

УДК 625.08.04

**А. Н. Максименко, канд. техн. наук, доц., Г. Л. Антипенко, канд. техн. наук, доц.,
Д. В. Бездников, В. В. Кутузов**

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

Рассмотрены общие подходы к оценке технического состояния гидросистем строительно-дорожных машин в процессе эксплуатации. Проведены исследования эффективности очистки рабочей жидкости гидроциклоном в зависимости от конструктивных параметров.

Анализ показывает, что при интенсивной эксплуатации годовая производительность строительно-дорожной машины (СДМ) в процессе наработки с начала эксплуатации изменяется до 40 % по сравнению с первоначальной. Расходы на техническое обслуживание и ремонт за срок службы машины превосходят ее первоначальную стоимость в 8–10 раз. Затраты труда на изготовление составляют лишь 2–5 % общих затрат, включающих техническое обслуживание, текущие и капитальные ремонты. На производство запасных частей расходуется до 40 % металла, используемого при создании новых машин.

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

Каждая машина, поступающая в эксплуатацию, имеет заложенный ресурс агрегатов. Его продолжительность зависит от уровня технической эксплуатации. При неправильной эксплуатации агрегаты могут выйти из строя в течение одного года, при правильной – способны работать до 10 лет и более. Одним из путей снижения затрат в процессе эксплуатации является своевременность и трудоемкость проведения ремонтов. Эту задачу невозможно решить без диагностирования всех систем и сборочных единиц. Выявлять

дефекты на станциях диагностирования не всегда рационально. Наиболее целесообразным на данном этапе считается применение бортовой системы диагностирования систем и механизмов или оснащение их встроенными датчиками с выводом для возможности периодического подключения к диагностическим комплексам. Но для этого необходима разработка алгоритмов диагностирования, способных по текущим значениям параметров функционирования следить за состоянием всех систем и сборочных единиц машины.

Сложность гидроприводов строительно-дорожных машин приводит к тому, что износ или поломка одной из сборочных единиц ведет к нарушению функционирования гидропривода в целом, а установить причину нарушения функционирования гидропривода достаточно сложно.

Основными диагностическими средствами, используемыми в настоящее время для определения технического состояния гидроприводов СДМ, являются гидротестеры, реализующие статопараметрический метод диагностирования. Этим методом измеряют значения расходов в секциях насоса и гидролиниях при минимальном и номинальном давлениях, а значения температуры и частоты вращения привода задают номинальными для каждого типа машин. По разнице расходов определяют коэффициент подачи насоса, вычисляют суммарные внутренние утечки в гидроцилиндрах и гидрораспределите-

лях, которые нормируются в диагностической карте.

Другим распространенным способом выявления неисправности гидропривода является поэлементная проверка функционирования отдельных сборочных единиц на специализированных стендах после снятия их с машины. Такой способ поиска неисправностей достаточно трудоемок, сопровождается разгерметизацией системы и требует наличия специализированной лаборатории, оснащенной необходимыми стендами и измерительной аппаратурой.

Для снижения трудоемкости поиска неисправностей гидропривода целесообразно создание встроенных систем диагностирования гидропривода.

Основной причиной нарушения функционирования элементов гидропривода является износ сопрягаемых поверхностей, влияющий на величины утечек и снижение давления в напорных магистралях. Поэтому основу встроенных средств диагностирования должны составлять средства контроля утечек и уровней давления. Оценку величины утечек теоретически возможно осуществить, устанавливая датчики расхода на входе и сопостав-

ляя с расходом на выходе, однако этот путь не дает требуемой точности, поскольку величины утечек сопоставимы с погрешностью измерений. Оценку величины утечек целесообразно осуществлять с помощью специальных индикаторов утечек, представляющих собой миниатюрные цилиндры с реле давления, подключаемые краном к тупиковой полости, в которой контролируются утечки.

Рассмотрим оценку технического состояния гидропривода СДМ на примере бульдозера, включающего насос с фильтром и предохранительным клапаном, распределитель и исполнительный гидроцилиндр (рис. 1). В задачу диагностирования входит оценка величин утечек в сопряжениях подвижных элементов распределителя и гидроцилиндра, а также оценка состояния насоса. Алгоритм диагностирования гидропривода в этом случае предполагает проведение прямых измерений величин утечек через зазоры в подвижных соединениях элементов гидропривода за счет установки в определенных точках гидропривода кранов (K1, ..., K4) и течеуловителей (ТУ1).

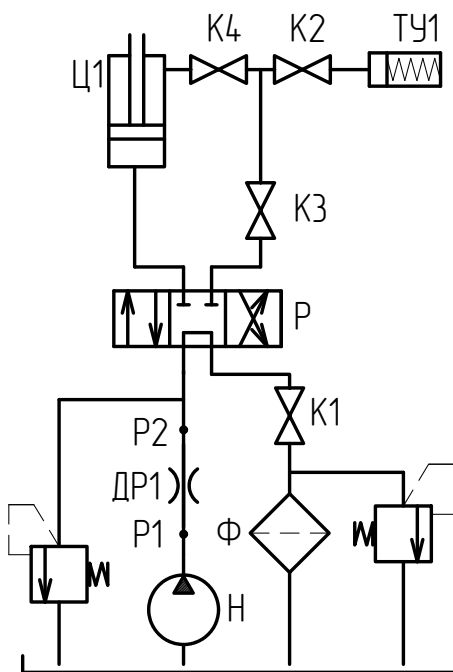


Рис. 1. Схема гидропривода бульдозера

Табл. 1. Матрица диагностирования гидропривода бульдозера

Диагностируемая сборочная единица	Кран				Параметры диагностирования	
	K1	K2	K3	K4		
Насос	+	–	–	–	Коэффициент подачи	
					номинальный 0,95	предельный 0,77
Гидрораспределитель	+	–	–	+	Утечки	
					0–50 см ³ /мин	
Гидроцилиндр	–	-	+	–	Объемный КПД	
					номинальный 1	предельный 0,90
Примечание – Кран закрыт (+); кран открыт (–)						

Процесс диагностирования в этом случае включает операции открытия и закрытия определенных кранов (табл. 1), снятия показания течеуловителя, сравнение полученных результатов с номинальными значениями контролируемых параметров.

На основании анализа отклонений значений контролируемых параметров определяется остаточный ресурс диагностируемых сборочных единиц.

Такой подход позволяет отслеживать техническое состояние гидропривода в процессе эксплуатации. Однако работоспособность гидропривода такой техники значительно зависит от наличия механических включений и воды в рабочей жидкости (РЖ). Степень загрязнения РЖ гидропривода зависит от конструктивных особенностей, условий эксплуатации и уровня поддержания и восстановления его работоспособности.

Исследования показателей надежности машин с гидрофицированной системой управления аналогичной зарубежной и российской техники показали более высокую наработку до предельного состояния сборочных единиц импортной техники. Этому способствует, в первую очередь, более высокая степень очистки рабочей жидкости и герметичности гидравлической системы. С учетом возможности значительного повышения работоспособ-

ности сборочных единиц гидропривода очистка РЖ в процессе его эксплуатации приобретает особую значимость. Причем, важно обеспечить тонкость очистки не более 5–10 мкм.

В практике эксплуатации зарубежной техники применяются фильтры с тонкостью фильтрации до 5 мкм. Так, английская фирма JCB на экскаваторах устанавливает дополнительную систему фильтрации с тонкостью очистки 1,5 мкм со сроком замены РЖ гидропривода до 5000 моточасов. Все машины массой от 7 до 46 т оснащаются контролируемой системой, которая обеспечивает простоту управления и работу сборочных единиц и систем в оптимальных режимах. Тонкость очистки РЖ экскаваторов, производимых в России, составляет не менее 10–25 мкм.

Высокий уровень очистки РЖ позволяет повысить рабочее давление в гидравлических системах, что обеспечивает требуемое усилие на рабочем органе при меньших размерах сборочных единиц гидропривода.

Для обеспечения заданной тонкости очистки фильтры становятся все больше сложными. Так, фильтры зарубежных фирм имеют фильтроэлементы с пятислойным фильтрующим материалом: наружные слои из проволочной

сетки, промежуточные слои из синтетического материала и центральный слой из микростекловолокна. Эффективное использование фильтров зависит от исключения попадания в гидравлическую систему механических включений при дозаправке и заправке гидробака. Эти операции целесообразно производить через специальные устройства с фильтрацией рабочей жидкости, тонкость которой должна быть не более, чем фильтра в системе гидропривода машины. Замена гидравлической жидкости в гидросистеме машины является достаточно сложным и трудоемким процессом. Обычная замена рабочей жидкости в баке не принесет ожидаемого эффекта, т. к. в гидросистеме (трубопроводы, распределитель, гидроцилиндры, гидромоторы и т. д.) остается отработавшая рабочая жидкость, объем которой составляет от 15 до 50 % от вместимости бака, что значительно снижает ее качество. Поэтому, замена рабочей жидкости должна производиться всей системы с последующей ее очисткой.

Для увеличения работоспособности основного фильтра систему фильтрации рабочей жидкости гидропривода машины отдельные зарубежные фирмы оснащают дополнительными магнитными устройствами для улавливания продуктов износа.

Использование фильтровально-заправочного аппарата для периодической очистки рабочей жидкости от механических примесей (при ТО-2 и сезонном техническом обслуживании) позволяет повысить ресурс гидроаппаратов в 2–4 раза, уменьшить отказы гидросистем на 25–40 %, увеличить срок службы гидравлических масел в 1,5–2 раза.

Работоспособность гидропривода в значительной степени зависит также от содержания в РЖ воды. Ее наличие вызывает коррозию и износ деталей, снижает качество и периодичность замены РЖ. Особенно вредное воздействие воды на гидропривод оказывается при отрицательных температурах: происходит прихватывание золотников и клапанов распределителя, появляются ледяные пробки, разрушаются сопря-

жения и появляется конденсат на стенках бака. Для снижения вредного воздействия отрицательных температур в последнее время широкое распространение находят закрытые системы с избыточным давлением 0,2 МПа. При этом воздушную полость бака отделяют мембраной, что значительно замедляет окисление РЖ и растворение воздуха в ней.

Условия эксплуатации гидропривода строительных и дорожных машин отличаются повышенной запыленностью воздуха и широким диапазоном изменения температур. В этих условиях важно обеспечить герметичность гидравлической системы при работе и обслуживании машины, использование РЖ в соответствии с температурой окружающей среды и своевременное удаление механических включений и воды, накапливающихся в ней в процессе работы.

При разгерметизации гидросистемы из окружающей среды попадают механические включения и вода, повышающие интенсивность изнашивания контактирующих поверхностей, что вызывает дополнительное загрязнение РЖ.

В процессе организации технической эксплуатации для поддержания работоспособности гидросистем важно обеспечить ее герметичность при удалении примесей и предварительной очистке РЖ при дозаправке и замене, а также ее очистку при плановых технических обслуживаниях.

В настоящее время широко применяется центробежный метод очистки РЖ или через специальные фильтроэлементы. Однако при использовании этих методов предусматривается разгерметизация гидросистем при замене фильтроэлементов или удалении примесей в РЖ. Эти недостатки можно исключить при использовании гидроциклона. Причем его можно включать в магистраль гидропривода перед используемым фильтром, разгружая его и продлевая ресурс в сливной магистрали или используя специальные установки для периодической очистки РЖ.

В настоящее время имеется достаточно экспериментального материала по гидродинамике криволинейных потоков гидроциклонных аппаратов, однако их рекомендации по выбору оптимальных параметров конструкции имеют ограниченную область применения. Что касается гидрофицированных СДМ, то присутствуют только сведения о значительном применении гидроциклонных аппаратов при очистке воздуха.

Ускорения механических частиц в условиях центробежных полей криволинейных потоков при соответствующих конструкциях гидроциклона можно значительно увеличить (ускорения в данном случае могут в сотни раз превосходить силы тяжести), что позволит интенсифицировать процесс выделения частиц из жидкости.

Процесс выделения твердых частиц из жидкости носит сложный характер, и нет единого подхода у исследователей к математическому описанию происходящих процессов. Однако есть рекомендации по конструкции гидроциклона для выделения механических включений из жидкости.

Для качественной оценки очистки рабочей жидкости от механических включений и воды по имеющимся конструктивным рекомендациям проведены экспериментальные исследования на изготовленном гидроциклоне, схема установки которого представлена на рис. 2. На этой установке с помощью двух регулируемых дросселей можно моделировать требуемый расход, а также изменять давление до и после гидроциклона.

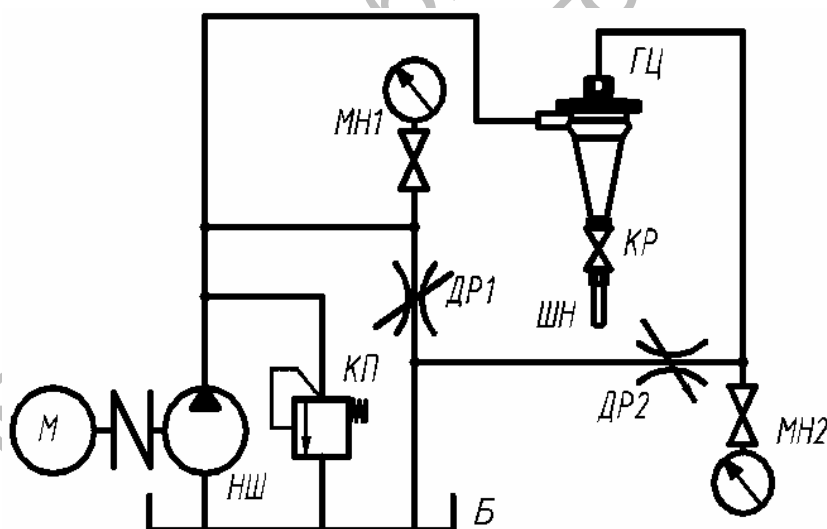


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема установки: Б – бак гидравлический; ГЦ – гидроциклон; ДР1, ДР2 – дроссель-расходомер; КП – клапан предохранительный; КР – кран шаровой; НШ – насос шестеренный; М – электродвигатель; МН1, МН2 – манометры; ШН – шламовая насадка

На такой установке моделировался вариант размещения гидроциклона в сливной магистрали непосредственно перед фильтром. Предварительно перед запуском двигателя М в гидравлический бак с маслом заливалось определенное (заранее отмеренное) количество воды. Шаровый кран

КР перед шламовой насадкой ШН гидроциклона находился в закрытом положении. Оба дросселя ДР1, ДР2 были в открытом положении. После запуска двигателя при помощи дросселя-расходомера ДР1 устанавливалось давление перед гидроциклоном в интервале

0,25–0,5 МПа, а при помощи дросселя-расходомера ДР2 соответственно давление после гидроциклона в интервале 0,20–0,30 МПа, равное давлению фильтров, устанавливаемых на СДМ.

Экспериментальные исследования проводились на двух опытных моделях гидроциклона с установлением объема

выделенной воды и массы механических примесей в зависимости от времени работы. Установлено, что эффективность выделения воды и механических включений из РЖ зависит от конструктивных особенностей гидроциклонов (рис. 3 и 4).

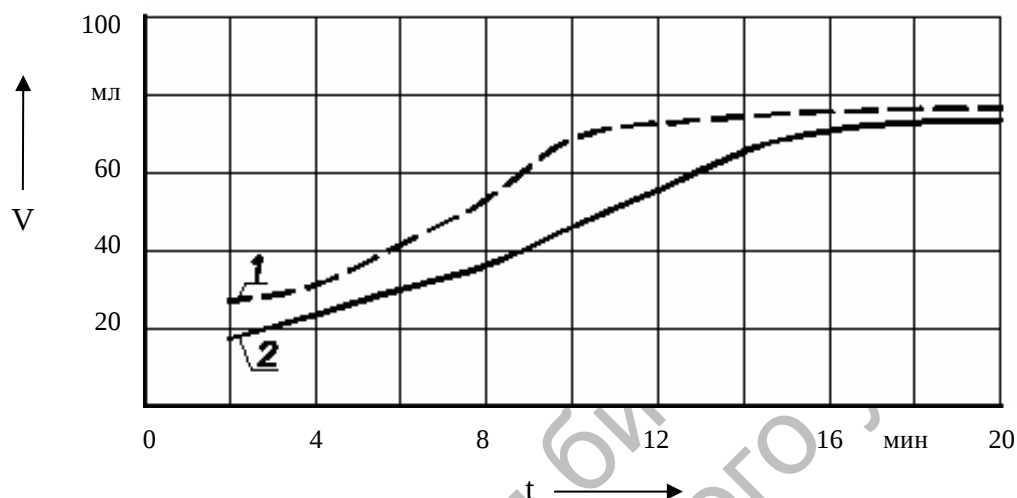


Рис. 3. Зависимость объема воды, оказавшейся в шламовой насадке, от времени эксперимента: 1 – исходная экспериментальная модель; 2 – увеличенная модель

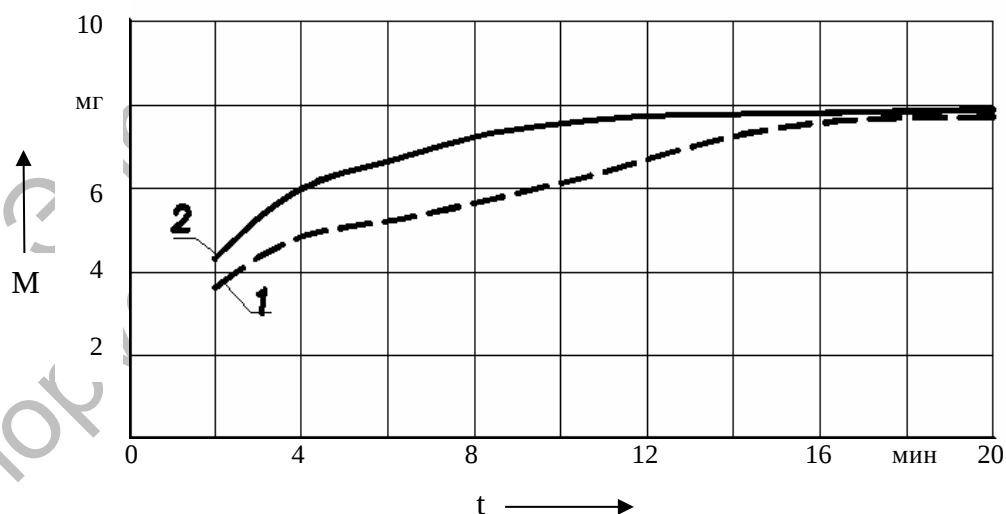


Рис. 4. Зависимость массы механических включений, оказавшейся в шламовой насадке, от времени эксперимента: 1 – исходная экспериментальная модель; 2 – увеличенная модель

Результаты проведенных экспериментов показывают эффективность применения гидроциклонного аппарата для очистки гидравлической жидкости от механических включений и воды в действующем гидроприводе. В настоящее время изготавливаются гидроциклоны с различными конструктивными размерами для выработки рекомендаций по рациональной очистке рабочей жидкости гидроциклоном в зависимости от подачи насосов, вязкости, давления и степени загрязнения РЖ, что позволит упростить процесс очистки РЖ и повысить работоспособность гидравлических систем строительно-дорожных машин.

Проведенные исследования по повышению работоспособности гидропривода СДМ позволяют сделать вывод о возможности применения методов диаг-

ностирования без разгерметизации гидравлических систем уже эксплуатирующейся техники и целесообразности продолжения исследований для внедрения гидроциклонов в процесс очистки РЖ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А. Н. Максименко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с. : ил.
2. Влияние качества рабочей жидкости на работоспособность гидропривода / А. Н. Максименко [и др.] // Грузовик &. – 2007. – № 7. – С. 26–28.
3. **Максименко, А. Н.** Повышение работоспособности гидропривода очисткой рабочей жидкости / А. Н. Максименко, Г. Л. Антипенко, Д. В. Бездников // Вестн. МГТУ. – 2003. – № 2. – С. 100–101.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 04.10.2007

**A. N. Maksimenko, G. L. Antipenko,
D. Y. Bezdnikov, V. V. Kutuzov**
**Raise of working capacity of building-road
machines hydraulic drive**
Belarusian-Russian University

The general approaches to an estimation of technical condition of hydrosystems of building-road machines while being in service have been considered. Researches on efficiency of clearing of hydraulic fluid by a hydrocyclone depending on design data have been carried out.