

Широкое распространение машин с объемным гидроприводом в настоящее время усилило актуальность вопросов, связанных с проблемой повышения эффективности использования гидрофицированных дорожных, строительных машин, а также повышения уровня технической готовности парков машин.

Готовность машин в значительной степени зависит от состояния гидропривода, на долю которого приходится свыше 40 % отказов по строительным машинам [1].

Однако для различных строительно-дорожных машин (СДМ) количество отказов гидропривода изменяется от 5 до 75 % общего количества отказов за рассматриваемый интервал времени. Интенсивность отказов зависит в значительной степени от наработки с начала эксплуатации, тонкости фильтрации рабочей жидкости (РЖ) и режима рабочего процесса.

В системе департамента "Белавтодор" проведен анализ работоспособности гидропривода экскаваторов и асфальтоукладчиков с различной наработкой с начала эксплуатации и разной тонкостью очистки рабочей жидкости (табл. 1).

Гидропривод зарубежной техники (экскаваторы JCB JS220SC и асфальтоукладчики VOGELE 1600) имеют более высокую степень очистки рабочей жидкости 1,5 и 5 мкм соответственно, что влияет на его работоспособность. Так, на протяжении трех

Повышение работоспособности гидропривода строительных и дорожных машин

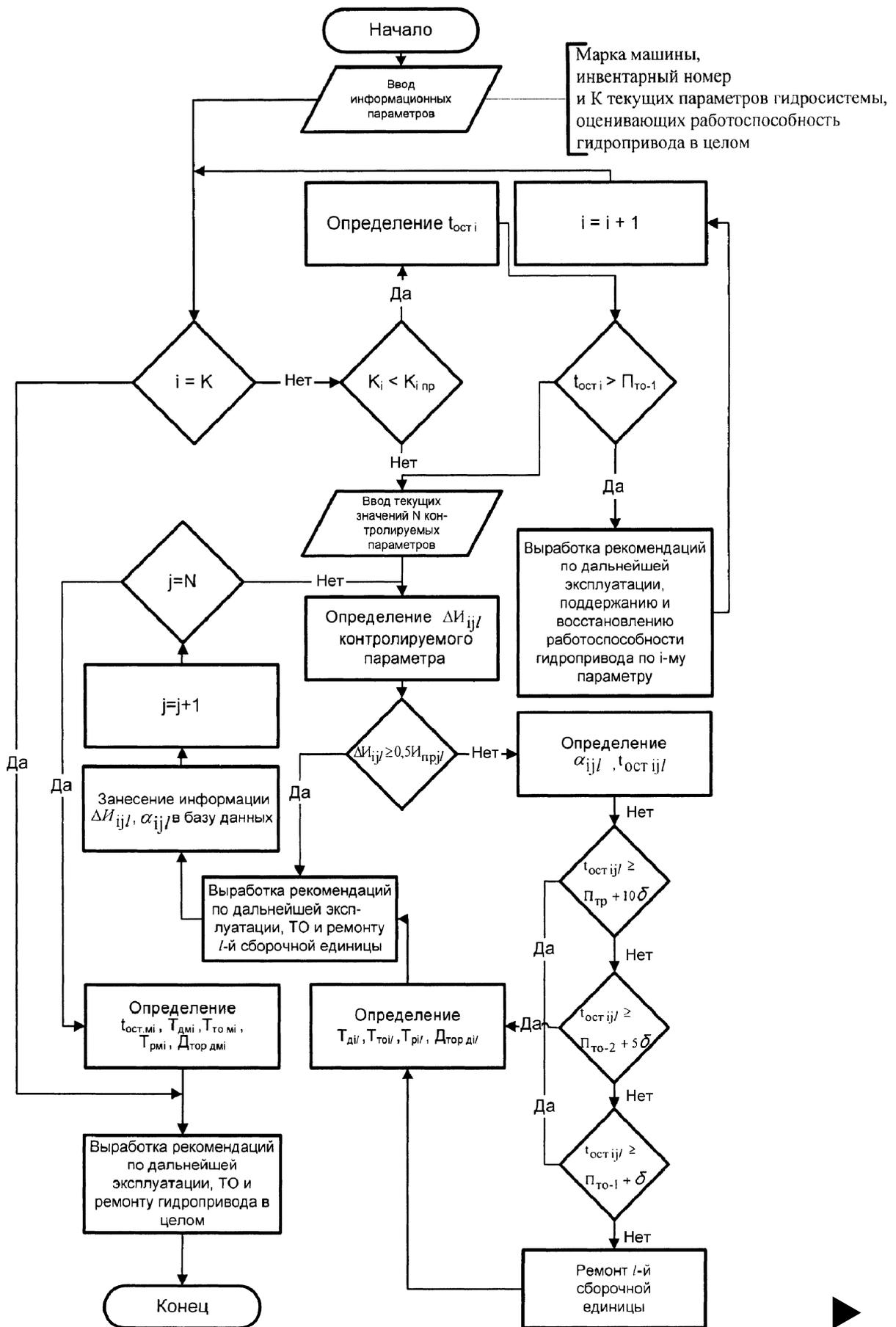
лет эксплуатации отказов в сборочных единицах гидропривода не было. За рассматриваемый период эксплуатации машины с тонкостью очистки рабочей жидкости не менее 25 мкм отказы гидропривода экскаваторов составляли до 75 % всех отказов, а для асфальтоукладчиков соответственно до 10 %.

Суммарное время простоев и время на поддержание и восстановление работоспособности гидропривода сравниваемых машин изменяется от продолжительности эксплуатации. Динамика их изменений в зависимости от продолжительности эксплуатации СДМ отражена через комплексный показатель надежности — коэффициент технического использования $K_{ТИ}$. За сравниваемый период времени для экскаваторов $K_{ТИ}$ изменялся от 0,96 до 0,77. Причем интенсивность снижения $K_{ТИ}$ для экскаваторов ЭО-5126 более высокая, так за третий год эксплуатации $K_{ТИ} = 0,77$, т. е. снизился на 17 % по сравнению с 2 % для экскаваторов JCB JS220SC. Изменение $K_{ТИ}$ для асфальтоукладчиков отечественного производства составило 38 % и соответственно зарубежного 20 %.

Таблица 1

Зависимость коэффициента технического использования $K_{ТИ}$ и простоев (суммарного времени t_c и времени из-за отказов гидропривода t_r) на 1000 моточасов на поддержание и восстановление работоспособности СДМ от их срока службы

Машина	Марка	Год эксплуатации											
		1-й			2-й			3-й			4-й		
		t_c	t_r	$K_{ТИ}$	t_c	t_r	$K_{ТИ}$	t_c	t_r	$K_{ТИ}$	t_c	t_r	$K_{ТИ}$
Экскаваторы	ЭО-5126 JCB JS220SC	76	64	0,93	103	77	0,90	294	220	0,77	604	452	0,62
		42	—	0,96	49	—	0,95	53	—	0,94			
Асфальтоукладчики	VOGELE1600 ДС-191-506	65	—	0,93	242	—	0,80	346	—	0,74	396	—	0,71
		112	—	0,90	390	37	0,72	773	31	0,56	866	76	0,53



Традиционные методы обеспечения надежности гидроприводов, основанные на системе планово-предупредительных ремонтов, не обеспечивают в полной мере готовность парков гидрофицированных машин.

В настоящее время к техническому состоянию парка строительно-дорожных и других гидрофицированных машин предъявляются более жесткие требования: высокопроизводительная безотказная работа на объекте, контролепригодность, приспособленность к техническому обслуживанию и ремонту с минимальными затратами.

Одним из путей снижения затрат в процессе эксплуатации являются своевременность и трудоемкость проведения ремонтов. Эту задачу невозможно решить без диагностирования всех систем и сборочных единиц. Выявлять дефекты на станциях диагностирования не всегда рационально из-за значительных транспортных расходов. Наиболее целесообразным на данном этапе считается применение диагностирования систем и механизмов с помощью встроенных или накладных датчиков с выводом для возможности периодического подключения к диагностическим комплексам или использование приборов, устройств, определяющих контролируемые параметры без разгерметизации гидравлической системы. Но для этого необходимо разработать алгоритмы диагностирования, способные по текущим значениям параметров функционирования следить за состоянием сборочных единиц и гидропривода в целом. При использовании информационных технологий поддержание и восстановление работоспособности гидропривода по результатам диагностирования можно осуществить по предлагаемому алгоритму (рис. 1).

В соответствии с алгоритмом процесс диагностирования проходит в два этапа: первый — по параметрам, оценивающим работоспособность гидропривода в целом, второй — по оценке работоспособности сборочных единиц.

Если на первом этапе все параметры ниже предельных и значения работоспособности — остаточный ресурс превышает периодичность технического обслуживания, то вырабатываются рекомендации по дальнейшей эксплуатации гидропривода в целом и работа алгоритма заканчивается. Однако если один из параметров на первом этапе достиг предельного значения или значения остаточного ресурса меньше периодичности ТО-1, работа начинает осуществляться по второму этапу алгоритма. На втором этапе работы вначале осуществляется ввод текущих значений диагностируемых параметров всех сборочных единиц гидропривода. В качестве основных параметров могут использоваться: давление, подача насоса, расход рабочей жидкости (РЖ), температура, уровень шума и т. д. Полный перечень диагностируемых параметров как для гидропривода в целом, так и сборочных единиц приведен в нормативном документе МДС 12-20.2004. После ввода текущих значений контролируемых параметров по всем элементам сравниваются эти значения с предельными, рассчитываются остаточный ресурс и интенсивность изменения значений контролируемых параметров.

Значения остаточного ресурса и динамика изменения текущих значений контролируемых параметров позволяют спрогнозировать работоспособность сборочных единиц и гидропривода в целом, вырабо-

Рис. 1. Алгоритм поддержания и восстановления работоспособности гидропривода СДМ:

K — количество контролируемых параметров, оценивающих работоспособность гидропривода в целом; $K_{iпр}$ — предельное значение контролируемого параметра, оценивающего работоспособность гидропривода в целом; N — количество контролируемых параметров; i — порядковый номер параметра оценки технического состояния объекта; l — порядковый номер сборочной единицы или системы; j — порядковый номер контролируемого параметра; α_{ijl} — показатель степени, характеризующий интенсивность изменения j -го параметра l -й сборочной единицы; $t_{остijl}$ — остаточный ресурс l -й сборочной единицы по j -му параметру; I_{npjil} — предельное значение контролируемого j -ого параметра l -й сборочной единицы; ΔI_{ijl} — приращение или уменьшение j -го параметра относительно его начального значения l -й сборочной единицы; $T_{длil}$, $T_{тоil}$, $T_{рil}$ — трудоемкость соответственно диагностики, ТО и ремонта l -й сборочной единицы; $D_{торdil}$ — дни простоя в ТО и ремонтах и диагностики l -й сборочной единицы; $T_{длi}$, $T_{тоi}$, $T_{рi}$ — трудоемкость соответственно диагностирования, проведения технического обслуживания и ремонта гидропривода при i -м воздействии; $D_{тордmi}$ — дни простоя в ТО и ремонтах и диагностики гидропривода при i -м воздействии; $P_{тр}$, $P_{то-2}$, $P_{то-1}$ — периодичность выполнения соответственно текущего ремонта, ТО-2 и ТО-1; δ — ожидаемая ошибка, моточас

тать рекомендации о времени проведения ремонтов и исключить отказы машины на объекте.

Одним из важнейших контролируемых параметров работоспособности гидропривода является состав РЖ и давление в системе. Наличие механических включений и воды в РЖ по зарубежным и отечественным данным значительно сокращает ресурс гидропривода (70—90 % отказов общего количества) [2, 3]. Степень загрязнения РЖ гидропривода зависит от конструктивных особенностей, условий эксплуатации и уровня поддержания и восстановления его работоспособности.

РЖ в гидроприводах СДМ постоянно загрязняется твердыми частицами, которые, находясь во взвешенном состоянии, попадают вместе с жидкостью в насосы, гидродвигатели и гидроаппараты. Это существенно (порой в 10 раз) снижает срок службы гидромашин и гидроаппаратов и отрицательно сказывается на их работе, так как твердые частицы соизмеримы с размерами зазоров, щелей, каналов, вызывают их закупорку, заклинивание подвижных пар и интенсивный износ трущихся поверхностей.

Во время работы гидропривода в масло попадают продукты износа трущихся деталей гидроагрегатов — тончайшие металлические стружки и опилки. Однако главный источник загрязнений проникает в бак через сапун и заливную горловину. Максимальный процесс загрязнения происходит при пополнении гидравлической системы РЖ и ее разгерметизации при ремонте и диагностировании [4].

Срок службы масла зависит от условий работы гидропривода: номинального и максимального давления, нагруженности гидросистемы (частоты рабочих циклов), температуры, качества технического обслуживания (концентрации механических примесей, наличия растворимых и диспергированных воздуха и воды), длительности контакта с медью и оловом, оказывающих катализирующее воздействие и так далее. При одинаковых условиях срок службы РЖ различен, поэтому нормативные сроки замены жидкостей, предусмотренные документацией на оборудование, следует рассматривать как ориентировочные.

Фактические сроки замены РЖ можно определить только посредством лабораторного анализа контролируемых параметров — степени загрязнения и обводнения, кислотного числа, вязкости и др.

Требования к экономии РЖ как производного продукта нефти послужили стимулом поиска технических решений по повышению эксплуатационного ресурса и работоспособности гидропривода очисткой рабочей жидкости.

В настоящее время широко применяется центробежный метод очистки РЖ. Существует много конструкций центробежных очистителей (центрифуг). Все они, за некоторым исключением, предназначены для очистки масла и классифицируются в зависимости от используемого в них привода. В настоящее время наиболее широко распространены масляные центрифуги с гидравлическим реактивным приводом, которые не требуют специального приводного устройства, так как вращение ротора осуществляется за счет кинетической энергии масла; имеют сравнительно высокую угловую скорость ротора; просты в изготовлении и техническом обслуживании.

Однако использование центробежного метода очистки РЖ наряду с очисткой РЖ через специальные фильтроэлементы предусматривает разгерметизацию гидросистем при замене фильтроэлементов или удалении примесей из РЖ.

Эти недостатки можно исключить при использовании гидроциклона. Причем его можно включать в магистраль гидропривода перед фильтром (разгружая его и продлевая ресурс) сливной магистрали или использовать специальные установки для периодической очистки РЖ. По интенсивности загрязнения рабочей жидкости можно прогнозировать работоспособность гидропривода и РЖ.

Для высококачественной очистки рабочей жидкости от механических включений и воды по имеющимся конструктивным рекомендациям были изготовлены гидроциклон и проведены экспериментальные исследования [6].

Экспериментальные исследования проводились на двух опытных моделях гидроциклона с установлением объема выделенной воды и массы механических примесей в зависимости от времени работы.

Характеристики экспериментальных моделей приведены в табл. 2.

Установлено, что эффективность выделения воды и механических включений из РЖ зависит от конструктивных особенностей гидроциклонов (рис. 2 и 3).

Результаты проведенных экспериментов показывают эффективность применения гидроциклон-

Таблица 2

Геометрические параметры гидроциклонов

№ модели	Высота цилиндрической части $H_{ц}$, мм	Диаметр цилиндрической части $D_{ц}$, мм	Угол конусности, °
1	55	90	40
2	45	80	25

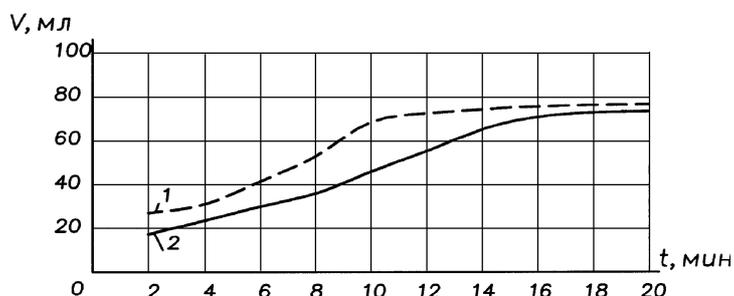


Рис. 2. Зависимость объема воды V , оказавшейся в шламовой насадке, от времени эксперимента:

1 — экспериментальная модель № 1;
2 — экспериментальная модель № 2

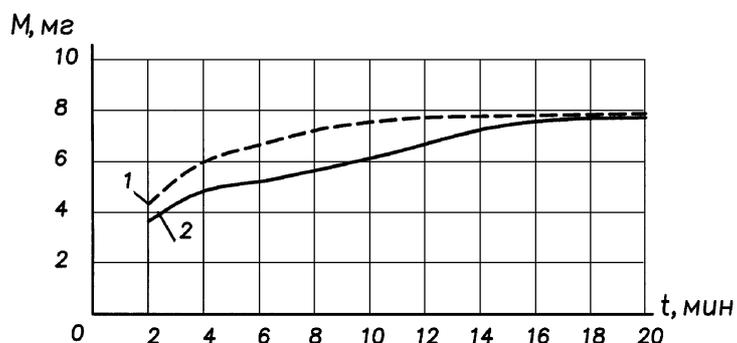


Рис. 3. Зависимость массы механических включений M , оказавшейся в шламовой насадке, от времени эксперимента:

1 — экспериментальная модель № 1;
2 — экспериментальная модель № 2

ного аппарата для очистки гидравлической жидкости от механических включений и воды в действующем гидроприводе.

При включении гидроциклона в систему производится отбор механических включений и отбор РЖ для анализа без разгерметизации гидравлической системы.

Для определения важнейшего параметра диагностирования — давления в напорном и рабочих контурах гидросистемы в Белорусско-Российском университете проводится работа по изготовлению устройства для определения этой величины без разгерметизации гидравлической системы.

Определение в процессе работы гидрофицированной машины интенсивности изменения давления в гидравлической системе и степени загрязнения РЖ позволит определять остаточный ресурс гидропривода без его разгерметизации в соответствии с приведенным алгоритмом (см. рис. 1) и обеспечить безотказную работу на объекте.

Проведенные исследования по повышению работоспособности гидропривода СДМ позволяют сделать вывод о возможности применения методов диагностирования без разгерметизации гидравличе-

ских систем уже эксплуатируемой техники и целесообразности продолжения исследований для внедрения гидроциклонов в процесс очистки РЖ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Эксплуатация** подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник для студ. высш. учеб. заведений; под ред. Е. С. Локшина [Текст] / А. В. Рубайлов, Ф. Ю. Керимов, В. Я. Дворковой и др.; — М.: изд. центр "Академия", 2007. — 512 с.
2. **Свешников, В. К.** Фильтрация рабочих жидкостей в современных гидроприводах [Текст] / В. К. Свешников // Гидравлика и пневматика. — 2006. — № 13—14.
3. **Шекунов, А. К.** Фильтры в гидросистемах машин [Текст] / А. К. Шекунов, В. А. Васильченко // Путь и путевое хозяйство. — 2006. — № 12.
4. **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин: учеб пособие [Текст] / А. Н. Максименко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 400 с.
5. **Максименко, А. Н.** Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: учеб. пособие [Текст] / А. Н. Максименко, Г. Л. Антипенко, Г. С. Лягушев. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 302 с.
6. **Максименко, А. Н.** Влияние качества рабочей жидкости на работоспособность гидропривода [Текст] / А. Н. Максименко, Д. В. Бездников, В. В. Кутузов, В. В. Васильев, О. В. Борисенко // Грузовик & М.: Машиностроение. — 2007. — № 7. — С. 26—28.

КОНСТРУКЦИЯ