

УДК 621.22

Г.А. АВРУНИН**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ГИДРОМАШИНАХ ПРИ ОБКАТКЕ И НАЧАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Приведені результати експериментальних досліджень втрат потужності в об'ємних аксіально- і радіальнопоршневих гідромашинах при заводській обкатці і початковому періоді експлуатації. За допомогою методики технічного діагностування і в результаті аналізу механічних втрат потужності встановлено, що ці втрати досить істотні і призводять до зниження ККД гідромоторів, у ряді випадків близько 3%. Запропоновано вказувати в експлуатаційній документації період напрацювання, після якого досягається максимальне значення ККД гідромотора.

Ключові слова: насос, гідромотор, втрати потужності, обкатка і прироблення гідромашин, ККД.

Приведены результаты экспериментальных исследований потерь мощности в объемных аксиально- и радиальнопоршневых гидромашинах при заводской обкатке и начальном периоде эксплуатации. С помощью методики технического диагностирования и в результате анализа механических потерь мощности установлено, что эти потери достаточно существенны и приводят к снижению КПД гидромоторов, в ряде случаев порядка 3%. Предложено указывать в эксплуатационной документации период наработки, после которого достигается максимальное значение КПД гидромотора.

Ключевые слова: насос, гидромотор, потери мощности, обкатка и приработка гидромашин, КПД.

Researches belong to volume to the hydraulic fluid power. The object of researches are the stage of the plant rolling and initial period of exploitation of by hydraulic fluid power axial and radial piston hydraulic machines. By means of methodology of the technical diagnosing on the change of mechanical losses of power in the mode of border friction due to creation of enhanceable outlet pressure on a plum from a hydraulic motor and it is set on low speed of rotation, that these losses are substantial enough for piston hydromotors. The object of researches were hydraulic motors of different constructions and fixed displacement, including 12 hydraulic machines of type 311.224 productions of Stroygidravlica (Odesa). In a number of cases mechanical efficiency matters below about 3%, what after some period of work. The producers of radial pistons hydraulic motors of frequent action of leading foreign firm specify in catalogues the period of work, after that the declared value efficiency is arrived at. Drawn conclusion about expedience of introduction of such information and for the axial piston motors in particular, exploited on slowly speed of rotation, or recommendations, on rolling in the period of initial period of exploitation.

Keywords: pump, hydraulic motor, losses of power, rolling and earning extra money of hydraulic machines, efficiency.

Введение. Современные объемные гидромашин (насосы и гидромоторы) характеризуются высоким уровнем рабочих давлений и скоростей в узлах трения качения и скольжения, достигаемым путем совершенствования конструкций, технологии изготовления, применения новых материалов и рабочих жидкостей (РЖ). Важное значение при этом имеет обкатка гидромашин, которая, с одной стороны, является заключительным этапом их изготовления, а с другой – начальным этапом эксплуатации. Основной целью заводской обкатки объемных гидромашин является их подготовка к проведению приемосдаточных испытаний, включая проверку качества сборки и работоспособности в полном диапазоне нагрузок, и приработка узлов трения. В связи с отсутствием в нормативно-технической документации на гидромашин ограничений по нагрузке в начальный период эксплуатации, к качеству приработки узлов трения предъявляются высокие требования [1]. Приработкой называется процесс изменения геометрии поверхностей трения и физико-химических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, обычно проявляющийся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания. В процессе приработки происходит увеличение площади контакта поверхности трения (макроприработка), формирование новой эксплуатационно-равновесной шероховатости с определенными параметрами и направленностью (микроприработка) и стабилизация скорости изнашивания.

Для обеспечения потребителя гидромашин, имеющими с самого начала эксплуатации высокие технические характеристики и надежность, необходимо еще при заводской обкатке снизить до минимума потери мощности и приработочный износ поверхностей трения. В то же время обкатка должна быть выполнена в сжатые сроки и с минимальным затратами энергии, что обусловлено требованиями интенсификации технологических процессов изготовления гидромашин. Таким образом, оптимизация режимов обкатки гидромашин является актуальной задачей.

1. Анализ литературных источников. Изучение информационных материалов ведущих отечественных и зарубежных производителей гидромашин показало, что на необходимость учета влияния приработки на выходные характеристики и КПД обращают внимание только специалисты в области радиальнопоршневых гидромоторов многократного действия (*M.REXROTH, POCLAIN HYDRAULICS*) согласно указаниям которых приведенные в каталогах значения характеристик и КПД получены после наработки порядка 100 часов [2, 3]. В этой связи в настоящей статье сделана попытка анализа влияния наработки аксиальнопоршневых гидромашин при заводской обкатке и начальном периоде эксплуатации на потери мощности.

2. Основная часть. Анализ данных по приработываемости материалов узлов трения и накопленный в различных отраслях машиностроения опыт назначения режимов обкатки гидромашин, двигателей внутреннего сгорания и механических

© Г. А. Аврунин, 2017

передач показал, что перспективными методами повышения эффективности приработки узлов трения гидромашин при заводской обкатке являются [1]:

1) оптимизация скоростного и нагрузочного режимов, в т.ч. путем совершенствования гидравлических схем обкаточных стендов;

2) использование специальных прирабочных РЖ и смазочных покрытий для послефинишной обкатки поверхностей трения;

3) электрохимико-механическая приработка узлов трения;

4) оптимизация технологической шероховатости поверхностей трения по результатам анализа послеприрабочного микрорельефа.

Для объемных гидромашин приработка должна обеспечивать минимальный износ узлов трения, так как КПД гидромашин существенно зависит от утечек РЖ в зазорах между контртелами.

Длительность заводской обкатки объемных гидромашин находится в интервале от 3...5 мин до нескольких часов. Небольшая продолжительность обкатки характерна, в основном, для нерегулируемых пластинчатых и шестеренных гидромашин. Обкатка радиальнопоршневых высокомоментных гидромоторов, как правило, более продолжительна, наибольший разброс по времени наблюдается при обкатке аксиальнопоршневых гидромашин.

Экспериментальные исследования режимов обкатки и оценки приработанности объемных гидромашин, проведенные во ВНИИГидроприводе, позволили сформулировать рекомендации по назначению оптимальных режимов обкатки [1]:

1. Приработка гидромашин должна проводиться при обкатке на нагрузочных режимах с поэтапным повышением давления от минимального до номинального значения, при этом продолжительность обкатки на одной ступени давления не должна превышать 4...6 мин;

2. Общая продолжительность обкатки гидромашин назначается в пределах 15...45 мин в зависимости от конструктивных особенностей, величины номинального давления и собственно режима обкатки. При этом следует иметь в виду, что интенсивность приработки может быть повышена в результате:

2.1) сокращения длительности режимов холостого хода;

2.2) исключения этапов обкатки на малых нагрузках при переходе на реверсивное вращение или изменение направления подачи РЖ;

2.3) снижения частоты вращения до 10...30 % от ее номинального значения;

2.4) введения бесступенчатого нагружения по давлению и частоте вращения;

2.5) проведения обкатки с повышенным противодействием на сливе.

3. При разработке оптимального режима обкатки следует учитывать:

3.1) в зависимости от способа контроля уровня приработанности следует различать «жесткий» и «мягкий» режимы контроля приработки (при «жестком» контроле, т.е. повышенном давлении при

измерениях параметров, более высока вероятность выявления бракованных гидромашин);

3.2) в период полной приработки гидромашин механические потери мощности снижаются в 2...4 раза;

3.3) все рекомендации по назначению ускоренной (оптимальной) методики обкатки гидромашин должны подтверждаться экспериментальной апробацией на серийных гидромашинах.

При разработке технологического процесса обкатки гидромашин важное значение имеет применяемый метод контроля качества приработки пар трения, позволяющий объективно оценить характер протекания приработки деталей, определить оптимальный режим обкатки для серии гидромашин в целом, а активный контроль за работой каждой вновь изготовленной гидромашин позволяет своевременно влиять на процесс приработки, ограничивая ее продолжительность для качественного изготовления образца.

Особую актуальность приобретает контроль качества приработки в том случае, если в гидромашину вносятся конструктивные или технологические изменения, направленные на снижение коэффициентов трения. Сравнение гидромашин только по внешним характеристикам (например, по КПД) часто не обеспечивает объективной оценки эффективности усовершенствования, что объясняется большой погрешностью, вносимой измерительным оборудованием, или некорректным выбором условий проведения испытаний (по частоте вращения, нагрузке и температуре РЖ). Известны несколько критериев контроля обкатки машин, в основе которых лежит:

1) переход на прямолинейный участок кривой изнашивания;

2) стабилизация параметра шероховатости поверхностей;

3) стабилизация момента трения и температуры РЖ;

4) достижение минимума мощности на режиме холостого хода;

5) достижение наибольшей эффективной мощности при заданных параметрах режима работы.

Практическая реализация этих критериев обеспечивается:

1) микрометрированием и взвешиванием деталей пар трения;

2) вырезанием лунок на трущихся поверхностях и их профилометрированием;

3) определением характера изменения концентрации механических примесей в РЖ;

4) поверхностной активацией путем применения радиоактивного излучения;

5) использованием аппаратуры для снятия внешних характеристик.

В зависимости от требований к точности, трудоемкости и времени проведения измерений, а также наличия соответствующей экспериментальной базы выбирают один или несколько критериев.

Следует отметить, что в связи с возможными повреждениями ранее приработавшихся участков поверхностей и, соответственно, искажениями последующих процессов приработки, приводящими к ошибкам при выборе режимов обкатки, в последнее время практически не используются методы контроля приработки, основанные на повсеместной переборке гидромашин с визуальным контролем состояния пар трения.

Одним из эффективных и достаточно простым является способ контроля обкатки, разработанный во ВНИИГидроприводе [1], сущность которого заключается в анализе изменения механических потерь при обкатке по перепаду давления на гидромашине, работающей в моторном режиме на холостом ходу в зоне низких частот вращения и при повышенном давлении в сливной магистрали. При этом идентичный характер изменения износа и механических потерь обуславливает правомерность использования величин последних в качестве критерия контроля приработки объемных гидромашин. Низкие частоты вращения в сочетании с повышенным давлением в сливной магистрали позволяют поднять давление в линии нагнетания и задать нагрузочный тест узлам трения гидромашин.

Рассмотрим характер изменения потерь мощности при заводской обкатке и начальном этапе эксплуатации гидромашин. На рис. 1а приведена гидравлическая принципиальная схема стенда для обкатки и определения КПД гидромотора косвенным методом, согласно которой насос Н приводится во вращение электродвигателем «М» и нагнетает РЖ через фильтр высокого давления Ф (индикатор загрязненности фильтроэлемента и перепускной клапан условно не показаны) к гидромотору М. Частота вращения вала гидромотора регулируется с помощью дросселя ДР, установленного параллельно линии нагнетания насоса Н. Протодавление на сливе (выходе) из гидромотора создают клапаном давления КД. Защита гидросистемы от перегрузок обеспечивается предохранительным клапаном КП, для охлаждения РЖ служит маслоохладитель АТ. Параметры измеряют с помощью манометров МН (грубое измерение с погрешностью 2,5%), образцовых манометров МН1 и МН2 на входе и выходе из гидромотора (с погрешностью 0,4%), датчика частоты вращения ДЧВ и термометра Т в баке Б.

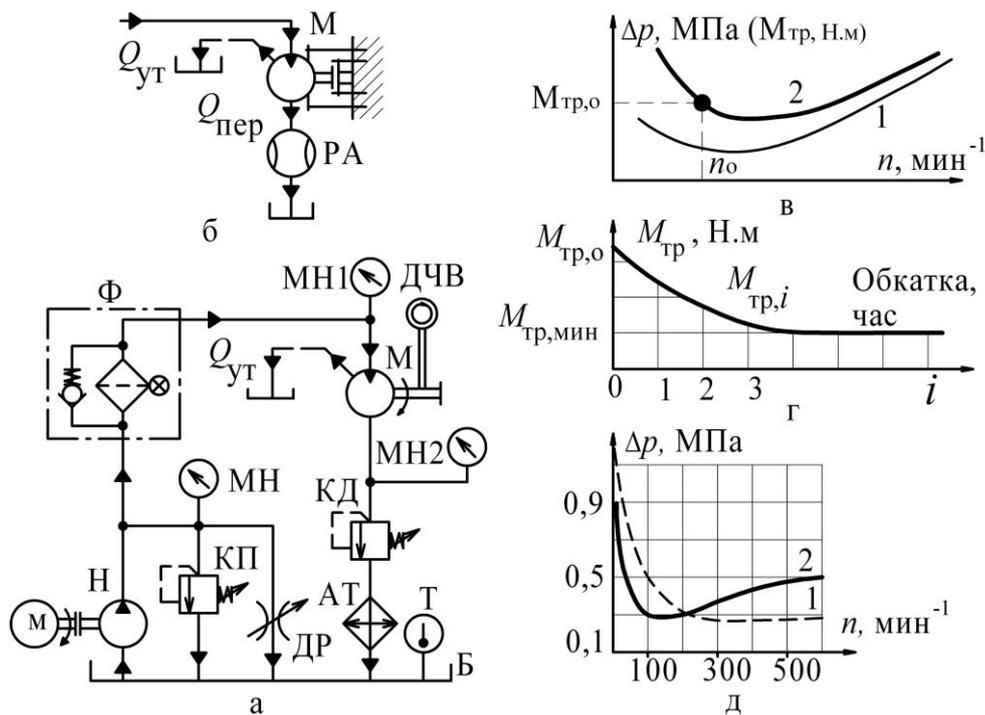


Рис. 1 – Гидравлическая принципиальная схема стенда для обкатки, контроля приработки гидромотора М в режиме холостого хода и типовые характеристики

Для определения механических потерь мощности гидромотора М, работающего при минимальном давлении p_{\min} в сливной магистрали (см. рис. 1, в, кривая 1) частоту вращения путем открытия дросселя ДР снижают до устойчивого значения n_0 , лежащего в зоне его минимальных частот (левая ветвь кривой 1). Затем давление в сливной магистрали с помощью клапана давления КД увеличивают до значения p_0 , при котором поддерживается значение частоты

вращения n_0 (кривая 2). Измеряют по манометрам МН1 и МН2 давления и вычисляют момент трения гидромотора, Н·м:

$$M_{тр} = 0,159 \cdot V_p \cdot \Delta p, \tag{1}$$

где V_p – рабочий объем гидромотора, см³;

Δp – перепад давлений (разность показаний манометров МН1 и МН2), МПа.

При фиксированных значениях частоты вращения n_0 и давления p_0 в магистрали низкого давления определяют перепад давлений Δp_i и момент трения $M_{тр,i}$ в течение всего времени обкатки (см. рис. 1, г), Контроль приработки ведётся по результатам сравнения текущего значения момента трения $M_{тр,i}$ с его первоначальным (до обкатки) $M_{тр,0}$. О качестве протекания приработки судят по характеру изменения момента трения. Сравнительную оценку эффективности приработки при обкатке гидромашин проводят с помощью коэффициента интенсивности приработки:

$$I_{пр} = \frac{M_{тр,0} - M_{тр,i}}{\Delta M_{тр, макс}}, \quad (2)$$

где $\Delta M_{тр, макс}$ – максимальное изменение момента трения за время полной приработки (до стабилизации момента трения);

$$\Delta M_{тр, макс} = M_{тр,0} - M_{тр, мин}, \text{ Н.м}, \quad (3)$$

где $M_{тр, мин}$ – минимальное значение момента трения, достигнутое после завершения обкатки, Н.м.

Приработка контролируется непосредственно по изменению механических потерь, позволяя объективно оценить уровень приработанности гидромотора, что способствует повышению качества обкатки. Контроль приработки при работе в зоне минимальных частот вращения и повышенном давлении в сливной магистрали позволяет оценить возможность восприятия эксплуатационных нагрузок на одном из наиболее напряжённых режимов, когда пары трения работают в условиях полужидкостной смазки и наиболее вероятны случаи повреждения поверхностей трения деталей. С помощью данного способа контроля может быть проведена оценка прирабатываемости не только отдельных гидромашин, но и комплексная оценка гидроприводного механизма в целом.

На рис. 1, д показано изменение перепада давления на гидромоторе в зависимости от частоты вращения при разных температурах РЖ. Характер изменения перепада давления не зависит от температуры РЖ для поршневых гидромоторов: зафиксированный при минимальных скоростях

наибольший перепад давления Δp с увеличением частоты вращения резко уменьшается, а затем возрастает. Принципиальная разница заключается в том, что, во-первых, снижение Δp при малых частотах вращения и на холодной РЖ (кривая 2; 20 °С) происходит более интенсивно, чем на горячей (кривая 1; 55 °С), и во-вторых, при переходе через минимум возрастание Δp при повышенных скоростях на холодной РЖ более значительно, чем на горячей. При определённой частоте вращения ($\sim 200 \text{ мин}^{-1}$) кривые пересекаются. Очевидно, что этому соответствует некая-то строго фиксированная частота вращения, а диапазон частот. Причиной такого характера изменения потерь давления является, по-видимому, зависимость вязкости РЖ (минерального масла) от температуры (чем выше температура, тем меньше вязкость). С уменьшением вязкости ухудшаются смазочные свойства в области граничного режима трения, имеющего место на низких частотах вращения (Δp выше для горячей РЖ). В то же время меньшая вязкость РЖ при высоких частотах вращения способствует снижению таких видов потерь, как барботажные (на перемешивание РЖ в корпусе гидромашин) и перепад давлений Δp ниже.

Указанные закономерности проявляются тем существеннее, чем больше вязкость данной РЖ зависит от температуры, т. е. чем «круче» вязкостно-температурная характеристика РЖ. С точки зрения выбора режима диагностирования представляет интерес диапазон частот, соответствующий переходной зоне, в которой перепад давления близок к минимальному. Именно в этой зоне имеет место пересечение кривых потерь давления, т. е. температурный фактор минимально влияет на возможный разброс контролируемых параметров. Наличие зоны диагностирования позволяет контролировать параметры гидромоторов без учёта температурного фактора, что упрощает испытания и повышает достоверность диагностирования.

В табл. 1 приведены экстремальные значения перепадов давления, полученные в гидромашине поршневого типа на различных этапах наработки, включая заводскую штатную обкатку и дополнительную [4].

Таблица 1 - Потери на трение в гидромоторах при обкатке и начальном этапе эксплуатации

Шифр гидромотора (кол-во образцов)	Перепад давлений, МПа		Длительность наработки, ч
	до обкатки	после обкатки	
1. МРФ-160/25М (8)	1,3/1,0	0,7/0,55	1,5
2. МРФ-400/25М (5)	1,3/0,9	0,9/0,95	21 мин
3. МН 250/100 (8)	1,15/0,85	0,5/0,35	6
4. МНА-63/200 (9)	0,85/0,6	0,55/0,35	1,5
5. РМНА-125/320 (8)	1,15/0,6	0,55/0,45	10
6. Г15-22Р (8)	1,22/0,75	0,54/0,38	3
7. Г15-22Р (16)	1,45/0,6	0,55/0,35	3
8. 310.224 (12)	1,5/0,7(1,08)	1,2/0,5 (0,8)	2,5

Продолжение таблицы – 1

9. 410.112 (28)	1,4/0,35(0,79)	0,3/0,2(0,27)	2,5
10. 410.56 (7)	1/0,6(0,8)	0,6/0,4(0,44)	1,5
11. МН 373-ЖС-Г4 (4)	0,9...1,3	0,35...0,7	3

Примечания: 1) 1 и 2 – радиальнопоршневые гидромоторы однократного действия; 3 – аксиальнопоршневой мотор-насос с наклонным блоком цилиндров и двойным несилковым карданом; 4 и 5 – аксиальнопоршневые мотор-насосы с наклонным диском и гидростатической разгрузкой поршней; 6 и 7 – аксиальнопоршневые гидромоторы с наклонным диском и точечным контактом поршней разных партий; 8...10 – аксиальнопоршневые гидромоторы с наклонным блоком цилиндров; 11 – радиальнопоршневой гидромотор однократного действия фирмы *SUNDSTRAND* (США); 2) В числителе указано максимальное, а в знаменателе минимальное значение перепада давлений для партии испытанных гидромашин; 3 – для гидромоторов по пп. 1...7 измерения проведены после сборки, обкатки и дополнительной наработки, для гидромоторов по пп. 8...10 после заводской обкатки и далее после дополнительной наработки; 4. Цифры в скобках в графе «Перепад давлений» – средние значения результатов измерений.

Для всех образцов потери на трение после наработки меньше экстремальных значений, полученных до обкатки. Такая тенденция снижения механических потерь характерна только для качественно изготовленных гидромашин и при контроле повышенным давлением, т. е. при «жестком» контроле потерь. Поэтому с точки зрения выявления дефектов изготовления гидромашин целесообразно назначать величину давления такой, чтобы суммарное давление в полостях равнялось номинальному давлению согласно технической характеристике. С учётом того, что именно в период заводской обкатки гидромашин наиболее вероятно повреждение поверхностей трения, то увеличение механических потерь в процессе эксплуатации гидромашин до их исходного (до обкатки) значения может служить критерием оценки её предельного технического состояния, в частности, для принятия решения о снятии с эксплуатации и проведении ревизии и ремонта.

Предложенная методика тестового диагностирования неоднократно опробована и в сочетании с контролем наружных утечек может быть использована при заводских приёмосдаточных испытаниях,

входном контроле гидромоторов у изготовителя гидрофицированной машины, а также в условиях эксплуатации. В последнем случае необходимо указывать в эксплуатационной документации значения перепадов давлений, зафиксированных при исходном состоянии и после обкатки.

На рис. 2 приведены сравнительные результаты испытаний аксиальнопоршневых гидромоторов типа 310.224 производства ОАО Стройгидравлика (г. Одесса) после заводских приёмосдаточных испытаний (заводской обкатки) и дополнительной стендовой приработки на режиме частоты вращения в 400 мин^{-1} и поэтапном повышении давления на сливе от 1 до 5 МПа общей продолжительностью 2,5 часа. Параметры нагружения гидромоторов при контроле перепада давлений: давление на сливе 5 МПа; частота вращения 100 мин^{-1} ; температура РЖ (масло М14В2) – $30...40 \text{ }^\circ\text{C}$. Контроль утечек производился после 2,5 часов приработки на температуре РЖ $72...80 \text{ }^\circ\text{C}$. Разброс значений утечек находится в пределах от 0,4 до 1,4 л/мин, что может быть объяснено колебаниями зазоров в поршневых парах и влиянием изменения вязкости от температуры РЖ.

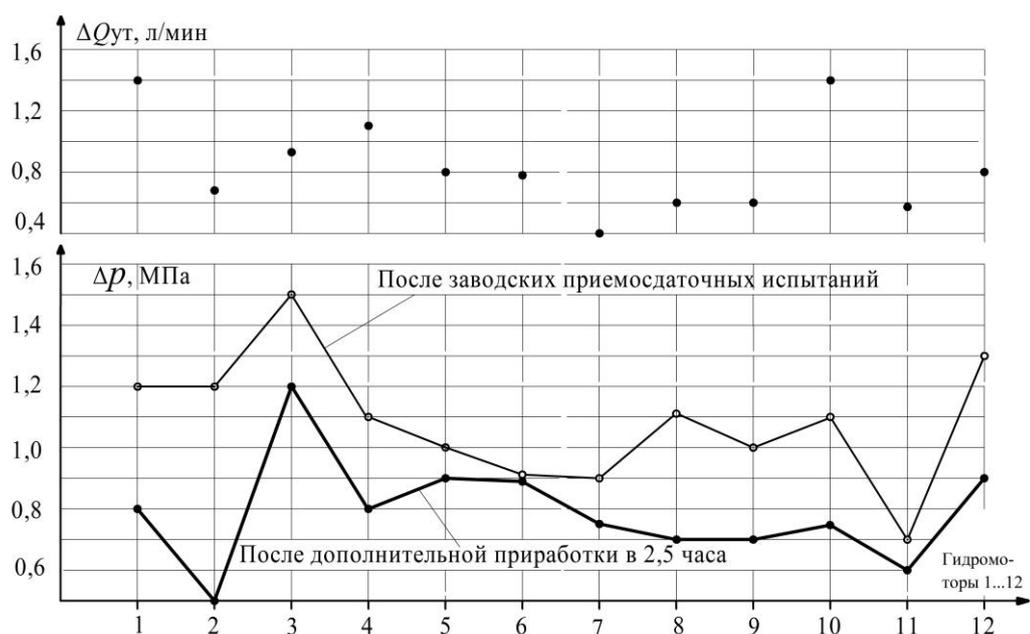


Рис. 2 – Результаты изменения потерь давления холостого хода и наружных утечек в 12 аксиальнопоршневых гидромоторах типа 310.224 после заводских приёмосдаточных испытаний и дополнительной приработки на стенде у потребителя

Из всех 12 испытанных гидромоторов на 11 прослеживается снижение перепада давлений от 0,1 до 0,7 МПа, а на гидромоторе № 5 перепад оставался неизменным, что свидетельствует о его более качественном изготовлении по сравнению с остальными. Оценка повышения гидромеханического КПД на наиболее интенсивно приработанном гидромоторе № 2 показывает, что соотношение перепада давлений к номинальному значению (20 МПа) составляет:

$$\Delta\eta = \frac{\Delta p}{p_{\text{ном}}} 100\% = \frac{0,7}{20} 100\% = 3,5\% , \quad (4)$$

т.е. в результате дополнительной наработки КПД гидромотора 310.224 увеличился более чем на 3 %.

Выводы. 1. Механические потери мощности в гидромашинках при заводской обкатке и на первом этапе эксплуатации существенно снижаются, в связи с чем информация о КПД должна указываться изготовителем гидромашин с учетом времени их наработки.

2. С целью совершенствования методики диагностирования путём контроля за техническим состоянием гидромоторов без снятия их с эксплуатации, например, путём контроля температуры РЖ или вибрационных характеристик, и повышения

эффективности использования этих гидромашин, необходимо установить корреляционные зависимости по отношению к способу диагностирования по перепаду давлений.

Список литературы

1. Аврунин Г. А. Методы заводской обкатки, диагностирование технического состояния: Метод. Рекомендации / Г. А. Аврунин, Л. Н. Альбоцая, Г. Н. Бакакин [и др.]. // ВНИИГидропривод. – М. : ВНИИГЭМР, 1990. – 80 с.
2. Hydraulic Motor (Radial Piston, Multi-Stroke). Type MCR 10. Rexroth Bosch Group E 15207.02.98.
3. Hydraulic motors MS 08. Technical Specifications. Poclair Hydraulics. 80147 8189 C. – Rev: 24.03.2003.
4. Аврунин Г. А. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин: підручник / Г. А. Аврунин, І. Г. Кириченко, В. Б. Самородов / під ред. Г. А. Авруніна. – Харків : ХНАДУ, 2016. – 436 с.

References (transliterated)

1. Avrunin, G. A., et al. *Metody zavodskoj obkalki, diagnostirovanie tehničeskogo sostojanija: Metod. Rekomendaci*. VNIIGidroprivod. Moscow: VNIITJeMR, 1990. Print.
2. *Hydraulic Motor (Radial Piston, Multi-Stroke). Type MCR 10. Rexroth Bosch Group 15207.02.98*. Print.
3. *Hydraulic motors MS 08. Technical Specifications. Poclair Hydraulics*. 80147 8189 C. Rev: 24.03.2003. Print.
4. Avrunin, G. A., I. H. Kyrychenko, and V. B. Samorodov. *Hidravlične obladnannya budivelnjkh ta dorozhnikh mashyn*. Kharkiv: KhNADU, 2016. Print.

Поступила (received) 03.09.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження втрат потужності в гідромашинках при обкатуванні і початковому періоді експлуатації / Г. А. Аврунін // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 42 (1264). – С. 56–61. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2411-3441.

Исследования потерь мощности в гидромашинках при обкатке и начальном периоде эксплуатации / Г. А. Аврунин // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 42 (1264). – С. 56–61. – Библиогр.: 4 назв. – ISSN 2411-3441.

Investigation of power loss in hydraulic machines at running and initial period of operation / G. A. Avrunin // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Hydraulic machinery and hydrounits. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 42 (1264). – P. 56–61. – Bibliogr.: 4. – ISSN 2411-3441.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Аврунін Григорій Аврамович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри «Метрології та безпеки життєдіяльності»; тел.: (057) 738-77-97; e-mail: griavrunin@ukr.net.

Аврунин Григорий Аврамович – кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, доцент кафедры «Метрологии и безопасности жизнедеятельности»; тел.: (057) 738-77-97; e-mail: griavrunin@ukr.net.

Avrunin Grigory Avramovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkov national motor-car-travelling university, Associate Professor at the Department of metrologii and safety of vital functions; tel.: (057) 738-77-97; e-mail: griavrunin@ukr.net.