

УДК 625.768.5.08

ОБЗОР МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОПРИВОДА

Крук А.Р., Егоров А.Л., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М.

*ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень,
e-mail: tts@tsoгу.ru*

Эффективность технического обслуживания транспортно-технологических машин (ТТМ) в значительной мере зависит от качественного выполнения технического диагностирования машины и её гидропривода, являющегося неотъемлемой частью большинства ТТМ. В последние годы в большинстве отраслей народного хозяйства происходит переход на обслуживание транспортно-технологических машин по фактическому техническому состоянию, позволяющее исключить ненужные ремонтные операции. Такой переход требует разработки и внедрения новых методов диагностирования гидроприводов ТТМ. Диагностика гидропривода часто требует проведения сборочно-разборочных работ, что сопряжено со значительными затратами времени. Сокращение времени на диагностику является одной из важных задач технического обслуживания ТТМ. Решение этой задачи возможно различными путями, одним из которых является применение методов неразрушающего контроля гидропривода ТТМ. В работе описан метод неразрушающего контроля состояния элементов гидропривода на примере рукавов высокого давления, путем наблюдения за их тепловым полем. В результате таких наблюдений становится возможным определить внутренние дефекты и неисправности оболочки рукава высокого давления. Результаты исследования можно использовать на предприятиях, эксплуатирующих специальную гидравлическую технику во время проведения ремонтных работ, а также при проведении технического обслуживания.

Ключевые слова: транспортно-технологическая техника, объемный гидропривод, рукава высокого давления, теплоперенос

METHOD OF NONDESTRUCTIVE CONTROL OF THE CONDITION ELEMENTS OF THE HYDRAULIC ACTUATOR

Kruk A.R., Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: tts@tsoгу.ru

The effectiveness of maintenance of transport – technological machines (TTM) is largely dependent on the quality performance of technical diagnostics of the machine and its hydraulic drive , which is an integral part of most of the TTM. In recent years, in most sectors of the economy there is a transition in the service of transport – technological machines for the actual technical condition, eliminates unnecessary repair operations. This transition requires the development and introduction of new methods of diagnosing hydraulic drives TTM. Diagnosis often requires a hydraulic drive assembly and disassembly work, which involves a considerable expenditure of time . In work the method of nondestructive control of a condition of elements of a hydraulic actuator on the example of sleeves of a high pressure. As a result of such supervision becomes possible to define the internal defects and failures of a mantle of a sleeve of a high pressure which are reflected Results of research it is possible to use at the enterprises of the repair work operating special hydraulic equipment during, and also when carrying out maintenance operation.

Keywords: transport and technological equipment, volume hydraulic actuator, sleeves of a high pressure, heat transfer

Эксплуатация транспортно-технологических машин, оснащенных объемным гидроприводом в период низких температур (минус 10 °С и ниже), неразрывно связана с периодически возникающими неисправностями и дефектами гидрооборудования.

Это связано с негативным влиянием низких температур на физико-механические свойства рабочей жидкости, материалов объемного гидропривода. Подробнее о проблемах эксплуатации гидрофицированной техники при низких температурах. Для актуализации сведений и дальнейшего проведения исследования был проведен анализ неисправностей и сбор статистических данных отказов элементов гидрооборудования парка транспортно-технологических машин. Особенности эксплуатации машин в условиях низких температур в основном проявляются в следующем [1]:

- затрудняется пуск двигателей силовых установок машин;
- усложняется техническое обслуживание и ремонт машин по причинам уменьшения светлого времени суток, а также увеличения трудоемкости выполнения работ;
- ухудшаются условия смазки трущихся деталей узлов и агрегатов машин;
- может существенно уменьшаться эффективная мощность двигателя, следовательно, производительность машин, повышается расход топлива и моторных масел;
- затрудняется использование рабочего оборудования машины, начало ее движения с места межсменного хранения из-за застывания смазки в агрегатах трансмиссии и узлах ходовой части, примерзания узлов ходовой части к грунту, ухудшения тягово-сцепных свойств гусеничного (колесного) движителя машины;

– значительно возрастают усилия на органах управления рабочим оборудованием и агрегатами, усложняются перебазируются машин из-за сопротивления движению и буксования при движении по сильно переменной местности;

– изменяются физико-химические свойства топлива, масел, смазок и рабочих жидкостей, а также деталей машин, изготовленных из резины, пластмасс, хрупких сплавов.

Условия эксплуатации характерны не только для низких отрицательных температур окружающего воздуха, но также бездорожья с резким увеличением механических воздействий (удары и вибрации) на аккумуляторные батареи, электрические стартеры, генераторные установки, приборы и устройства.

Анализ проводился путем сбора данных о замене или ремонте узлов и механизмов гидрофицированных транспортно-технологических машин за период 09.2013–09.2014 г. Парк предприятий, на базе которых проводился анализ, осуществляет прокладку магистральных нефте- и газопроводов, обслуживание углеводородных месторождений, разработку песчаных карьеров, в их числе парк транспортно-технологических машин предприятий ОАО «СпецНефтеТранс», НК «Мангазeya», ООО «Тюменьнефуд». В сумме парк исследованной техники составил 265 единиц (таблица).

Проанализировав результаты, можно сделать вывод, что наиболее уязвимым элементом объемного гидропривода современной транспортно-технологической машины является рукав высокого давления. Рукав высокого давления (РВД) – гибкий трубопровод, предназначенный для передачи гидравлического усилия и рабочей жидкости объемного гидропривода между его агрегатами. РВД представляет собой трубопровод, стенка которого является многослойной, состоящей из резиновых и армирующих слоев. Количество армирующих слоев зависит от требуемых характеристик изделия, может варьироваться от 1 до 7. Однако наибольшее распространение в объемном гидроприводе транспортно-технологической машины получили РВД с количеством армирующих слоев от 2 до 4. Это обусловлено, с одной стороны, – высокими требованиями к физической и гидравлической прочностям, а с другой – необходимостью эластичности и гибкости в связи с высокой подвижностью рабочего оборудования [2–4].

Чаще всего неисправность РВД связана с потерей герметичности стенки или соединения с арматурой (фитингом). Причиной возникновения неисправностей является комплексное воздействие следующих фак-

торов: постепенное разрушение нитей армирующих слоев, различие коэффициентов термического расширения-сжатия армирующих и резиновых слоев.

В качестве материала армирующего слоя чаще всего используется углеродистая сталь. Проволока диаметром 0,3 мм по 8 или 16 штук увязана в шпули, шпули, в свою очередь, определенным образом навиты или переплетены вокруг резиновых слоев. Давление в РВД некоторых машин может достигать 32 МПа, а в периоды запуска или перегрузок гидропривода давление может кратковременно повышаться до двух раз. Таким образом, стальная проволока находится в постоянном напряжении. К тому же во время движения рабочего оборудования машины происходят циклические изгибы РВД. Описанные процессы приводят к постепенному разрушению проволок армирующих слоев, накопление разрушенных проволок может привести к локальному ослаблению и нарушению герметичности РВД. Перепады температур также влияют на прочностные характеристики РВД; стальная проволока, из которой выполнены армирующие слои и резиновые слои, имеет различные коэффициенты температурного расширения/сжатия (87 мкм/м^{°C} и 300 мкм/м^{°C} соответственно). Вследствие этого резиновые слои находятся в напряженном состоянии на металлической основе. Наибольшая концентрация напряжений происходит в месте соединения РВД с соединительной арматурой, кроме того, при монтаже внутренней соединительной арматуры происходит процесс деформации как резиновых слоев, так и металлических оплеток, кроме этого, происходит уменьшение внутреннего диаметра, что обуславливает локальное увеличение давления на стенки трубопровода. По этому ряду причин именно в местах соединения РВД с соединительной арматурой чаще всего происходят повреждения [5].

Учитывая конструкцию РВД и влияние внешних факторов на их физико-механические свойства, становится очевидно, что необходимо уделить внимание определению их текущего технического состояния. На сегодняшний день техническое состояние РВД на предприятиях определяют визуально – по наличию трещин на внешней оплетке.

Однако учеными предложено множество способов и средств для контроля технического состояния РВД и прогнозирования их дальнейшего срока службы. Наибольший интерес вызывают способы, позволяющие провести контроль состояния РВД без разгерметизации системы, в короткие сроки.

Количество отказов гидрооборудования транспортно-технологических машин

Элементы гидропривода	Частота встречаемого отказа и неисправности за один сезон			
	летний период		зимний период	
	Количество отказов	Частота отказов	Количество отказов	Частота отказов
Насосные станции	44	17%	97	21%
Дроссели и фильтрующие элементы	56	26%	97	21%
Рукава высокого давления	82	35%	183	38%
Золотниковые и распределительные устройства	28	13%	69	14%
Гидроцилиндры	20	9%	31	6%
Итого	230	100%	477	100%

Например, известен патент № RU 2173413 – способ диагностики, заключающийся в создании в испытуемом трубопроводе возмущающего воздействия, в измерении величины параметра выходного сигнала и определении технического состояния испытуемого трубопровода по отклонению ее от эталонного значения [6–8].

Недостатком данного изобретения является необходимость в специализированном оборудовании, а также необходимость иметь заранее исправные образцы аналогичных размеров и характеристик.

Предлагается способ неразрушающего контроля технического состояния элементов гидрооборудования, учитывающий указанные недостатки и основанный на наблюдении за нестационарным температурным полем элемента.

Конструкция большинства транспортно-технологических машин, оснащенных гидроприводом, такова, что при запуске двигателя машины запускается главный гидравлический насос. Работая на холостом ходу, насос качает рабочую жидкость по малому контуру, прогревая рабочую жидкость. Такой способ называется дросселированием. Во время работы транспортно-технологической машины температура рабочей жидкости может достигать 100 °С и выше, в процессе дросселирования температура рабочей жидкости достигает 20–40 °С в зависимости от температуры окружающей среды.

При начале движения рабочего оборудования нагретая рабочая жидкость поступает к агрегатам по РВД. При этом происходит интенсивный теплообмен между рабочей жидкостью и элементами, следовательно, изменяется тепловое поле элементов гидропривода.

Известно изобретение № RU 2464455 – сущность изобретения заключается в том, что техническое состояние гидропривода определяется по параметрам колебаний жидкости, возникающих при гидроударных воздействиях. Такой способ диагностирования гидро-

привода позволяет определять техническое состояние и остаточный ресурс рукавов высокого давления, не снимая их с машины [9–10].

К недостаткам данного изобретения относятся необходимость внесения изменений в гидравлическую систему транспортно-технологической машины, а также невозможность применения данного способа диагностирования на некоторых видах техники, где трудно создать необходимое возмущающее воздействие. Указанные недостатки отсутствуют в изобретении № RU 2173413 – способ диагностики, заключающийся в создании в испытуемом трубопроводе возмущающего воздействия, в измерении величины параметра выходного сигнала и определении технического состояния испытуемого трубопровода по отклонению ее от эталонного значения.

Недостатком данного изобретения является необходимость в специализированном оборудовании, а также необходимость иметь заранее исправные образцы аналогичных размеров и характеристик. Также нам известно изобретение на кафедре ТТС Тюм-ГНГУ, которое заключается в определении технического состояния рукавов высокого давления с помощью оптического тепловизора. Данный метод основан на гипотезе, что в местах наличия повреждений тепловое поле будет меняться неравномерно. Невооруженным взглядом такие изменения нельзя зафиксировать, но их можно фиксировать с помощью данного устройства.

Недостатком данного изобретения является отсутствие подходящего программного обеспечения и финансовая составляющая.

Тепловое поле – совокупность значений температуры во всех точках какой-либо пространственной области в данный момент времени. Если температура точек не изменяется во времени, то поле называется стационарным. Если температура точек зависит от времени, то температурное поле называется нестационарным.

Предлагаемый метод неразрушающего контроля технического состояния основан на гипотезе, что в местах наличия повреждений или дефектов элементов гидрооборудования тепловое поле будет неравномерным.

Например, в местах перегибов РВД, точках накопления разрушения проволок армирующих слоев теплообмен происходит менее интенсивно. В местах повреждений резиновых слоев теплообмен происходит более интенсивно.

Предлагаемый метод диагностики рукавов высокого давления прост и доступен для каждого машиниста. Он заключается в том, чтобы покрывать рукава высокого давления спреем на спиртовой основе. В местах, где есть повреждения, спрей будет испаряться быстрее, так как там будет проходить интенсивный теплообмен. А в тех местах, где рукав высокого давления исправный, теплообмен будет проходить медленнее, так как оплетка не повреждена, а это означает, что температура ниже.

Необходимо отметить, что для эффективного проведения неразрушающего контроля путем наблюдения за тепловым полем необходима определенная разница температур между рабочей жидкостью и элементами гидропривода. Определение оптимальной разницы температур является темой для дальнейших исследований. Очевидна и экономическая целесообразность предлагаемого метода для эксплуатируемого парка специальных машин.

Таким образом, применение предложенного метода неразрушающего контроля с помощью наблюдения за нестационарным тепловым полем при диагностике элементов гидрооборудования, позволит:

- снизить затраты времени и труда на определение технического состояния;
- автоматизировать и упростить процесс диагностики гидропривода;
- повысить эффективность проведения диагностики, за счет обнаружения внутренних повреждений;
- обезопасить окружающую среду от попадания в нее рабочей жидкости;
- снизить экономические затраты на эксплуатацию техники.

Список литературы

1. Егоров А.Л. Обоснование рабочих параметров снегоуборочной машины с уплотняющим рабочим органом: дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / ТюмГНГУ. – Тюмень, 2004. – 157 с.
2. Карнаухов Н.Н., Конеv В.В., Разуваев А.А., Юринов Ю.В. Система предпусковой тепловой подготовки ДВС и гидропривода. Патент № 2258153, Рос. Федерация, опубл. 10.08.2005, Бюл. № 22.
3. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Уплотняющая машина с дополнительным рабочим органом // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 236–239.

4. Колунина В.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Приоритеты развития наземных транспортно-технологических комплексов в освоении континентального шельфа // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2015. – С. 147–149.

5. Костырченко В.А., Спиричев М.Ю., Шаруха А.В., Мадьяров Т.М. Строительство временных зимних дорог как элемент приоритетного направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации // Нефть и газ Западной Сибири. Ответственный редактор – О.А. Новоселов. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института. – Тюмень, 2013. – С. 147–151.

6. Мерданов Ш.Х., Конеv В.В., Бородин Д.М., Половников Е.В. Система прогрева элементов гидропривода // Патент России № 2569862.

7. Мерданов Ш.М., Сысоев Ю.Г., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Машина для ремонта временных зимних дорог // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 29, № 2. – С. 101.

8. Мерданов Ш.М., Яркин А.В., Шараев Ф.Д., Шуваев А.Н. Обеспечение работы гидропривода строительной машины в условиях низких температур окружающей среды // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 4. – С. 143–145.

9. Яркин А.В., Сысоев Ю.Г., Крук А.Р., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Повышение работоспособности рукавов высокого давления гидропривода при эксплуатации в суровых климатических условиях // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 30, № 3. – С. 59.

10. Konev V., Merdanov S., Karnaukhov M., Borodin D. Thermal preparation of the trailbuilder fluid drive // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2014. – Т. 190, volume 1. – P. 697–706.

References

1. Egorov A.L. Obosnovanie rabochih parametrov snegouborochnoj mashiny s uplotnjajushhim rabochim organom: dis. kand. tehn. nauk: 05.05.04 / TjumGNGU. Tjumen, 2004. 157 p.
2. Karnauhov N.N., Konev V.V., Razuvaev A.A., Jurinov Ju.V. Sistema predpuskovoј teplovoj podgotovki DVS i gidroprivoda. Patent no. 2258153, Ros. Federacija, opubl. 10.08.2005, Bjul. no. 22.
3. Karnauhov N.N., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Uplotnjajushhaja mashina s dopolnitelnym rabochim organom // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 236–239.
4. Kolunina V.A., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Prioritety razvitiya nazemnyh transportno-tehnologicheskikh kompleksov v osvoenii kontinentalnogo shelfa // Nazemnye transportno-tehnologicheskie komplekсы i sredstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii Tjumen, 2015. pp. 147–149.
5. Kostyrchenko V.A., Spirichev M.Ju., Sharuha A.V., Madjarov T.M. Stroitelstvo vremennyh zimnih dorog kak jelement prioritetnogo napravlenija razvitiya nauki, tehnologii i tehniki v Rossijskoј Federacii // Neft i gaz Zapadnoj Sibiri Otvetstvennyj redaktor O.A. Novoselov. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Tjumenskogo industrialnogo instituta Tjumen, 2013. pp. 147–151.
6. Merdanov Sh.H., Konev V.V., Borodin D.M., Polovnikov E.V. Sistema progreva jelementov gidroprivoda // Patent Rossii no. 2569862.
7. Merdanov Sh.M., Sysoev Ju.G., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Mashina dlja remonta vremennyh zimnih dorog // Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. T. 29, no. 2. pp. 101.
8. Merdanov Sh.M., Jarkin A.V., Sharaev F.D., Shuvaev A.N. Obespechenie raboty gidroprivoda stroitelnoj mashiny v uslovijah nizkih temperatur okruzhajushhej sredy // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzhja. 2012. no. 4. pp. 143–145.
9. Jarkin A.V., Sysoev Ju.G., Kruk A.R., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Povyshenie rabotosposobnosti rukavov vysokogo davlenija gidroprivoda pri jekspluatácii v surovyh klimaticeskikh uslovijah // Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. T. 30, no. 3. pp. 59.
10. Konev V., Merdanov S., Karnaukhov M., Borodin D. Thermal preparation of the trailbuilder fluid drive // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190, volume 1. pp. 697–706.