

ДИГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОПРИВОДА МОБИЛЬНЫХ МАШИН

В процессе эксплуатации машин с гидроприводом технические параметры гидрооборудования изменяются от номинального до предельного значения в зависимости от влияния различных факторов как конструктивно - технологических, так и эксплуатационных.

Для поддержания гидропривода машин в исправном и работоспособном состоянии и своевременного обнаружения внезапно возникшего отказа необходимо периодически контролировать техническое состояние гидравлического оборудования. Средства технической диагностики позволяют своевременно обнаружить возможность внезапного отказа, распознать характер и место скрытой неисправности, предотвратить повреждения гидрооборудования, последующий ремонт и простой машины до восстановления работоспособного состояния. Таким образом, своевременное обнаружение неисправностей с помощью средств диагностики технического состояния является более целесообразным, чем устранение отказа путём замены поврежденного гидрооборудования.

Основными задачами технической диагностики гидропривода являются:

- определение параметров, характеризующих состояние гидрооборудования и их сравнение со значениями, установленными в нормативно-технической документации; качественный и количественный анализ информации о техническом состоянии гидрооборудования для определения показателей надёжности, а также качественных характеристик надёжности изделия (характеристики отказа, причины повреждения или разрушения);
- установление взаимосвязей между показателями надёжности и влияющими на них факторами;
- определение необходимости технического обслуживания и ремонта гидрооборудования для восстановления работоспособного состояния.

Основным параметром гидропривода, наиболее полно характеризующим его техническое состояние, является его объёмный к.п.д. Однако в связи с невозможностью непосредственного (прямого) измерения объёмного к.п.д. гидропередачи при диагностировании используют внешние (выходные) характеристики, а также учитывают сопутствующие процессы, возникающие при выполнении рабочих операций.

Такие диагностические параметры, как частота вращения гидромашин, скорость перемещения штоков гидроцилиндров, величина и скорость изменения давления, температура РЖ, концентрация загрязнений, состав продуктов износа в РЖ и другие, дают конкретную информацию о техническом состоянии диагностируемого гидрооборудования и могут быть использованы для установления причин интенсивного износа, нарушения работоспособности и отказов, а также для разработки эффективных мероприятий по их предотвращению.

Рабочие и сопутствующие процессы, функционально связанные с техническим состоянием гидравлического оборудования, содержат информацию, необходимую для диагностирования, называемую диагностическими признаками (симптомами).

Номинальные значения технических параметров диагностируемого гидрооборудования (насосов, гидромоторов, гидроцилиндров, распределителей фильтров и др.), указываются в его нормативно-технической документации с учётом конкретных условий работы гидропривода машины и, прежде всего, от температуры и сорта используемой РЖ. Если измеренные диагностические параметры отличаются от номинальных, приведенных в нормативно - технической документации, то необходимо привести их к номинальным значениям или установить их нормированное значение для гидропривода конкретной машины.

Техническое состояние гидрооборудования определяют по численным значениям его параметров, подающихся измерению с помощью средств приборного контроля. Для каждого типоразмера гидрооборудования существуют свои основные диагностические параметры, например, для насосов и гидромоторов - объёмный к.п.д.; герметичность - для всасывающей и напорной гидролиний; для регулируемых насосов и гидромоторов, кроме указанных параметров – характеристика регулирования, определяющая зависимость подачи от давления (внешней нагрузки) на выходе; для гидроцилиндров – механический и объёмный к.п.д.(наружные утечки и внутренние перетечки РЖ); для секционных и моноблочных распределителей – утечки РЖ по зазорам золотников, давление настройки (открытия) первичных и вторичных предохранительных клапанов; наружная герметичность и утечки в обратных клапанах; для блоков гидравлического управления – плавность и диапазон регулирования давления управления; для блоков питания гидравлического управления – давление зарядки газовой полости

гидропневмоаккумулятора и герметичность обратного клапана; для гидрозамков и тормозных клапанов – давление управления запорным элементом и внутренние перетечки РЖ при обратном потоке; для линейных фильтров – перепад давления на фильтроэлементе и давление срабатывания переливного клапана.

Наружные утечки РЖ – одно из наиболее распространённых повреждений гидропривода, легко определяемое визуальным наблюдением, чаще всего является следствием потери упругих свойств или разрушения уплотнений неподвижных соединений. Внутренние перетечки РЖ в подвижных сопряжениях деталей свидетельствуют не только о возникновении неисправности и нарушении работоспособности гидропривода, но и об износе поверхностей сопряжённых деталей, вызывающем изменение размеров деталей и их формы и являющимся причиной загрязнения РЖ твёрдыми и нерастворимыми частицами металла и их окислов.

Предельные значения параметров обусловлены вероятностью отказов и неисправностей гидропривода и являются в основном величинами технико-экономического характера. Согласно ГОСТ13377-75 «предельное состояние объекта характеризует такое состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена из-за неустраняемого изменения значения заданных параметров за установленные пределы, или неустраняемого снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой, или необходимости выполнения среднего или капитального ремонта».

Признаки (критерии) предельного состояния серийно выпускаемого гидрооборудования и их численные значения должны устанавливаться нормативно-технической документацией заводов – изготовителей на основе анализа причин и характера износов и отказов гидрооборудования в условиях нормальной эксплуатации машин с гидроприводом; влияния технического состояния гидрооборудования на технико-экономические показатели машин, определяющие эффективность и целесообразность их дальнейшей эксплуатации; технических условий на изготовление, эксплуатацию и ремонт гидрооборудования; влияния технических параметров гидрооборудования на безопасность работы машин при эксплуатации и обслуживании; экспертных заключений специалистов и организаций, проектирующих, изготавливающих и эксплуатирующих машины с гидроприводом.

Следовательно, для определения технического состояния машины или отдельных его компонентов необходимо измерять несколько параметров. Совокупность измеряемых параметров должна быть минимальной, но достаточной для объективной оценки технического состояния диагностируемого гидрооборудования и гидропривода машины в целом.

Для прогнозирования технического состояния гидропривода существенно важной окажется информация об изменении некоторых параметров за установленное время эксплуатации вследствие износа и воздействия климатических или иных факторов, в том числе условий и режимов эксплуатации машины.

В связи с постоянным совершенствованием гидрооборудования и усложнением гидравлических систем машин усложняются также и задачи, стоящие перед специалистами, выполняющими техническое обслуживание с помощью современных технических средств измерения диагностических параметров. Даже если специалист по техническому обслуживанию имеет обширную информацию о причинах возникающих отказов и неисправностей, то всё же далеко неясно как по видимым признакам, таким как потеря мощности и снижение производительности машины, можно определить точную причину неисправности, например, снижение давления открытия предохранительного клапана или заклинивание золотникового распределителя, чтобы можно было устранить неисправность.

В этом случае, с помощью портативного гидротестера Webster, специалист по техническому обслуживанию быстро определит причину и устранит неисправность без потери времени на бесполезный поиск неисправностей.

Компания Webtec разрабатывает новые средства технической диагностики и непрерывно совершенствует широкую номенклатуру уже изготавливаемых приборов, чтобы специалисты по техническому обслуживанию могли определить техническое состояние всех компонентов установленных в гидросистеме машины, измеряя расход, давление и температуру РЖ с помощью одного компактного гидротестера.

Следует иметь в виду, что оперативный контроль технического состояния гидрооборудования при техническом обслуживании это только один из способов применения диагностической аппаратуры компании Webster. Параметрические испытания гидравлических систем с измерительной аппаратурой также возможны на стадии разработки, при серийном производстве, для периодической проверки качества

изготовления, контрольной проверки изделий перед отгрузкой потребителю, послепродажного обслуживания и как часть программы планового профилактического ремонта. Компания Webster специализируется на приборах для измерения расхода, давления и температуры в гидравлических системах высокого давления, как для непрерывного использования, установленных на испытательных стендах (серия СТ), так и портативных для применения в полевых условиях (серия портативных тестеров).

Номенклатура диагностических приборов для испытания гидравлических систем компании Webster включает:

- простые цифровые гидротестеры с ручным управлением, цифровые гидротестеры двустороннего действия с дистанционными входными устройствами, аналоговые гидротестеры с дистанционным входным устройством;
- расходомеры низкого давления (7,0 МПа), среднего (24 МПа) и высокого давления (42 МПа) на расход от 0,2 л/мин до 750 л/мин при давлении до 24 и 48 МПа;
- 8 моделей датчиков расхода от 1,0 до 1500 л/мин, ряд моделей датчиков на давление от 1,0 до 100 МПа, и датчиков температуры до 150°C при давлении до 48 МПа для постоянной работы в гидросистеме;
- портативные считывающие устройства (для распознавания датчиков расхода РЖ) для двух, четырех и шести входных сигналов с дисплеем на 2 строки и с многострочным дисплеем, обеспечивающих высокоскоростную запись и сохранение измеряемых параметров. Они применяются при комплексной проверке технического состояния гидросистем и для поиска неисправностей гидрофицированной мобильной техники и промышленных установок;
- считывающие устройства, устанавливаемые на приборную панель, для контроля за состоянием гидравлических испытательных систем, систем управления, дистанционных систем слежения, совместимые со всеми датчиками на 4...20 мА переменного и постоянного тока.

Последним пополнением ассортимента компании Webster стал новый портативный цифровой гидравлический тестер ДНМ403) для испытания гидравлических систем в полевых условиях, особенно мобильной техники с гидроприводом. На рис.1а) представлен портативный цифровой гидротестер ДНМ403 с электропитанием от батареи постоянного тока напряжением 9 В, а на рис. 1б) показан цифровой дисплей, регистрирующий измерение расхода в зависимости от давления, для вычисления объёмного к.п.д. насоса.



Рис1а.



Рис.1б.

При создании этого гидротестера компания Webster обобщили почти 30 –летний опыт производства многоцелевых приборов для испытания гидравлических систем, объединив их функции точного измерения расхода, давления и температуры, с функцией измерения объёмного к.п.д. насоса. После подключения этого прибора к двухпоточному насосу и соединения кабелей для передачи электрических сигналов о расходе, давлении, температуре и фототахометра для измерения частоты вращения приводного вала, можно имитировать рабочие условия с помощью встроенного нагружающего клапана, чтобы начать процесс испытания с измерением диагностических параметров для определения технического состояния двух качающих узлов аксиально-поршневого насоса.

Технические данные цифрового гидравлического тестера ДНМ403

Диапазон расхода: от 10 до 400 л/мин; точность измерения расхода: $\pm 1\%$; диапазон рабочего давления: 0...42 МПа; диапазон измеряемого давления: 0,6...60 МПа; точность измерения давления: 0,5%; диапазон измерения температуры РЖ: 0...120°C; точность измерения температуры: $\pm 1\%$; дополнительно вычисляемые значения: мощность и объёмный к.п.д.; габаритные размеры: длина-240мм, ширина -180 мм, высота – 205 мм; вес-8кг.

На принципиальной схеме (рис. 2) показано применение портативного цифрового гидротестера ДНМ403 для диагностирования двухпоточного аксиально-поршневого насоса в комплекте с измерительными приборами и нагружающими клапанами, с фототахометром 1 для измерения частоты вращения приводного вала насоса, с двумя расходомерами 2 и 3 для измерения подачи РЖ, нагружающими клапанами 2 и 4 для создания регулируемого давления, а также цифрового считывающего устройства 5 для регистрации подачи РЖ двумя качающими узлами аксиально-поршневого насоса, давления и температуры РЖ.

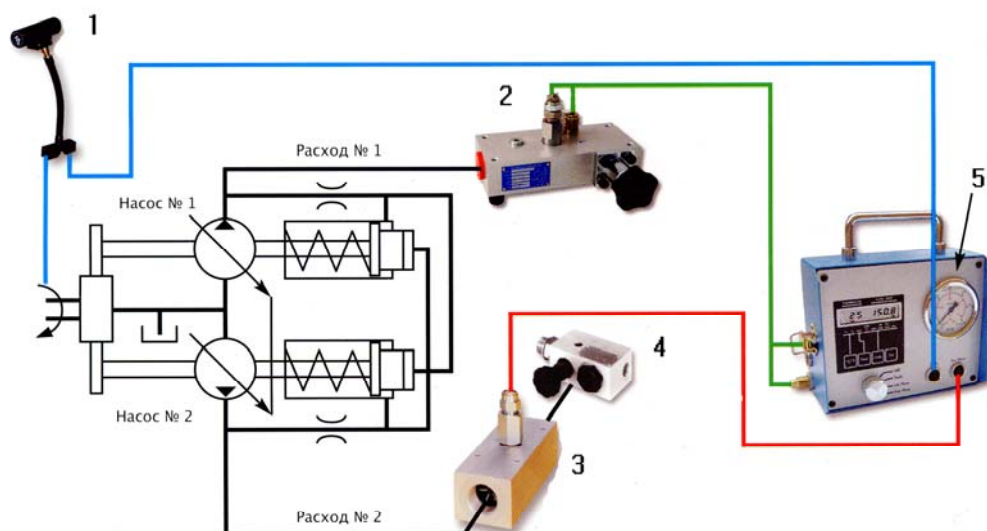


Рис.2. Принципиальная схема диагностирования технического состояния двухпоточного аксиально-поршневого насоса: 1-фототахометр; 2 турбинный расходомер со встроенным нагружающим клапаном и предохранительной системой от случайного повышения давления в обоих направлениях потока РЖ; 3 – турбинный расходомер с отверстием для измерения давления и температуры; 4 – отдельный нагружающий клапан имитирующий работу машины; 5 – цифровое считывающее устройство для измерения подачи насосом РЖ, температуры и частоты вращения приводного вала насоса.

Гидравлический тестер ДНМ403 был разработан для оперативного контроля технического состояния гидропривода мобильных машин, чтобы позволить пользователю точно измерять 5 параметров одновременно и полностью отображать их в цифровом виде на одном экране. Эта разработка более совершенна по сравнению с предыдущими моделями, в которых расход и температура отображались в цифровом виде, но давление измерялось с использованием манометра с трубкой Бурдона, заполненной глицерином. Манометр идеально подходит для определения направления происходящего изменения, но он работает слишком медленно, чтобы измерять пики давления или показывать незначительные изменения давления. В ответ на запросы покупателей о необходимости более точного измерения давления был создан датчик давления в новом исполнении. Время срабатывания датчика давления составляет 2 мс (0,002 с), благодаря этому он может распознать пики давления до 60 МПа, хотя прибор настроен для нормальной работы на давление до 42 МПа.

Важной особенностью каждого тестера является встроенный нагружающий клапан, который позволяет оператору самостоятельно имитировать нагрузку в гидросистеме, постепенно ограничивая расход РЖ.

При разработке цифрового гидравлического тестера за основу были приняты сконструированные методом проб и исправлений реверсивные турбинные расходомеры. Эта компактная конструкция была разработана для обеспечения точности измерения расхода РЖ по лабораторным стандартам, учитывая, что расходомер должен быть установлен в ограниченном пространстве, в котором расположение входных и выходных патрубков может быть не подходящим. Это было достигнуто путем тщательного ограничения расхода до турбины, а затем после турбины. В частности расходомер имеет диски, препятствующие закручиванию потока РЖ, встроенные в *выпрямители расхода* для того, чтобы устранить возникающее в патрубках закручивание потока и разделить его для обеспечения равномерности потока независимо от расположения и конфигурации конструкции патрубков.

При измерении расхода РЖ точность редко обсуждается, так как она редко считается недостаточной. Хотя часто расход измеряют на верхнем пределе возможностей расходомера. Необходимо стремиться к измерению более низкого расхода тем же самым прибором. Если точностью измерения считается постоянная погрешность, например, основная погрешность измерения $\pm 1\%$ от максимального значения, это означает, что для расходомера, настроенного на 400 л/мин, погрешность может быть ± 4 л/мин. Обычно это не является проблемой при измерении большого расхода, но для расхода 40 л/мин погрешность измерения ± 4 л/мин составляет 10%. Результат измерения с такой погрешностью может быть признан неудовлетворительным.

По этой причине все турбинные расходомеры компании Webster спроектированы, чтобы обеспечить максимальную точность измерения для очень широкого диапазона значений расхода в обоих направлениях потока РЖ. Это достигается за счёт использования бортового микропроцессора, чтобы спрямлять повторяющиеся, но нелинейные характеристики турбины для обеспечения более точного измерения гораздо меньшего расхода, чем точность, оцененная с абсолютной погрешностью 1%.

Система защиты от чрезмерного давления. Для обеспечения безопасности гидротестеры Webster оснащены системой защиты от чрезмерного повышения давления называемой Interpass. Встроенные защитные диски нагружающего клапана обеспечивают безопасный перелив РЖ через нагружающий клапан по внутреннему каналу и слив в бак без утечек из гидросистемы, исключая загрязнение окружающей среды.

Блок расхода РЖ имеет встроенный, сбалансированный по давлению нагружающий клапан (регулятор расхода), который позволяет постепенно ограничивать расход РЖ в гидролинии после расходомера, для того чтобы предоставить возможность пользователю нагружать гидравлическую систему вручную и мгновенно измерять воздействие изменения нагрузки на расход, давление и температуру.

Для проведения испытаний гидротестер может быть установлен в гидросистему различными способами. Если гидротестер DNM403 будет установлен перед предохранительным клапаном, то создавать давление в гидросистеме нужно осторожно, чтобы не было превышено максимально допустимое давление. Случайное увеличение расхода РЖ во время использования нагружающего давления (если его не контролировать) может привести к внезапному повышению давления, которое может разорвать рукав высокого давления (РВД) или повредить насос. Поэтому все портативные гидротестеры имеют защитную систему. В этой системе используются два металлических диска диаметром 16 мм для защиты РВД от разрыва. *Разрыв дисков может произойти при давлении в пределах 2,0 МПа от номинального значения, на которое они рассчитаны, но обычно давление составляет 43,4 МПа.*

Если это случается РЖ свободно проходит через середину нагружающего клапана, при этом на него не влияет настройка клапана и не возникает какое-либо повреждение.

Конструкция блока предназначена для реверсивного потока и не влияет на расходомер, она просто блокирует нагружающий клапан до тех пор, пока диски не будут заменены.

Анализ зависимости расхода от давления РЖ. Измерение подачи РЖ в зависимости от давления в гидросистеме, которое изменяется в зависимости от внешней нагрузки, является важным показателем технического состояния насоса, характеризующее степень износа сопряженных пар качающего узла. Эта проверка зависимости расхода от давления

является эталонным методом измерения износа и внутренних перетечек РЖ в насосе и теперь она включена в качестве стандартного метода испытания в гидротестер DNM403.

В гидротестере DHM403 имеется 3 стандартных экрана: цифровой, цифровой и аналоговый, а также экран, на который выводятся результаты измерения зависимости расхода РЖ от давления. Измерение зависимости расхода РЖ от давления позволяет оператору определить работает ли насос при полном расходе на всём диапазоне изменения давления и какое фактическое значение объёмного к.п.д., выраженное в %. В качестве примера на рис.3 показаны результаты испытания насоса на дисплее.

На первом (верхнем) дисплее показан первоначальный результат испытания при полном расходе и минимальном давлении при полностью открытом нагружающем клапане. Потребляемая гидравлическая мощность вычисляется автоматически и отображается внизу экрана.

Нажатие клавиши **Q-P** устанавливает результаты расхода РЖ и давления в качестве исходных данных при нормальных условиях испытания и результаты измерения выводятся внизу дисплея. В то время как фактический расход и давление выводятся в верхней части экрана пользователь повышает нагрузку на насос, поворачивая ручку нагружающего клапана. Автоматически вычисляется значение объёмного к.п.д в % к исходным данным и отображается на дисплее. Полученное значение объёмного к.п.д. является результатом измерения расхода РЖ в зависимости от давления и теперь эту цифру можно сравнить со значением, указанным в технической документации завода- изготовителя насоса или с теми значениями, когда в последний раз проверяли техническое состояние насоса.

Недавно компания Webtec Product начала поставлять на рынок в Россию 2 новых диагностических прибора. Усовершенствованный гидротестер RFIK200 с ручным управлением предназначен для технического обслуживания гидропривода мобильных машин. (Рис.3.)

Этот гидротестер измеряет расход РЖ от 10 до 200 л/мин при давлении в гидросистеме до 20 МПа и температуру от 20 до 110°C. В этот гидротестер встроен нагружающий клапан Webtec с уже описанной предохранительной системой Interpass. Он может применяться при технической диагностике в гидросистемах с изменяемым направлением потока, но измерение контролируемого параметра предпочтительно в одном направлении и предоставляет возможность быстро и точно основные параметры насосов, гидромоторов, гидроцилиндров, распределителей, клапанов и гидравлических систем в целом.

Второй новый диагностический прибор – это малогабаритный измеритель давления (рис.4.-цифровой манометр) НРМ110 для двух диапазонов измеряемого давления до 10 или до 60 МПа с основной погрешностью измерения 0,5% и возможностью измерения динамических пиков давления при частоте сканирования 0,01с. Дополнительными отличительными особенностями этого прибора являются: постоянно обновляющаяся Min/Max память, подсветка и сбрасывание на ноль показаний на дисплее.



Рис.3. Усовершенствованный гидротестер RFIK200 с ручным управлением.



Рис.4. Цифровой манометр НРМ110.

Авторы считают целесообразным сообщить об опыте применения технических средств диагностики гидропривода на одноковшовых экскаваторах и кранах фирм «Като», «Хитачи» (Япония), «Поклен» (Франция) и «Локомо» (Финляндия), который был выполнен более 25 лет назад на строительных объектах в г. Москве. Этот опыт показал оперативность контроля технического состояния, высокий технический уровень и эффективность технического обслуживания гидропривода на месте эксплуатации машин благодаря их приспособленности для диагностирования с помощью измерительных средств с

унифицированными разъёмами, подключаемыми непосредственно к диагностируемому гидрооборудованию.

Диагностирование гидропривода машин с помощью специальных технических средств выполнялось специалистом по приборам технического контроля и машинистом. Общая продолжительность диагностирования гидропривода одноковшового экскаватора фирмы «Локомо» ориентировочно составила 4...4,5 ч, в течение которых были выполнены следующие операции:

- установлены на машину средства измерения, прикреплены датчики, соединены кабелями с пультом контроля и с измерительным блоком за 25...30 мин;
- выполнена проверка функционирования средств измерения - 10...15 мин;
- контроль РЖ и фильтров с заменой фильтроэлементов (при необходимости) – 20...30 мин;
- измерение диагностических параметров с одновременным выполнением работ по техническому обслуживанию в соответствии с указанными в эксплуатационной документации – 155...170 мин;
- демонтаж средств измерения и приведение машины в работоспособное состояние -20...25 мин. Этот хронометраж времени показал, что трудоёмкость квалифицированно выполненного технического обслуживания одноковшового экскаватора с выявлением скрытых неисправностей гидрооборудования без его разборки находится в пределах нормируемых показателей для аналогичных отечественных машин.

ЗАО «ГидраПак Холдинг» по заказу потребителей обеспечит поставку современных приборов и средств диагностики технического состояния гидрооборудования и техническую поддержку в процессе эксплуатации.