

Низкая температура окружающей среды оказывает существенное негативное влияние на работоспособность и надежность гидропривода мобильных машин. При охлаждении возрастает вязкость рабочей жидкости (РЖ), вследствие чего увеличиваются потери давления в гидросистеме, возрастают гидравлическое сопротивление потоку и силы трения в подвижных соединениях; возникают затруднения с пуском гидропривода и увеличивается продолжительность нагрева РЖ до рабочей температуры. Уже при $-15...-25$ °С резиновые уплотнения теряют упругие свойства, а при $-40...-45$ °С контактное давление полностью исчезает, появляются утечки масла.

Опыт эксплуатации в условиях Крайнего Севера показал, что 60% отказов гидропривода связано с состоянием резинотехнических изделий: часто разрываются резинометаллические и резинотканевые рукава, особенно в местах соединения с металлическими наконечниками, появляются наружные утечки масла. До того как появились «северные» исполнения машин и специальные «зимние» гидравлические масла, эксплуатационники были вынуждены применять при низких температурах моторные масла, смешивать их с дизельным топливом или разбавлять керосином, чтобы понизить их вязкость, а также применять не предназначенные для гидравлической системы индустриальные масла (ИС-12 и др.) с температурой застывания -15 °С, трансформаторное масло, не имеющее смазывающих и других свойств, и прочие, не предназначенные для гидроприводов жидкости. Было много предложений и конструктивных разработок по предварительному подогреву масел в баках гидросистем машин путем дросселирования потока, с помощью электронагревательных элементов, отработавшими газами двигателя и другими способами.

В 1970-е годы по постановлению правительства страны проводилась научно-исследовательская работа по созданию двух сортов гидравлических масел для объемного гидропривода мобильных машин, условно названных «зимнее» и «летнее». Испытания масел проводили на стендах при температурах окружающей среды от -58 до $+80$ °С. В результате исследований были выбраны лучшие образцы «зимнего» гидравлического масла ВМГЗ и «летнего» МГ-30. Эксплуатационные испытания масла ВМГЗ проводили на экскаваторах, кранах и других машинах в Норильске при температуре воздуха до -53 °С и оба масла – ВМГЗ и МГ-30 – проверялись в Москве при $-31...+28$ °С. В ходе испытаний подтвердились их высокие эксплуатационные свойства, запуск машин осуществлялся без предварительного подогрева масла в гидросистеме.

Как результат всесезонное низкозастывающее гидравлическое масло ВМГЗ рекомендовали для промышленной выработки на Ново-Уфимском НМЗ, а с 1998 г. – на Волгоградском НПЗ.

С 1979 г. ПО «Омскнефтеоргсинтез» приступило к выработке масла МГ-30 по ТУ.38.1050-79. Это гидравлическое масло предназначено для гидроприводов мобильных и других машин, эксплуатируемых в средней и южной климатических зонах России. В связи с изменением классификации гидравлических масел по ГОСТ 17479.3-85 масло ВМГЗ получило обозначение МГ-15В (вырабатывается по ТУ 38.101479-00 с 2000 г.), а МГ-30 – обозначение МГЕ-46В и вырабатываются по ТУ 38.001347-83.

Работоспособность

гидропривода

Больше всего на работоспособность гидронасоса влияет величина гидравлического сопротивления (потерь давления) во всасывающей линии насоса. При большом сопротивлении в ней рабочий объем насоса в процессе всасывания недостаточно заполняется. Величина сопротивления зависит от вязкости и скорости потока масла, от

внутреннего диаметра и длины всасывающей гидролинии. Важный комплексный критерий, определяющий характеристику насоса, эксплуатационные свойства применяемого гидравлического масла и работоспособность гидропривода, – прокачиваемость, которая определяется как наименьшая температура масла, за пределами которой наступает разрыв сплошности потока и начинает нарушаться или прекращается подача гидравлического масла. Как известно, в гидроприводах используются насосы трех типов: шестеренные, пластинчатые и аксиально-поршневые. У шестеренных насосов прокачиваемость лучше, однако они наиболее чувствительны к изменению вязкости масла, у них меньший температурный диапазон высокого и стабильного к.п.д., особенно при положительных температурах. У аксиально-поршневых насосов прокачиваемость хуже по сравнению с шестеренными насосами при низких температурах в период пуска, зато они менее чувствительны к изменению вязкости масла, а диапазон стабильного и высокого значения к.п.д. у них наиболее широкий. Они устойчиво работают при изменении вязкости РЖ от 8 до 1200 сСт, что соответствует температуре гидравлического масла от +60 до –40 °С. По данным заводов-изготовителей, у аксиально-поршневых насосов на гидравлическом масле МГ-15В объемный к.п.д. равен 0,95, а общий 0,91. Результаты экспериментальных исследований гидравлического оборудования при низких температурах в лаборатории климатических испытаний ЦНИИ ВНИИСтройдормаша показали:

- потери давления в гидросистеме возрастают в три-четыре раза при температуре – 30 °С и в 10...15 раз при температуре от –50 до –58 °С по сравнению с потерями давления при +40...+50 °С;
- объемный и гидромеханический к.п.д. насосов особенно понижается в период запуска гидрооборудования в работу;
- гидромеханические потери мощности увеличиваются на 15...37% относительно номинальных значений при температуре масла МГ-15В ниже –40 °С;
- в зоне наиболее низких температур (–55...–40 °С) резко снижается объемный к.п.д. По причине того, что рабочий объем насоса не заполнен маслом даже при уровне масла в баке выше оси насоса на 0,5 м;
- ориентировочные значения вязкости гидравлических масел, обеспечивающие минимально необходимую прокачиваемость, не должны превышать 4500...5000 сСт для шестеренных насосов (при частоте вращения 1500 мин⁻¹), 3500...4500 сСт для пластинчатых насосов (при частоте вращения 1450 мин⁻¹), 1800...2000 сСт для аксиально-поршневых насосов (при частоте вращения 1000 мин⁻¹).
- ориентировочные значения вязкости гидравлических масел, обеспечивающие удовлетворительные значения объемного к.п.д. (не менее 80%) и гидродинамическую смазку сопряженных поверхностей трения, должны быть не ниже 18...16 сСт для шестеренных насосов, 14...12 сСт для пластинчатых насосов, 10...8 сСт для аксиально-поршневых насосов.

Экспериментальными исследованиями установлены пределы работоспособности насосов в зависимости от температуры масла (см. таблицу). Если кинематическая вязкость гидравлического масла превышает определенные значения, то рабочий объем насоса заполняется маслом лишь частично, в потоке возникают разрывы и, как следствие, кавитация, вибрация, интенсивный износ и повреждение сопряженных деталей. Если же кинематическая вязкость гидравлических масел будет меньше определенного минимально допустимого значения, объемный и гидромеханический к.п.д. насосов также значительно снизится и могут возникнуть повреждения поверхностей сопряженных деталей вследствие недостаточной

гидродинамической смазки. На всасывающем участке в период пуска в температурных пределах масла $-43...-35$ °С работа некоторых насосов сопровождается шумом, характерным для явлений кавитации, и пульсацией потока, несмотря на приемлемое максимальное значение объемного к.п.д. ($\geq 90\%$). Благодаря интенсивному нагреву масла за короткое время работа насосов быстро стабилизируется, поэтому в таблице приведены температурные пределы применения масел для кратковременной (в период пуска) и длительной (не ограниченной временем) работы. Длительный рабочий режим допускается только по достижении вязкости РЖ, при которой весь рабочий объем насоса заполнен.

Потребляемую насосами мощность в период пуска следует выбирать с запасом в пределах 1,15...1,4 от номинального значения в зависимости от конструктивного исполнения насоса. Для увеличения предела прокачиваемости РЖ при низких температурах операторам машин рекомендуется снижать частоту вращения ДВС для привода насосов, особенно в период пуска. Экспериментально определено, что при снижении частоты вращения пластинчатого насоса на 40% диапазон его устойчивой работы по уровню вязкости РЖ увеличивается от 600...700 сСт до 2000...2100 сСт, т. е. примерно в три раза. При снижении частоты вращения аксиально-поршневого насоса на 40% диапазон устойчивой работы по уровню вязкости РЖ увеличился в 2,5 раза (от 400 до 1000 сСт), а предел прокачиваемости увеличился вдвое.

Аксиально-поршневые насосы меньшего рабочего объема могут работать при большей частоте вращения, однако характерное для всех насосов снижение подачи наступает примерно при одинаковом значении кинематической вязкости РЖ: 2500...2600 сСт. При вязкости РЖ свыше 2600 сСт все насосы работают с незаполненными рабочими камерами, что сопряжено с кавитацией. Для надежной эксплуатации объемного гидропривода в условиях холодного климата рекомендуется применять аксиально-поршневые регулируемые насосы с наклонным диском и встроенным подпиточным насосом типа М4РV21...М5РV115 (12 типоразмеров) рабочим объемом 21...115 куб.см, рассчитанным на номинальное давление 25...38 Мпа. Благодаря подпиточному насосу шестеренного типа они обеспечивают прокачивание гидравлического масла без статического напора во всасывающей гидролинии.

Применение двух основных сортов гидравлических масел МГ-15В и МГЕ-46В обеспечивает надежную эксплуатацию мобильных машин и стационарного нефтепромыслового и горного оборудования, позволяет снизить загрязнение гидросистем при замене сезонных гидравлических масел. Гидравлическое масло МГ-15В для аксиально-поршневых насосов можно применять как всесезонное, в широком диапазоне температур без предварительного подогрева, а другие марки масел – только после официального подтверждения их пригодности изготовителем или поставщиком, гарантирующим работоспособность и технический ресурс гидравлического оборудования.

Заправлять гидравлические масла в гидросистему необходимо с помощью фильтрующих устройств с тонкостью очистки 10 мкм. В гидросистемах мобильных машин, длительно эксплуатируемых в условиях холодного климата, не рекомендуется устанавливать фильтры во всасывающей гидролинии: они создают дополнительное сопротивление потоку и при температуре масла МГ-15В ниже $-25...-30$ °С в фильтрах с тонкостью фильтрации 25...40 мкм открываются переливные клапаны, и масло поступает на слив в бак гидросистемы без фильтрации.

При необходимости применять всасывающие фильтры с переливным клапаном следует увеличить пропускную способность фильтров до значения, не менее чем в три раза превышающего номинальную подачу насоса. Это позволит также увеличить грязеемкость фильтроэлементов и периодичность их замены. Для гарантированной очистки рабочих жидкостей в гидросистемах машин, постоянно эксплуатируемых при низких температурах, рекомендуется применять сливные фильтры на разрушающее давление 1 МПа из проволочной сетки на 5; 25; 60; 125 мкм или из неорганического волокна на 3; 6; 12; 25 мкм и напорные фильтры на разрушающее давление от 8 до 21 МПа из проволочной сетки на 10; 25; 30; 60 мкм или из неорганического волокна на 3; 6; 12; 25 мкм. В процессе эксплуатации машин с гидроприводом не надо забывать, что при нагретом масле в баке и низкой температуре окружающей среды происходит конденсация влаги из воздуха. Вода может попасть в масло, затем в гидросистему и скапливаться на дне бака. Наличие воды в гидравлическом масле не только вызывает коррозию, но резко повышает температуру застывания. Кроме того, вода впитывается бумажными фильтроэлементами. При охлаждении масла в гидросистеме до отрицательной температуры вода замерзает, переходит в твердую фазу и разрушает бумажные фильтроэлементы, поэтому недопустимо применение бумажных фильтроэлементов при эксплуатации машин в условиях низких температур. При выполнении технического обслуживания необходимо сливать из бака накопившуюся воду.

Создание гидравлического масла – дорогостоящий, сложный процесс, поэтому необходимо с осторожностью относиться к рекламными публикациям о новых сортах «универсальных» и «зимних» гидравлических масел.

Некоторые производители тяжелой техники решают проблему защиты гидросистемы от конденсата иным способом. Так, компания Caterpillar выпускает специальное гидравлическое масло Cat HYDO 10W (а сейчас и новое поколение – Cat HYDO Advanced 10) для использования в технике Caterpillar. Благодаря своей формуле гидравлическое масло Caterpillar HYDO Advanced способно связывать и поддерживать воду в мелкодисперсном состоянии таким образом, что она не происходит повреждения подвижных деталей гидравлических систем. Промышленные гидравлические жидкости, часто называемые противоизносными, не содержат эмульгаторов и специально разработаны для отделения воды. Отделенная вода, проходя через систему, способна привести к повреждению насосов, заеданию клапанов, повышенному износу других узлов и деталей гидравлической системы. Если вода замерзнет, повреждения могут быть значительно более серьезными. В масле Caterpillar HYDO Advanced небольшие количества воды рассеиваются в объеме масла, при этом обеспечивается соответствующее смазывание.

Отечественные гидравлические масла	Аксиально-поршневые насосы		Пластинчатые насосы		Шестеренные насосы		Зарубежные аналоги
	Кратковременно	Длительно	Кратковременно	Длительно	Кратковременно	Длительно	
Температурный интервал применения гидравлического масла, °С							
МГ-15В (ВМГЗ) по ТУ 38-101479-00	-53...+75	-40...+60	-53...+35	-35...+50	-58...55	-43...+35	Shell Tellus, MOBIL fluid 93, Esso Univitij 43, BR Energol HLP20
МГЕ-46В (МГ-30) по ТУ 38-10150-79	-15...+75	-5...+70	-15...+80	0...+75	-20...+70	-10...+60	AGIP OSO, TellusOel 46, Energol HLP46, EP Hydraulic Oel 46