякий раз, когда фильтрующий элемент требует замены, система должна быть остановлена. Если такое условие неприемлемо, а именно на электростанциях, целлюлозно-бумажных комбинатах и т.д., тогда целесообразно установить двоярный (дуплексный) фильтр, позволяющий производить замену и обслуживание без остановки всей системы.



СДВОЕННЫЙ ФИЛЬТР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

При использовании фильтра с единственным фильтрующим элементом система должна быть остановлена или иметь перепускной канал всякий раз, когда фильтрующий элемент требует замены. Если такое условие нежелательно (электростанция) тогда целесообразно установить сдвоенный (дуплексный) фильтр.

Дуплексный фильтр имеет, по крайней мере, два отделения фильтрации с перепускным клапаном. Поток может быть направлен через одно отделение или оба в зависимости от условий. Когда один из фильтрующих элементов полностью заполнен и падение давления на нём достигает критического уровня, оператор переключает клапан, чтобы перевести весь поток в системе на второй (находящийся в резерве) фильтрующий элемент, а затем проводит необходимое обслуживание и замену вышедшего из строя фильтрующего элемента. сдвоенный фильтр исключает необходимость остановки системы во время смены фильтрующих элементов.



СДВОЕННЫЙ ФИЛЬТР НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ВЫСОКИМ РАСХОДОМ

Если расход в гидравлической системе высокий, а давление при этом относительно низкое (системы смазывания, топливные системы), где останов системы для обслуживания фильтра нежелателен, должен быть установлен сдвоенный фильтр большого расхода.

Фильтры DLF и DLFM обеспечивают необходимую фильтрацию больших расходов жидкостей даже с высокой вязкостью. Характерное применение циркуляционные системы смазывания крупного промышленного оборудования (бумагоделательные машины, прокатные станы и т.п.). Для увеличения срока службы конструкцией фильтра предусмотрено по несколько (до 22!) фильтрующих элементов в каждом фильтрующем отделении.

Дуплексные фильтры большого расхода имеют 6-ходовой перепускной клапан для облегчения переключения между отделениями фильтрации.



ВНЕШНИЙ ФИЛЬТР (АВТОНОМНЫЙ)

Некоторые производители оборудования или пользователи гидравлической или смазочной системы устанавливают дополнительную внешнюю (автономную) функционально законченную систему фильтрации. Она включает в себя комплексную установку насос-мотор и непосредственно фильтр параметры которого могут быть различными в зависимости от желаемого результата. внешняя система фильтрации может быть легко соединена с резервуаром гидравлической системы. Дополнительная система фильтрации может работать как постоянно так и периодически при необходимости.

Система может быть оснащена фильтрующим элементом тонкой очистки для достижения чистоты масла на несколько классов ISO ниже необходимой, и может также использоваться для удаления воды в определённых количествах. Многоступенчатые фильтры могут быть установлены последовательно, чтобы удалять воду одним элементом, а мелкозернистые твердые частицы следующим, или увеличить ресурс элемента за счет подхода к степени фильтрации «с пошаговым понижением». Когда фильтрующий элемент достигает своей предельной степени засорения, он заменяется без остановки главной системы.



МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ФИЛЬТРАЦИИ

Мобильные автономные системы фильтрации могут иметь то же применение, что и специальные автономные фильтры, выполняя различные задачи. Они включают комплексную установку насос-мотор и фильтр(ы), которые могут быть оснащены различными элементами в зависимости от направления работы.

Обычно данные системы называют фильтрующими тележками и они оснащены быстроразъёмными фитингами для подсоединения к гидравлической системе, либо системе заправки маслом. Фильтрующая тележка, оснащенная двумя фильтрами, расположенными последовательно, может достаточно быстро изменить чистоту жидкости содержание в ней воды при применении соответствующих фильтрующих элементов. Кроме того она может быть оборудована различными дополнительными устройствами такими как счётчик частиц, для автоматического отключения при достижении необходимого уровня чистоты в системе.

Как показывает практика новое масло, заправляемое в гидравлические системы, обладает неприемлемой чистотой. Мобильные системы фильтрации позволяют обеспечивать заданную чистоту заправляемого масла.



ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР

Высокоэффективные дыхательные фильтры являются важным элементом гидравлической системы с точки зрения обеспечения её чистоты. Гофрированные дыхательный фильтр с фильтрующей средой из стекловолна может удалить из воздуха частицы размером до 1 мкм с абсолютной эффективностью. Дыхательные фильтры осушители кроме того адсорбируют воду из воздуха а так же предотвращают выброс масляного тумана. Дыхательные фильтры высокой производительности могут увеличить ресурс всех фильтрующих элементов гидравлической системы или системы смазки за счет предотвращения попадания мелкодисперсных загрязнений из окружающего воздуха. Совместно с фильтрами могут поставляться переходники и адаптеры для модернизации маслобаков и редукторов любого производителя.



Заключение:

Фильтры часто рассматривают как совсем ненужные затраты, которых можно легко избежать, их добавляют в систему при крайней необходимости, а не потому, что это может повысить эффективность и рентабельность эксплуатации гидравлической системы. Надлежащий выбор фильтра и его параметров может обеспечить годы надежной эксплуатации оборудования и экономию средств, которые обычно теряются в борьбе с отказами, часто связанными именно с загрязнением. Приблизительно 75 % всех отказов гидравлических элементов относятся к разрушению поверхности, вызванному загрязнением и коррозией. Стоимость монтажа и обслуживания эффективной системы фильтрации составляет по оценкам 3 % от затрат на решение проблем вызванных загрязнённой гидравлической жидкостью или маслом – вершина айсберга. Скрытые затраты вышедшего из-под контроля загрязнения включают незапланированный простой, расходы на замену или ремонт узлов, возмещение потерь масла и затрат на его утилизацию, затраты на обслуживание, продолжительность поиска неисправностей, энергию и другие расходы.



Гидравлические и масляные фильтры

Часть II: Правильное определение параметров фильтра

У каждого фильтра есть минимум две составляющие: корпус фильтра и фильтрующий элемент. Большинство фильтров включает в себя встроенный перепускной клапан. Этот клапан обеспечивает защиту фильтрующего элемента от разрушения путём обвода основного потока жидкости во время холодного запуска или при достижении предельного перепада давления при его загрязнении. В нормальных условиях работы весь поток масла проходит через фильтрующий элемент. Это обеспечивается необходимым усилием создаваемым пружиной клапана, которая держит клапан закрытым до заданного уровня перепада давления до и после фильтра. По мере загрязнения фильтрующего элемента перепад давления на нём увеличивается и с некоторого уровня клапан начинает открываться, поддерживая далее перепад давления постоянным, но пропуская через себя часть неочищенного масла. Если фильтр оснащён датчиком засорения, то перед открытием перепускного клапана обычно подаётся сигнал на замену фильтрующего элемента. Некоторые перепускные клапаны позволяют пропускать до 95% общего потока масла идущего через фильтр. Давление срабатывания перепускных клапанов, обычно 1,77–7 бар, и зависит от местоположения фильтра в системе. Фильтры обратной магистрали имеют более низкое значение настройки перепуска, чем фильтры в напорной линии.

Обычно определить параметры необходимого вам фильтра достаточно просто. Данная информация сделает этот процесс еще более простым. Нужно иметь в виду, что надёжная работа фильтра во многом зависит от правильного его обслуживания. Рекомендуется заменить фильтрующий элемент немедленно, когда указатель перепада давления сигнализирует необходимость в обслуживании. Указатели перепада давления обычно выдают такой сигнал при 90%-ом снижении давления величины настройки перепуска. Альтернативой замены по фактическому состоянию, ориентируясь на показатель датчика засорения, является регламент профилактического обслуживания. Например, элементы могут быть заменены по временному интервалу, независимо от их состояния. Интервалы выбираются таким образом, чтобы исключить возможность работы фильтра с открытым перепускным клапаном. Основные параметры, учитываемые при правильном выборе фильтра и определении его параметров, следующие:

1. МАКСИМАЛЬНЫЙ РАСХОД ЧЕРЕЗ ФИЛЬТР

Максимальный расход через фильтр может быть больше, чем максимальная подача насоса. Это случается из-за присутствия гидравлических цилиндров двойного действия в системе. Если Ваша система имеет такие цилиндры, Вы должны вычислить максимальную величину потока от торца цилиндра со стороны головки и определять параметры фильтра соответственно. Это относится прежде всего к к фильтрам обратной (сливной) магистрали.

2. МАКСИМАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ

Обычно это зависит от местоположения фильтра. Фильтры напорной линии обычно соответствуют полному расчётному давлению предохранительного клапана в системе, тогда как фильтр обратной магистрали испытывает значительно меньшие давления. Если фильтр испытывает колебания давления, то в таких случаях нужно рассматривать оценку показателя усталостной прочности корпуса фильтра. Целесообразно проконсультироваться с Вашим поставщиком фильтра для получения указаний при таких условиях работы, так как номинальное давление при периодическом нагружении обычно ниже, чем максимальное номинальное рабочее давление данного фильтра.

3. МИНИМАЛЬНАЯ И РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА ЖИДКОСТИ (ВЯЗКОСТЬ)

Вязкость большинства гидравлических жидкостей значительно изменяется с температурой. Чем ниже температура, тем выше вязкость и наоборот. Во время “холодного запуска” вязкость рабочей жидкости может быть достаточно большой, что может обуславливать большое падение давления на фильтре и открытие на непродолжительное время перепускного клапана. В большинстве случаев это условие является приемлемым. См. [Дополнительная информация](#) в конце раздела.

Температура жидкости также влияет на уплотнения. Выбирайте уплотнения, которые выдержат максимальные (положительные и отрицательные) температуры без отказа.



4. ДОПУСТИМОЕ ПАДЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ

Не следует опираться на падение давления корпуса и чистого элемента при проектировании и расчёте системы. По сути, это является идеальными условиями, в которых система работает весьма непродолжительное время. Всегда рассматривайте самый неблагоприятный сценарий, который произойдет, когда весь поток пойдёт через перепускной клапан. Вам обязательно следует учесть максимальное снижение давления через перепускной клапан при максимальном потоке. Например, если у фильтра есть перепускной клапан на Збара, то вероятно, что при максимальном потоке падение давления на клапане, и соответственно фильтре, может достигать 5 бар или больше. Запросите эту информацию у своего поставщика фильтра и используйте ее в своих расчётах. Если Вы определяете местоположение фильтра в обратной магистрали, и снижение давления полнопоточного перепускного клапана должно было быть 5 бар или выше, тогда Вы должны удостовериться, что это давление не окажет влияния на все элементы системы расположенные выше фильтра по потоку. Зачастую уплотнения гидравлических двигателей отказывают при большом обратном давлении вызываемом фильтром.

5. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Это один из самых сложных критериев для выбора фильтра, который в большинстве случаев основан на опыте работы инженера-проектировщика с подобной системой. Когда инженер выбирает фильтр для новой машины или даже существующего оборудования, производитель фильтра предоставляет всю необходимую информацию. Обычно данные должны включать; максимальный расход, максимальное падение давления при определенной вязкости, бета-коэффициент фильтрации и ёмкость фильтра (способность удерживать определённое количество загрязнений). Последние две величины получают многоходовым методом испытания согласно ISO 16889. Очевидно, что инженер должен выбрать элемент с самой высокой ёмкостью при прочих равных условиях. Это даст ему максимальный ресурс между заменами элемента в данной системе.

Иногда, инженер может выбрать несколько больший фильтр, чтобы увеличить интервал замены фильтрующего элемента. Любое решение, в принципе, является верным, но занижение размера фильтра ради экономии денег, в конечном счете может обернуться значительными издержками на обслуживание. Меньший фильтр будет поначалу менее дорогим, но время простоя для тех обслуживания и количество фильтрующих элементов для частой замены отразится на низкой производительности эффективности системы.

Для критической системе задавайте размер фильтра так, чтобы он обеспечил Вам максимальный ресурс. Общее эмпирическое правило таково, что следует менять элемент, когда перепад давления указывает на необходимость замены, или по регламенту профилактического обслуживания, который может совпасть с плановой остановкой оборудования независимо от состояния элемента.

Для простого определения ресурса элемента в ,бар, используйте следующую формулу:

$$EL = \text{величина настройки перепуска в бар} - (H + E)$$

где:

EL ресурс элемента, бар;

H потеря давления корпуса, бар;

E потеря давления чистого элемента при рассматриваемом расходе и вязкости, бар.,

Выбор большего фильтра позволит элементу служить дольше, поскольку падение давления чистого элемента будет ниже. Ресурс элемента определяется интервалом времени или количеством загрязнений удержанных фильтром до сигнала индикатора засорения. Использование большего фильтра приведет к более низкой плотности потока через элемент. Более низкая плотность потока означает более низкий расход на см² фильтрующей поверхности, что означает, что снижение давления элемента будет расти более медленным темпом по мере его загрязнения.

6. ВЫБОР ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

Существует несколько четко выраженных различий между доступными видами фильтрующих материалов. Выбор материала должен основываться на необходимой чистоте и прочих уникальных потребностях системы: необходимая чистота фильтрации (бета-коэффициент), ёмкость, гидравлические характеристики и т.д. Поставщик фильтра обычно должен быть в состоянии представить больше подробной информации о всесторонних испытаниях в дополнение к тому, что можно найти в документации к фильтру. Обычно нормативным является фильтрующий материал из проволочной сетки или целлюлозы, эффективность которого составляет 50 %, при номинальном размере загрязняющих частиц. Большинство фильтрующих элементов из стекловолокна обладают так называемой «абсолютной» эффективностью, то есть задерживают не менее 99,9% загрязняющих частиц номинального размера. Проверьте Эффективность или бета-коэффициент перед выбором фильтрующего, так как все «10-микронные» фильтрующие элементы фильтруют с одинаковой эффективностью. Фильтрующие элементы именно с «абсолютной» эффективностью являются самым подходящим выбором для достижения и поддержания необходимой чистоты ISO для систем с узлами, которые чувствительны к загрязнению (сервоклапана, поршневые насосы и т.д). Проконсультируйтесь с изготовителем узла в отношении необходимой чистоты жидкости, поскольку это может быть непосредственно связано с гарантийными условиями.



Большинство фильтрующих элементов сегодня являются заменяемыми и в них используется фильтрующий материал из синтетических или органических волокон. Эти элементы не подлежат промывке и повторному использованию, а также должны утилизироваться после их эксплуатационного срока службы. Некоторое оборудование оснащается элементами с фильтрующим материалом из нержавеющей стальной сетки, которые обеспечивают низкое падение давления и отчасти могут быть промыты и использованы несколько раз, но ёмкость и эффективность данных фильтрующих элементов достаточно низкие. Важно отметить, что процесс промывки зачастую вносит изменения в структуру материала и его фильтрующие свойства немного ухудшаются (сверхзвуковая очистка, паровая очистка высокого давления), не говоря уже о возможности механического повреждения элементов. У промываемых фильтрующих элементов, при одинаковом размере, ресурс обычно ниже, чем у сменных элементов из стекловолокна или целлюлозы. Элементы с фильтрующим материалом из проволочной сетки обычно применяются в системах с высоковязкими жидкостями, которые не предъявляют высокие требования к чистоте жидкости (напорная магистраль редуктора на прокатном стане).

7. СОПРОТИВЛЕНИЕ РАЗРУШЕНИЮ СМЯТИЯ И И РАЗРЫВА ФИЛЬТРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

Падение давления при полном расходе через перепускной клапан должно быть меньше, чем давление смятия, которое выдерживает фильтрующий элемент (разность давлений снаружи и внутри фильтрующего элемента). Коэффициент запаса на смятие или разрушение фильтрующего элемента должен быть не менее 1,5 (т.е. давление разрушения элемента должно быть, по крайней мере, в 1,5 раза больше падения давления полного расхода через перепускной клапан). Это обеспечит вполне достаточную защиту от разрушения или разрыва, даже если будет внезапное увеличение расхода и давления вследствие гидравлического удара.

Применение элемента с недостаточной прочностью может привести к разрушению полностью засоренного элемента, что ведёт к выбросу накопленных в фильтре загрязнений наряду с материалами фильтрующего элемента в систему. Скорее всего такая ситуация приведёт к полному отказу гидравлической системы.

8. МИНЕРАЛЬНОЕ ИЛИ СИНТЕТИЧЕСКОЕ МАСЛО

Удельная плотность минерального масла в среднем составляет 0.86. Параметры фильтров обычно определяются именно для минерального масла, если это условие не оговаривается дополнительно. Иногда в гидравлических системах используются синтетические жидкости, такие как водный гликоль или жидкость на водной основе. Последние состоят из воды на 95 % - 98% с необходимыми присадками для обеспечения смазывающей способности, биоцидов и т.д. В этом случае следует учитывать влияние плотности жидкости в системе на падение давления на фильтрах и других элементах. Другая проблема с синтетическими жидкостями – их совместимость с уплотнениями. Следует внимательно выбирать материал уплотнения в соответствии с рекомендациями поставщика гидравлической жидкости.



МИНЕРАЛЬНОЕ ИЛИ СИНТЕТИЧЕСКОЕ МАСЛО (продолжение)

Синтетические жидкости могут быть очень коррозионными (фосфатный эфир). В таком случае, компоненты системы фильтрации могут потребовать специальной обработки или использования нержавеющей стали. Практика так же показывает, что агрессивные жидкости могут разъедать связующие вещества в нетканых фильтрующих материалах. Некоторые синтетические жидкости (огнестойкие) могут иметь повышенный уровень кислотности, что может приводить к разъеданию некоторых фильтрующих материалов и фильтр превращается в источник загрязнения.

У некоторых жидкостей на водной основе обладают, наоборот, очень высоким значением pH, чтобы поддерживать низкий рост бактерий. Эти жидкости могут активно вступать в реакцию с алюминиевыми деталями корпусов. Для таких применений следует избегать алюминия или анодировать алюминиевые детали для дополнительной защиты. Водно-гликолевые эмульсии могут быть неустойчивыми. Целесообразно завышать размер фильтра во избежание высокого перепада давления в случае, когда эмульсия достигает вязкости выше, чем при нормальных условиях работы. Поэтому всегда следует уточнять совместимость фильтрующих элементов с гидравлической жидкостью или маслом в системе.

9. ЗАВЫШЕНИЕ РАЗМЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ГИБКОСТИ СИСТЕМЫ

При выборе фильтра после предварительного определения его необходимых параметров исходя из типа жидкости, расхода и желаемой чистоты, важно рассмотреть возможность использования немного большего, чтобы учесть непредвиденные изменения системы в будущем. Один из основных параметров, упомянутых ранее, вязкость жидкости в системе. Если выбранный фильтр выбран опираясь на текущий расход при определенной вязкости, то небольшое увеличение вязкости может привести к значительному снижению ресурса по падению давления. Улучшение чистоты жидкости обычно приводит к экспоненциальному увеличению срока службы подшипников и гидравлических элементов. Общая стратегия для достижения более низких кодов чистоты ISO (4мкм_[ц]/6мкм_[ц]/14мкм_[ц]) состоит в последовательной установке фильтрующих элементов с более тонкой степенью фильтрации. Если корпус фильтра не является достаточно большим, это может оказаться невозможным, поскольку уменьшение номинального размера ячейки фильтрующего материала ведёт к увеличению размера фильтрующего элемента для поддержания падения давления на фильтре на одном уровне. Некоторый запас по размеру корпуса фильтра позволяет в будущем использовать фильтрующие элементы обеспечивающие более тонкую фильтрацию. Альтернативное решение – замена корпуса фильтра, но зачастую это ограничено размерами оборудования и необходимостью переделки системы трубопроводов.

Дополнительная информация:

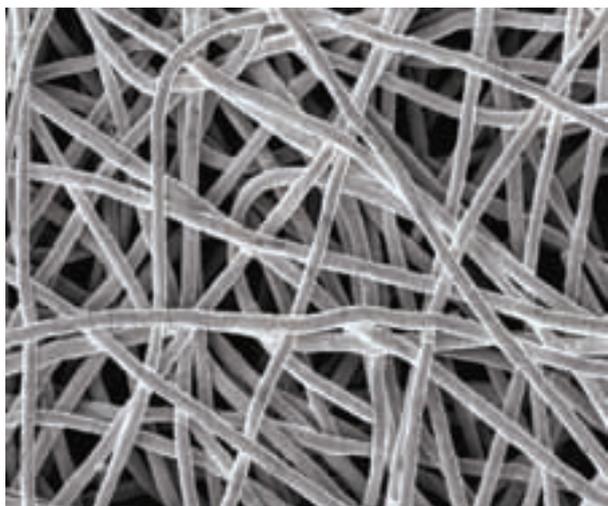
В некоторых случаях температура жидкость в системе может оказаться достаточно низкой, что приводит к значительному увеличению её вязкости. При таких условиях жидкость может обходить фильтрующий элемент через перепускной клапан, пока температура жидкости не повысится до определённого уровня. Обычно время простоя гидравлических систем составляет меньше, чем 24 - 48 часов. Когда система установлена после завершения выполнения задачи или в конце смены, очевидно, что масло в системе чистое, согласно действующим стандартам. После запуска масло все еще чистое и остается таковым в течение некоторого времени пока система прогревается. Таким образом открытый перепускной клапан в системе фильтрации не приносит значительного вреда.

Мы рекомендуем, чтобы фильтр был подобран для нормальных эксплуатационных режимов, а не для холодных запусков. Однако есть применения, где перепуск недопустим принципиально. В этом случае фильтр должен быть подобран для наихудших условий работы. Такой фильтр в большинстве случаев будет большим, он должен быть оснащен высокопрочным фильтрующим элементом и не иметь перепуска.

Заключение:

Фильтры часто рассматривают как совсем ненужные затраты, которых можно легко избежать, их добавляют в систему при крайней необходимости, а не потому что это может повысить эффективность и рентабельность эксплуатации гидравлической системы. Надлежащий выбор фильтра и его параметров может обеспечить годы надежной эксплуатации оборудования и экономии средств, которые обычно теряются в борьбе с отказами, часто связанными именно с загрязнением. Приблизительно 75 % всех отказов гидравлических элементов относятся к разрушению поверхности, вызванному загрязнением и коррозией. Стоимость монтажа и обслуживания эффективной системы фильтрации составляет по оценкам 3 % от затрат на решение проблем вызванных загрязнённой гидравлической жидкостью или маслом – вершина айсберга. Скрытые затраты вышедшего из-под контроля загрязнения включают незапланированный простой, расходы на замену или ремонт узлов, возмещение потерь масла и затрат на его утилизацию, затраты на обслуживание, продолжительность поиска неисправностей, энергию и другие расходы.





Волокно из нержавеющей стали

Фильтрующие элементы для систем гидравлических и систем смазки на электростанциях и других пожаробезопасных применений

Высокоэффективные фильтрующие элементы для коррозионно-активных жидкостей и высоких температур. Модернизация фильтрующих элементов из стекловолокна – волокно из нержавеющей стали

Рабочая температура: от -29 до +120° (viton), рабочее давление до 210 бар.

Описание материала

Системы электрогидравлического управления обычно используют фосфатный эфир, агрессивность которого очень велика при контакте с водой. Кислота разрушает связующий элемент в фильтрующих элементах из стекловолокна и других материалов. Это приводит к снижению эффективности за счёт разрушения структуры материала и переносу его частиц в гидравлическую систему, что приводит к значительному снижению качества жидкости в системе. Фильтрующий материал из спечённого волокна из нержавеющей стали устойчив к воздействию агрессивных веществ, возникающих в системах электрогидравлического управления.

Несжимаемое волокно увеличивает срок эксплуатации фильтрующих элементов в системах с высокими перепадами давления.

Не подвержено водному и студенистому загрязнению. Абсолютная эффективность от $\beta_2 = 200$, $\beta_{4,4[\text{c}]} = 1000$ и $\beta_{4,4[\text{c}]\text{D}} = 500$ (оценка динамической эффективности фильтрации DFE).

Применение

Гидравлические системы, в которых используются негорючие жидкости. Включает электрогидравлическое управление энергогенерирующего оборудования, системы запуска турбин, контур управления регулятора оборотами турбины и т.п.

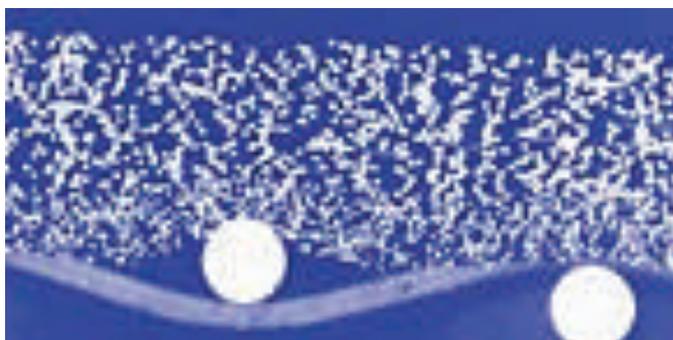
Модернизация стекловолоконных фильтрующих элементов следующих производителей:

GE	Westinghouse	ABB
Pall	Parker	Hilco
Kaydon	Indufil	

Тестирование динамической эффективности фильтрации (DFE)

Элементы имеющие проверенные на динамическую эффективность фильтрации DFE проявляют заявленные эксплуатационные качества в соответствии даже в жестких условиях переменного расхода и вибрации.

Современным промышленным и мобильным гидравлическим системам необходимы системы фильтрации, обеспечивающие необходимую чистоту при любых условиях. Металлическая сетка удерживает фильтрующий материал имеет ряд преимуществ по сравнению с другими синтетическими материалами: повышая усталостную прочность, сопротивляемость высоким температурам и химическим воздействиям, а так же обладает очевидной повышенной прочностью.



Вид в поперечном разрезе – волокно из нержавеющей стали код -3SF (и поддерживающая металлическая сетка)

Типичные фильтрующие элементы, заменяемые на элементы с материалом из нержавеющей стали

Pall
 HC9401FDP13Z
 HC9401FDP13ZYGE
 HC9401FDT13Z
 HC9401FDT13ZYGE
 HC9601FDP11Z
 HC9601FDP11ZYGE
 HC9601FDT11Z
 HC9601FDT11ZYGE
 HC9601FDP16Z
 HC9601FDT16Z
 HC9601FDP21ZYGE
 HC9601FDT21Z
 HC9601FDT21ZYGE
 HC9651FDP8Z
 HP9651FDT8Z
 HP9651FDP16Z
 HP9651FDT16Z

Hy-Pro
 HP41L13-3SFV
 HP41L13-3SFV
 HP41L13-10SFV
 HP41L13-10SFV
 HP61L11-3SFV
 HP61L11-3SFV
 HP61L11-10SFV
 HP61L11-10SFV
 HP61L16-3SFV
 HP61L16-10SFV
 HP61L21-3SFV
 HP61L21-10SFV
 HP61L21-10SFV
 HP61L21-10SFV
 HP51L8-3SFV
 HP51L8-10SFV
 HP51L16-3SFV
 HP51L16-10SFV

Pall
 HC9021FDP4Z
 HC9021FDP4ZYGE
 HC9021FDT4Z
 HC9021FDT4Z YGE
 HC9021FDP8Z
 HC9021FDP8ZYGE
 HC9021FDT8Z
 HC9021FDT8ZYGE

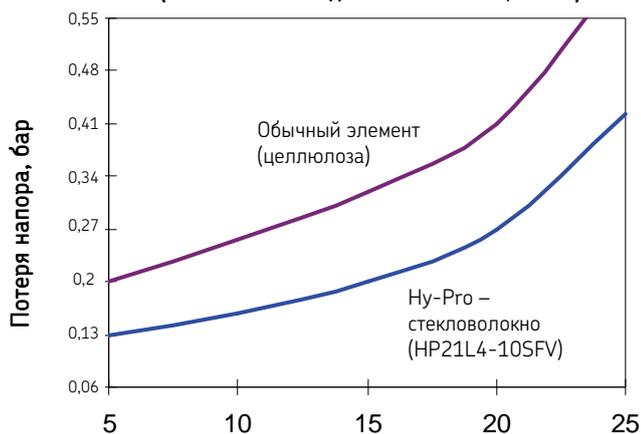
Hy-Pro
 HP21L4-3SFV
 HP21L4-3SFV
 HP21L4-10SFV
 HP21L4-10SFV
 HP21L8-3SFV
 HP21L8-3SFV
 HP21L8-10SFV
 HP21L8-10SFV

General Electric
 234A6578P0002
 234A6579P0002
 254A7229P0005
 254A7729P0008
 254A7220P0008
 258A4860P002
 258A4860P004
 361A6256P010

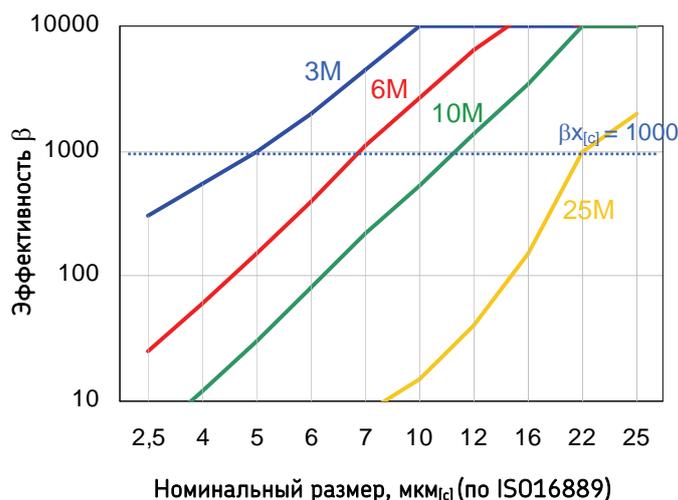
Hy-Pro
 HPQ210128L13-3SFV
 HPQ210129L13-3SFV
 HPQ210130L13-3SFV
 HPQ210131L13-3SFV
 HPQ210132L13-3SFV
 HPQ210133L11-3SFV
 HPQ210134L21-3SFV
 HPQ210135L18-3SFV

Сравнение потери давления в фильтрующих элементах в зависимости от фильтрующего материала

Зависимость падения давления от расхода через фильтрующий элемент (испытательная жидкость: Mil-H-5606, 100 °F)



Кривые эффективности фильтрующего материала



ДЛЯ ЗАМЕТОК





Объединение знаний и нововведений

Объединив знания и опыт в таких областях, как подшипники, уплотнения, сервис, мехатроника и системы смазывания, компания SKF может предложить поддержку для решения более широкого спектра задач по системам смазывания. Мы также находимся на передовых рубежах трибологии – науки, занимающейся изучением трения, износа и смазки.

Представительства СКФ

СКФ Россия

тел: + 7 495 510 18 20
факс: + 7 495 690 87 34
e-mail: skf.moscow@skf.com
www.skf.ru

СКФ Беларусь

тел: + 7 375 17 257 12 09
факс: + 7 375 17 257 22 74
e-mail: skf.minsk@skf.com
www.skf.by

Представництво СКФ Євротрейд АБ в Україні

тел: + 38 044 587 67 87/86/85
факс: + 38 044 569 61 25
e-mail: skf.ukraine@skf.com
www.skf.ua

СКФ Казахстан

тел: + 7 727 334 06 64/65, 266 40 97
факс: + 7 727 250 76 09
e-mail: skf@asdc.kz
www.skf.kz

® SKF является зарегистрированной торговой маркой SKF Group.

© SKF Group 2009

Данные в публикации могут отличаться от приведенных в изданных ранее публикациях из-за изменений в конструкции, новых технических разработок или более точных методов вычисления. SKF оставляет за собой право вносить изменения в технические характеристики без предварительного уведомления.

