

МЕХАНИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 681

Н. А. Маслов

Анализ неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники, вызванных загрязнением твердыми частицами, обводнением, вязкостью масла и использованием несоответствующих масел

В гидросистемах путевой техники широко применяются пластинчатые гидромашин. Загрязнение гидравлического масла твердыми частицами приводит к быстрому износу или внезапному отказу гидромашин. В статье рассмотрена природа, происхождение и параметры (размер, площадь поверхности, форма, твердость, плотность, состав, полярность, магнитная восприимчивость, количество) твердых частиц в масле. Приведены последствия загрязнения масла твердыми частицами (увеличение площади истирающихся поверхностей деталей гидромашин, ограничение потока масла, увеличение расхода масла и фильтров, снижение КПД гидромашин). Рассмотрено воздействие твердых засорителей в масле на пластины, статор, ротор и торцевые диски пластинчатой гидромашин. В зависимости от размера частиц последствием воздействия на детали пластинчатой гидромашин может быть абразивный износ боковых поверхностей пластин, статорного кольца, а в худшем случае – полное разрушение качающего или вращающего узла.

Обводнение гидравлического масла приводит к образованию лаковых отложений на деталях и износу деталей гидромашин. Рассмотрены причины попадания воды в гидросистему, воздействие воды и обводнения масла на пластины, статор, ротор и качающий (вращающий) узел в целом пластинчатой гидромашин.

Изменение вязкости масла приводит к изменению толщины масляной пленки, смазывающей детали качающего узла насоса при работе. Приведены последствия воздействия несоответствующей вязкости масла на ротор и торцевые диски пластинчатой гидромашин.

Рассмотрены причины и последствия неисправностей пластинчатых гидромашин, вызванных использованием несоответствующих масел, связанные с неправильным выбором масла по индексу вязкости, фильтруемости, стойкости к окислению, деаэрационным свойствам, стойкости к засорителям, плотности. Даны рекомендации по предотвращению неисправностей пластинчатых гидромашин.

Ключевые слова: *пластинчатая гидромашин, неисправности, анализ неисправностей, загрязнение масла, обводнение масла, вязкость масла.*

На путевых машинах широко применяются пластинчатые гидромашин: одно-, двух- или трехпоточные пластинчатые гидронасосы, а также пластинчатые гидромоторы [1–3]. В работе представлен анализ причин и последствий физических, химических или гидравлических неисправностей пластинчатых гидромашин, вызванных загрязнением твердыми частицами, обводнением, вязкостью масла и использованием несоответствующих масел.

Загрязнение масла твердыми частицами

Данный вид загрязнения остается основной причиной износа и разрушения деталей насоса несмотря на то, что в области обеспечения чистоты масел проведено много исследований. Последствиями загрязнения масла твердыми частицами является быстрый износ или внезапный отказ (из-за частиц размером более 25 мкм) насоса. В гидросистеме машины насос выполняет функцию генератора потока и давления масла, поэтому он является наиболее чувствительным к загрязнению элементом гидросистемы и обычно первым выходит из строя.

Природа частиц: металлические оксиды, песок, карбонаты и органические материалы.

Происхождение частиц:

– большие частицы – это в основном металлические оксиды, попадающие в гидросистему при сварке трубопроводов;

– песок попадает в гидросистему из окружающей среды через уплотнение цилиндров и воздушные фильтры гидробаков.

Размер частиц определяют как эквивалент сферической частицы с диаметром в микронах (мкм). Он характеризует способность частицы проникать в зазоры между подвижными деталями гидромашин. Крупные частицы дробятся на мелкие, близкие по размерам к зазорам. Чем больше засорителей, соизмеримых по величине с зазором, тем больше их попадает в зазор. Это ведет к истиранию и усталости материала поверхностей деталей, ограничивающих зазор. Например, одна 40-микронная частица может быть разбита более чем на 500 отдельных пяти-микронных.

Чувствительные к загрязнениям зазоры пластинчатых гидромашин (рис. 1): радиальные «пластина – статор», $\delta_1 = 0,5 \dots 5$ мкм; торцевые «ротор – торцевой диск», $\delta_2 = 5 \dots 20$ мкм, и «паз – пластина», $\delta_3 = 30 \dots 40$ мкм.

Кроме размеров и количества частиц, на качество смазки и надежность работы качающих и вращающих узлов пластинчатых насосов и гидромоторов влияют особенности физических и химических свойств твердых засорителей.

Площадь поверхности частиц. При дроблении больших частиц на мелкие общая площадь поверхности, контактирующей с маслом, существенно увеличивается. При дроблении крупной частицы на 100 равных мелких частиц получается более чем в четыре раза большая площадь поверхности засорителей, контактирующих с маслом. 500 отдельных пятимикронных частиц имеют в восемь раз большую площадь поверхности, чем одна 40-микронная. Это объясняется тем, что чем больше площадь поверхности по отношению к массе частицы, тем продолжительнее частица находится в масле (медленнее оседает в гидробаке). Чем больше частиц в масле, тем больше они вовлекают и эмульги-

руют воду, способствуют каталитическим реакциям с маслом. Частицы снижают ресурс полярных добавок (противоизносных присадок, ингибиторов коррозии и др.). При засорении масла твердыми частицами возрастает количество пузырьков воздуха, а эффективность отделения воздуха от масла снижается.

Форма частиц (угловатость). Сферические частицы приводят к образованию поверхностных углублений. Они с меньшей вероятностью вырезают или задирают поверхности детали гидромашин. Частицы с высокой режущей кольцеобразностью имеют острые углы между гранями и приводят к трехмерной абразивности. Угловатые частицы образуются измельчением крупных частиц. Если сферическая частица была разбита на 100 более мелких, имеющих форму куба, то это подвергнет поверхности подвижных деталей гидромашин разрушительному действию 800 кольцевых лезвий. Зависимость износа детали от угловатости твердых частиц показана на рис. 2 [4].

Твердость. Твердость связана с прочностью частицы на сжатие, т. е. ее устойчивостью к деформации (упругой или пластической) или

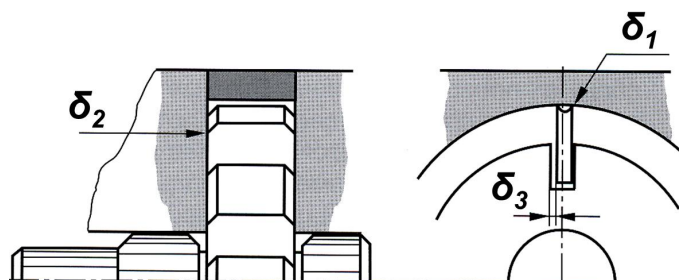


Рис. 1. Чувствительные к твердым засорителям зазоры между деталями пластинчатых гидромашин

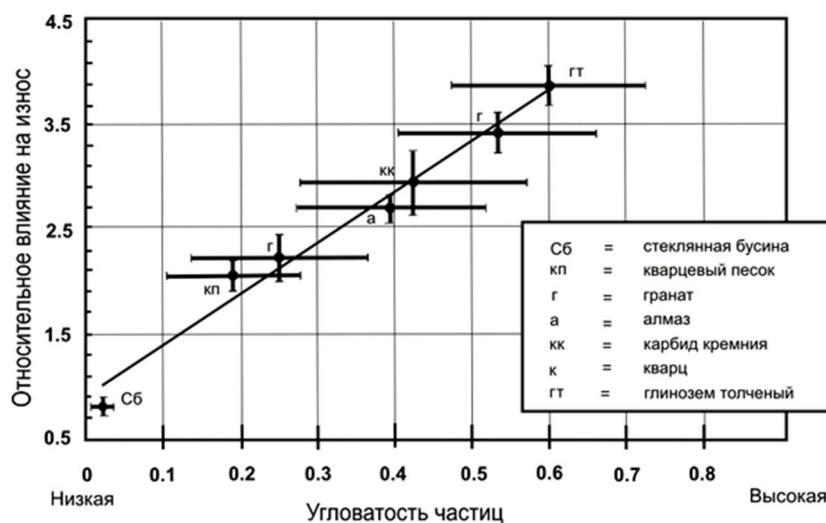


Рис. 2. Зависимость износа детали от угловатости твердых частиц

фрагментации при измельчении. Твердость частицы по отношению к твердости поверхности в значительной степени определяет ее способность вызывать износ и усталость поверхности. Например, твердые частицы почвы, состоящей из частиц кремнезема и глинозема, тверже быстрорежущей стали. Только литые керамические поверхности некоторых подшипников имеют ту же твердость. Значения твердости некоторых частиц приведены в табл. 1 [5].

Плотность. Плотность (удельный вес) частицы влияет на плавучесть частицы в масле. Тяжелые частицы будут гораздо быстрее оседать в гидробаке путевой машины. Они лучше отделяются центробежными сепараторами. Однако наличие таких частиц в гидросистеме приводит к эрозии деталей гидромашин.

Состав. Обычная пыль химически инертна, но абразивна из-за своей твердости. Однако частицы, порожденные этой пылью, в масле не инертны. Вновь образованные частицы часто состоят из железа, меди и олова. Они менее тверды и абразивны, но износ металлов способствует окислению масла, что приводит к образованию агрессивных кислот и лаковых отложений.

Полярность. Многие частицы имеют полярные сходства с присадками или обладают ионными зарядами. Это приводит к расходованию ингибиторов коррозии, противоизносных, моющих и противозадирных присадок. Такие присадки склонны соединяться с полярными частицами. Полярные частицы при объединении образуют отложения и зарастивают зазоры между деталями гидромашин, что усугубляется при наличии воды, частицы которой соединяются с

полярными твердыми засорителями, способствуя образованию эмульсии и осадков.

Магнитная восприимчивость. Во многих фильтрах путевых машин используются постоянные магниты. Некоторые металлические частицы, удерживаемые магнитами, из-за пульсации давления и расхода масла срываются и при этом оказываются намагниченными. Затем они могут примагничиваться к деталям гидромашин.

Количество частиц. Частицы определенного размера, формы и твердости являются источниками случайных разрушительных процессов в качающих (вращающих) узлах насосов (гидромоторов). Количество частиц прямо пропорционально риску износа. При этом вес материала, отделенный твердым засорителем от поверхности изношенной детали, может в 4–10 раз превышать исходный вес частицы-засорителя. Затем вновь образовавшиеся засорители дробятся, и их количество еще увеличивается. Например, половина чайной ложки пыли (160 мг) в 208-литровой бочке гидравлического масла превышает требование ISO 4406-1999 [6] для новых путевых машин.

Последствия загрязнения масла твердыми частицами:

– увеличение площади истирающихся поверхностей деталей гидромашин (вызывает нежелательные потери производительности насоса и частоты вращения вала гидромотора из-за увеличения зазоров между деталями качающих и вращающих узлов и утечек – объемных потерь из рабочих камер гидромашин через эти зазоры, а также повышение сил трения между

Таблица 1

Типовые значения удельного веса и твердости частиц

Тип частицы	Удельный вес	Твердость по Моосу*
Коренная порода и металлическая стружка	6–9	3–7
Шлифовальная пыль	6–9	3–7
Абразивы	3–6	7–9
Грунт	1–5	2–8
Дорожная пыль (диоксид кремния)	2–6	2–8
Окалины	5	–
Угольная пыль	1,3–1,5	–
Древесная масса	0,1–1,3	1,5–3,0
Балластная пыль (известняк)	2,68–2,80	5–9
Карьерная пыль (известняк)	2,68–2,80	5–9
Литейная пыль	2,65	7
Частицы шлака (доменной печи)	2,65	7
Оксиды алюминия	–	9

* Шкала твердости Мооса 1–10, алмаз = 10, ноготь = 1.

деталью, приводящее к снижению давления в напорной линии насоса и вращающего момента на валу гидромотора);

– ограничение потока масла (частицы образуют отложения, замедляя движение масла и вызывая недостаточность смазки деталей гидромашины);

– увеличение расхода масла и фильтров (особенно тонкой очистки при засорении);

– снижение объемного, гидромеханического и полного КПД гидромашины.

В зависимости от размера частиц последствием воздействия на детали пластинчатой гидромашины может быть абразивный износ боковых поверхностей пластин, статорного кольца, а в худшем случае – полное разрушение картриджа насоса. Очевидно, что при хорошей фильтрации масла трение пластин о ротор будет минимальным.

Воздействие засорителей на пластины. Частицы в масле шлифуют пространство между краями выступов пластин и статорным кольцом (рис. 3, а). Когда засоритель чрезмерно большой или жесткий, то кромки пластин могут обламываться.

Воздействие засорителей на статор. Загрязнение смазывающей пленки между пластинами и боковыми поверхностями в пазах ротора вызывает абразивный износ по всей длине пластин (см. рис. 3, б), между концами пластин и статорным кольцом приводит к износу внутренней поверхности статорного кольца (см. рис. 3, в). Кромки внутренней поверхности статора при износе из-за абразивного воздействия засорителей могут иметь небольшие неровности (см. рис. 3, г).

Воздействие засорителей на ротор и пластины. Из-за трения между пластинами и

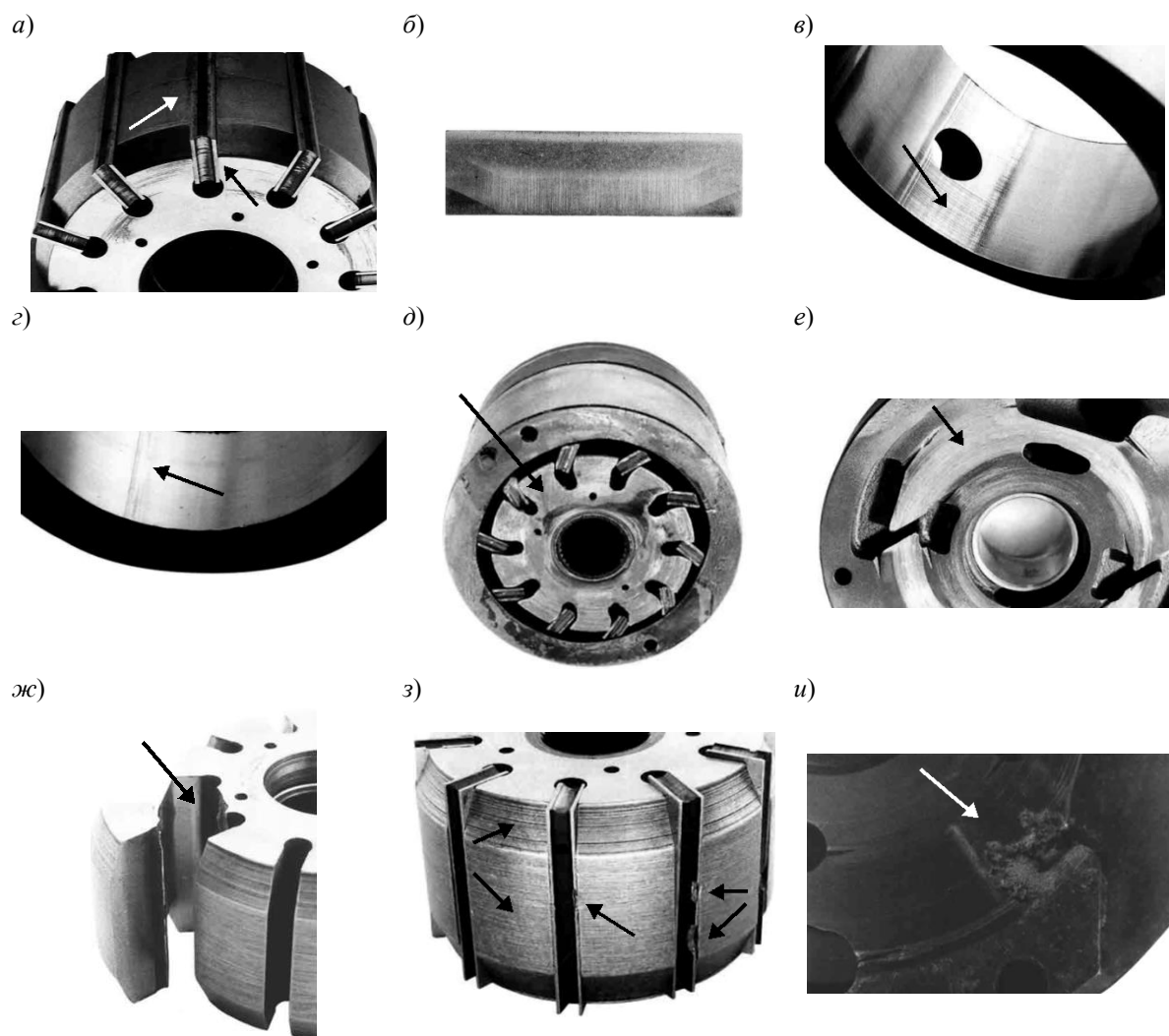


Рис. 3. Последствия загрязнения масла твердыми частицами:
а, б – износ пластин; в, г – износ статора; д – износ ротора; е – износ торцевых дисков; ж – раскол ротора; з – износ ротора и пластин; и – эрозионный износ торцевых дисков

внутренней поверхностью статорного кольца в пазах ротора будут появляться вертикальные царапины при перекосе пластин в пазах ротора (см. рис. 3, д).

Воздействие засорителей на ротор и торцевые диски. Когда частицы в масле крупнее половины зазора между статорным кольцом и ротором, заклинивание происходит в плоскости, перпендикулярной оси ротора (см. рис. 3, е).

Воздействие засорителей на ротор. Трение, возникающее между ротором и боковыми пластинами, приводит к их кручению. Это кручение становится причиной усталостного износа ротора (см. рис. 3, ж). При превышении допускаемой нагрузки часть ротора между пазами пластин может отломиться.

Воздействие засорителей на ротор, торцевые диски и пластины. Износ от воздействия крупных загрязняющих частиц проявляется на боковых поверхностях пластин или ротора (см. рис. 3, з). От трения разрушаются кромки пластин или пластины «свариваются» с ротором, разрушая статорное кольцо.

Воздействие засорителей на торцевые диски. В областях местного увеличения скоростей (вблизи прорезей в торцевых дисках, соединенных со всасывающей линией) возникают эрозионные углубления от воздействия абразивных частиц (см. рис. 3, и). Это является признаком загрязнения масла.

Обводнение гидравлического масла

Попадание воды в гидросистему происходит из-за конденсации влаги при больших перепадах температур окружающей среды, утечек из других систем машины, ухудшения герметичности бака и штоковых уплотнений гидроцилиндров, безгаражного хранения бочки масла в вертикальном положении, мойки машины аппаратом высокого давления.

Влияние воды на гидромашину различно, оно зависит от типа гидравлического масла. Для минеральных масел количество воды не должно превышать 500 частей на миллион. Вода изменяет химическую структуру масла. Окисление масла повышает его кислотное число (количество миллиграмм щелочи КОН для нейтрализации кислот в одном грамме масла). Под действием давления при избытке воды в масле образуется водяной пар, который влияет на модуль сжимаемости масла.

При наличии воды молекулы масла «разрушаются», а свойства масла ухудшаются. Кислоты в масле разрушают присадки, что ведет к ухудшению смазывающего свойства масла и отвода тепла от деталей насоса. Повышенная местная температура приводит к насыщению масла углеродом, что ведет к изменению молекулярной структуры масла, при этом цвет масла будет изменяться до сливочного (молочного).

Вода является причиной появления бактерий, которые разрушают структуры масла и приводят к его сгущению.

Наиболее распространенным последствием воздействия воды является ржавчина на поверхностях металлических деталей насоса, из-за которой увеличиваются силы трения между деталями, при этом из-за недостатка масла происходят микрозаклинивания.

Обводнение гидравлического масла имеет определенные последствия. На пластинах насоса могут образовываться лаковые отложения (рис. 4, а), которые приводят к снижению гидромеханического КПД насоса из-за заклинивания пластин в пазах ротора. На картридже изменяется цвет бронзовых вкладышей (из-за изменения кислотности масла) и остаются отложения на наружной поверхности статора (см. рис. 4, б).

Вследствие появления пара масло вспенивается. Особенностью вспенивающегося из-за обводнения масла является изменение цвета масла до молочного (сливочного). Последствия вспенивания (см. рис. 4, в) идентичны кавитации [3].

Изменение сжимаемости масла приводит к дестабилизации пластин насоса. В результате на статорном кольце (см. рис. 4, г) и на кромках пластин образуются неровности. При этом повышается уровень шума и ухудшается расходная характеристика насоса.

При обводнении последствия могут варьироваться от ухудшения функционирования до критического износа качающего узла насоса при превышении местной температуры (см. рис. 4, д).

Неисправности, связанные с вязкостью масла

При чрезмерно малой вязкости (менее 8 сСт для пластинчатых гидромашин) уменьшается толщина масляной пленки, смазывающей детали качающего узла насоса при работе. Дальнейшее снижение вязкости вызывает суще-

ственное повышение температуры. Испытания показывают, что при температуре масла в баке 50 °С местная температура в качающем узле насоса может превышать 130 °С. Значения вязкости при крайних температурных пределах для насосов различных типов приведены в табл. 2. Нижний температурный предел масла определяется полным заполнением рабочих камер и «прокачиваемостью» масла. Верхний связан с

допустимым увеличением утечек, снижением объемного КПД, прочностью пленки масла.

Последствия неисправностей, связанных с вязкостью масла, заключаются в следующем. Изменение вязкости ведет к разрушению деталей насоса в том случае, если местные температуры выше допустимых. Из-за кавитации при чрезмерно высокой вязкости затрудняется доступ масла к вращающимся деталям качающего

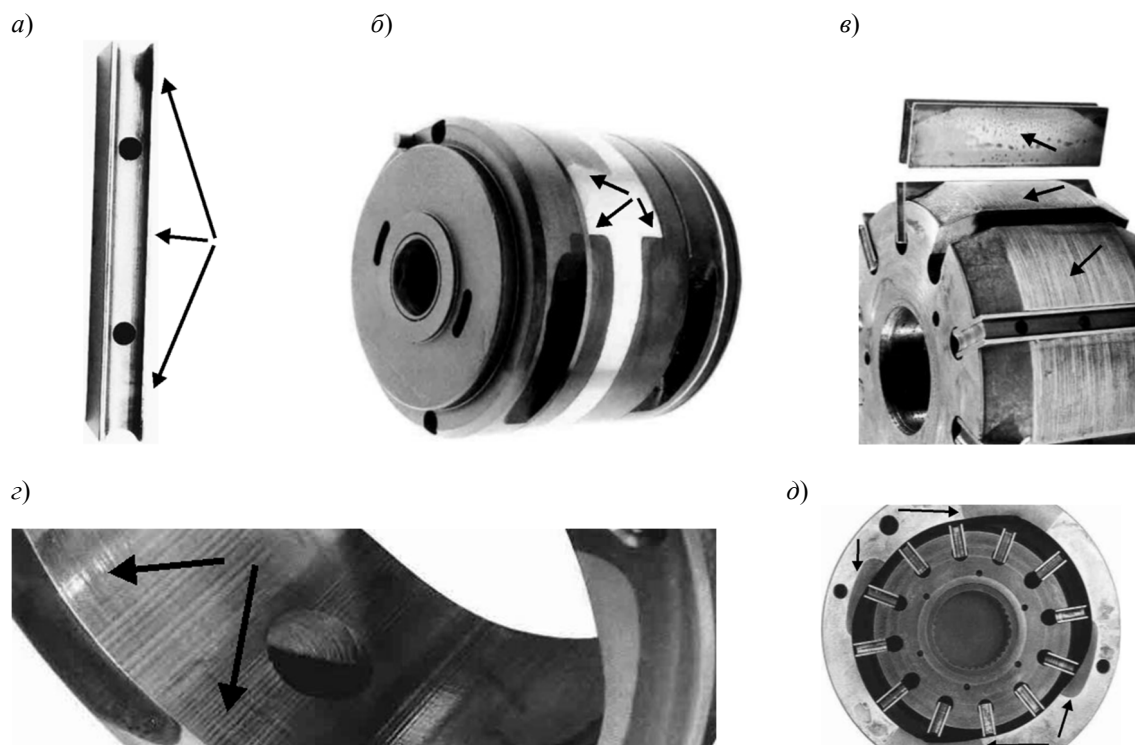


Рис. 4. Последствия обводнения масла:

а, б – лаковые отложения на пластинах и статоре; в – износ ротора пластин из-за вспенивания масла; г – износ статора; д – износ качающего узла

Таблица 2

Значения вязкости, сСт, при крайних температурных пределах

Тип насоса	Температурный предел		
	Нижний		Верхний (условие обеспечения смазывающей пленки и КПД = 0,80...0,85)
	Условие прокачиваемости	Условие полного заполнения рабочих камер	
Аксиально-поршневой	1 800–1 600	530–570	6–8
Шестеренный	4 500–5 000	1 250–1 380	16–18
Пластинчатый	4 500–4 000	620–680	10–12

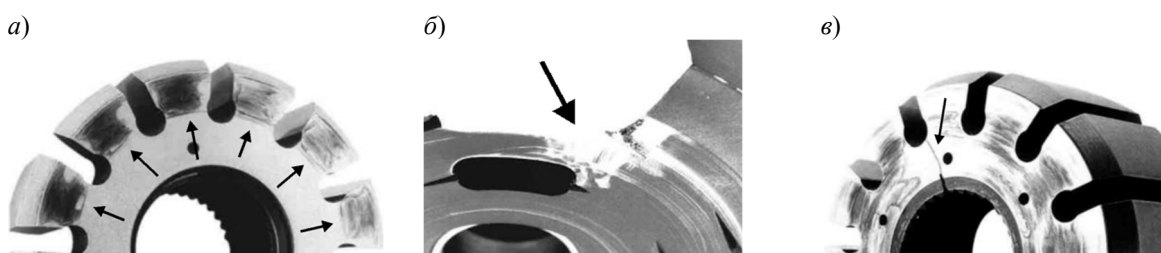


Рис. 5. Последствия несоответствующей вязкости масла:

а – заклинивание ротора; б – эрозионный износ торцевых дисков; г – трещина на роторе

узла насоса, что приводит к заклиниванию деталей (рис. 5, а). Слишком низкая вязкость приводит к эрозии поверхностей торцевых дисков (см. рис. 5, б), возникновению трещин на торцевых дисках и роторе (см. рис. 5, в).

Неисправности, вызванные использованием несоответствующих масел

Параметры выбора гидравлического масла:

1. Выбор масла с требуемым индексом вязкости. Производители гидромашин дают рекомендации по применению гидравлических масел тех или иных марок в конкретных климатических условиях. Если реальные условия эксплуатации гидромашин не соответствуют условиям, для которых даны рекомендации производителя, то на выбор масла следует обратить особое внимание. Например, при чрезмерно повышенной вязкости масла велика вероятность кавитации, при чрезмерно пониженной, так же как и при повышенной, вязкости толщина масляной пленки между подвижными деталями гидромашин снижается, что вызывает локальный перегрев деталей. В результате могут возникать внезапные отказы.

2. Фильтрация масла. Если масло имеет плохую фильтруемость, то фильтры быстро засоряются. Поток неочищенного масла проходит через предохранительный клапан фильтра, минуя фильтроэлемент, что приводит к дополнительному нагреву масла. Плохая фильтруемость возникает или из-за низкого качества масла, или из-за чувствительности масла к любым засорителям, которые нарушают его химическую однородность, например воде, смазочным материалам и др.

3. Стойкость масла к окислению. Засорители могут изменять кислотность масла, что приводит к коррозии при взаимодействии масла с металлическими деталями гидромашин. Продукты коррозии повышают вязкость масла, что приводит к «провалам» давления, росту местной температуры масла и локальным перегревам деталей.

4. Деаэрационные свойства масла. Если для отвода воздуха из масла в баке требуется продолжительное время, то велика вероятность кавитации. Процесс высвобождения воздуха замедляется при несоответствующем соотношении расхода насоса и объема бака, неправиль-

ной конструкции бака (например, близком расположении всасывающей и сливной линий в баке), избыточном давлении в баке.

5. Стойкость масла к засорителям. Производители стремятся уменьшать зазоры между деталями, ограничивающими рабочие камеры гидромашин, что требует хорошей фильтрации масла, несмотря на современную конструкцию пластин с двумя кромками, обладающую хорошей стойкостью к твердым засорителям. Дополнительные засорители могут образовываться в результате взаимодействия нескольких жидкостей (масла и примеси) с основными засорителями. Современные гидравлические масла являются высокотехнологическими рабочими жидкостями, чувствительными к условиям эксплуатации и, в частности, к засорителям, которые ухудшают их первоначальные характеристики. Такими засорителями могут быть вода, химикаты, другие жидкости, твердые частицы. Особенно чувствительны к засорителям очищенные масла, что весьма актуально для путевой техники. Путевые машины могут иметь гидравлические баки объемом более 1 000 л и общий объем масла в гидросистеме до 2 000 л и более. При этом для продления ресурса масла часто применяют внешние очистительные установки центробежного типа марки СОГ, подключаемые к гидросистеме машины извне [1]. К сожалению, такие установки отделяют не только засорители, но и присадки, находящиеся в масле в нерастворенном состоянии, что ухудшает свойства очищенного масла, в том числе сопротивляемость засорителям.

6. Плотность масла. Масла разных марок могут иметь разные плотности. Например, плотность летнего масла VG ISO 46 может быть около 900 кг/м^3 , а плотность водно-масляной эмульсии – более $1\,000 \text{ кг/м}^3$. Плотность масла влияет на вакуумметрическую высоту всасывания насоса, поэтому ее следует учитывать при выборе и замене насоса. Для этого производители гидромашин дают соответствующие рекомендации в технических спецификациях.

Рекомендации для предотвращения неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники, вызванных загрязнением масла твердыми частицами, заключаются в применении способов поддержания чистоты масла:

1. Бортовая система фильтрации. 18/15 – предельно грязное масло по ISO 4406–1999 [6], где 18 – числовой диапазон для частиц размером 6 мкм и крупнее (1 300 частиц на 1 мл размером более 6 мкм и 2 500 частиц на 1 мл размером не более 6 мкм); 15 – числовой диапазон для частиц размером 14 мкм и крупнее (160 частиц на 1 мл размером более 14 мкм и 320 частиц на 1 мл размером не более 14 мкм). Класс 14 – предельно грязное масло по ГОСТ 17216–2001 [7]. Такая чистота поддерживается фильтром с параметром $\beta_{20} \geq 75$, где 20 – тонкость фильтрации в мкм, а 75 – соотношение количества частиц размером 20 мкм на входе и выходе фильтроэлемента. Для гарантии паспортного ресурса рекомендуется класс 12 по ГОСТ 17216–2001. Такая чистота поддерживается фильтром с параметром $\beta_{10} \geq 100$ (требуется десятимикронный синтетический фильтр тонкой очистки – высококачественный и дорогостоящий), что не соответствует тонкости фильтрации x в мкм при $\beta_x = 10$, принятой в России за номинальную.

При эксплуатации следует учитывать требования к чистоте масла, изложенные в технической документации на каждый элемент гидropередачи путевой машины. В гидросистемах путевой техники могут быть сервоклапаны (например, на машинах типа Дуоматик и ВПР), имеющие большую чувствительность к засорителям (0,5...8 мкм зазор «золотник – корпус»), поэтому требуемая тонкость фильтрации должна соответствовать этим элементам. Поставляемое масло при заправке гидросистемы часто не соответствует указанным требованиям. Поэтому при заправке гидробака требуется тщательная фильтрация масла. Класс чистоты получаемого масла необходимо узнавать у поставщика. Чистота масла в гидросистемах путевых машин не должна быть грубее класса 13 по ГОСТ 17216–2001 [1, 7].

Применяемое в путевой технике масло должно: хорошо фильтроваться не только в состоянии поставки, но и на протяжении всего срока эксплуатации; иметь хорошие смазывающие и антикоррозионные свойства по отношению к стали, чугуну, бронзе и алюминиевым сплавам. Работа насоса с засоренным фильтром должна исключаться, в том числе автоматиче-

ской защитой. Необходимость поддерживать заданную чистоту требует: тщательной фильтрации воздуха, поступающего через воздушный фильтр (сапун) в гидробак; контроля состояния штоковых уплотнений гидроцилиндров [8–10].

2. Замена масла при техническом обслуживании на новое, не хуже 16/13 по ISO 4406–1999, где 16 – числовой диапазон для частиц размером 6 мкм и крупнее (320 частиц на 1 мл размером более 6 мкм и 640 частиц на 1 мл размером не более 6 мкм); 13 – числовой диапазон для частиц размером 14 мкм и крупнее (40 частиц на 1 мл размером более 14 мкм и 80 частиц на 1 мл размером не более 14 мкм) или класс 11 по ГОСТ 17216–2001.

3. Очистка масла при техническом обслуживании с использованием внешней фильтровальной установки («искусственная почка») не хуже 16/13 ISO 4406–1999. При этом желательно использовать установки не центробежного типа, а оснащенные фильтрами тонкой очистки (5...10 мкм).

Рекомендации для предотвращения неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники, вызванных обводнением масла:

- соблюдать правила промывки гидросистемы при техническом обслуживании и ремонте;
- не допускать (вовремя устранять) протечки из системы охлаждения;
- устранять последствия образования конденсата на стенках при перепаде температур;
- принимать профилактические меры при повышенной влажности окружающей среды (дождь, снег);
- не допускать ухудшения герметичности бака и штоковых уплотнений гидроцилиндров;
- не допускать безгаражного хранения бочки масла в вертикальном положении;
- проявлять осторожность при мойке путевой машины аппаратом высокого давления;
- использовать только качественное масло, которое должно: быстро отделять воду; быть термически и гидролитически стабильным при эксплуатации и хранении (масло с низкой гидролитической стабильностью способно в присутствии воды и других химических загрязнений образовывать кислоты, окисление ускоряется при перегреве масла); иметь высокую про-

тивопенную стойкость, исключаящую образование воздушно-масляной эмульсии, отложение смолистых осадков, вызывающих облитерацию каналов и щелей в гидроаппаратах и машинах;

- воду следует удалять (дренировать) из системы перед запуском;

- при попадании воды в гидросистему необходимо отделить воду 2-3-кратным центрифугированием масла;

- в условиях повышенной влажности окружающего воздуха следует использовать воздушный фильтр-влагоотделитель с силикагелевым наполнителем.

Рекомендации для предотвращения неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники, вызванных вязкостью масла:

- температура застывания должна быть на 10...15 °С ниже возможной рабочей температуры (в районах с холодным климатом);

- для пластинчатых гидромашин вязкость масла при 50 °С (оптимальная температура

масла летом [11]) должна составлять не менее 10 мм²/с, при –40 °С – не более 4 000 мм²/с (кратковременно), а при использовании в гидроприводе гидромашин разных конструктивных типов, например пластинчатых и поршневых, допускаемые значения вязкости следует определять по наиболее чувствительному элементу (нижний предел значения вязкости масла для пластинчатой, а верхний – для поршневой гидромашин);

- предпочтение следует отдавать маслам с большим индексом вязкости.

Рекомендации для предотвращения неисправностей пластинчатых гидромашин, вызванных использованием несоответствующих гидравлических масел, заключаются в применении в гидросистемах путевых машин масел, соответствующих требованиям по чистоте, температуре и вязкости, гидролитической и термической стабильности.

Библиографический список

1. ЦПО-3.2000. Типовая инструкция по техническому обслуживанию гидрооборудования железнодорожно-строительных машин. М., 2001. 167 с.
2. Маслов Н. А. Анализ механических неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 2. С. 53–59.
3. Маслов Н. А. Анализ неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники, вызванных чрезмерным давлением, аэрацией гидравлического масла и кавитацией // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2016. № 1. С. 5–15.
4. Fitch Jim. A much closer look at particle contamination // Machinery Lubrication. 2005. № 9. URL: <http://www.machinerylubrication.com/Read/781/particle-contamination> (дата обращения: 08.05.2017).
5. Cash Wes. The hard truth about particle contamination // Machinery Lubrication. 2016. № 2. URL: <http://www.machinerylubrication.com/Read/30095/hard-particle-contamination> (дата обращения: 08.05.2017).
6. ISO 4406–1999. Приводы гидравлические. Жидкости. Метод кодирования степени загрязнения твердыми частицами.
7. ГОСТ 17216–2001. Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей. М., 2001.
8. Маслов Н. А. Модернизация привода спутника путевых машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1 // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 1. С. 57–65.
9. Маслов Н. А. Разработка системы диагностирования пневмогидроцилиндра // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 2. С. 63–70.
10. Пат. на полезную модель 161330 Российская Федерация, МПК Е 01 В 27/17. Привод спутника выправочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия / Н. А. Маслов; Заявитель и патентообладатель Сиб. гос. ун-т путей сообщения. № 2015120098/11; Заявл. 27.05.2015; Опубл. 20.04.16, Бюл. № 11. 2 с.: ил.
11. Мокин Н. В. Гидравлические и пневматические приводы: Учеб. Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2004. 354 с.

N. A. Maslov

Solid Particle and Water Contamination, Viscosity and Unsuitable Fluids Failures Analysis of Vane Fluid Machines in Track Machinery

Abstract. Vane fluid machines are widely applicable in track machinery. Solid particle and water contamination, viscosity and unsuitable fluids failure causes and effects of vane fluid machines have been

analyzed. Contamination of hydraulic oil of solid particles leads to rapid deterioration or sudden failure of the hydraulic machine. The nature, origin, and the parameters (size, surface area, shape, hardness, density, composition, polarity, magnetic susceptibility, quantity) of solid particles in the oil are examined. In the article are given the consequences of oil contamination by solid particles (increasing the area of the rubbing surfaces of the hydraulic machine, the restriction of oil flow, increasing oil flow and filters, reducing the efficiency of the hydraulic machine). The work discusses the impact of solid weeds in oil on the plate, the stator, and rotor and end disks plate hydraulic. Depending on the particle size effects on parts of the plate of the hydraulic machine can be an abrasive wear of side surfaces of the plate, stator ring, and in the worst case, complete destruction of the cartridge.

Water in hydraulic oil leads to the formation of varnish deposits on the parts and wear of the hydraulic machine. The causes of water ingress in the hydraulic system. Discusses the impact of water and impact of water-flooding of oil on the plate, the stator, the rotor and the swinging (rotating) a node in a whole plate hydraulic.

Changing oil viscosity changes the oil film thickness, lubricity details pumping unit of the pump during operation. Given the consequences of inadequate oil viscosity on the rotor disks and end plate hydraulic.

The causes and consequences of faults plate of hydraulic machines caused by the use of unsuitable oils, due to improper oil viscosity index, filterability, resistance to oxidation, de-aerating properties, resistance to weeds, density are examined. Recommendations for fault avoidance are given.

Key words: *vane fluid machine; solid particle failures; failure analysis; water contamination failures; viscosity failures; unsuitable fluids failures.*

Маслов Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины» СГУПС. E-mail: namaslov@mail.ru