



Повышение работоспособности рукавов высокого давления гидропривода при эксплуатации в суровых климатических условиях

А.В. Яркин, Ю.Г. Сысоев, А.Р. Крук, В.А. Костырченко, Т.М. Мадьяров

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень

Аннотация: Рассматриваются способы обеспечения безотказной работы гидропривода, предложена конструкция рукава высокого давления (далее РВД), содержащая углеволоконную нить в качестве армирующего элемента.

Ключевые слова: Гидропривод, углеволокно, давление, отрицательные температуры, рукав высокого давления, рабочая жидкость, отказ, надежность.

Эксплуатация гидрофицированной техники, например, экскаватора, в различных климатических условиях связана со множеством факторов, отрицательно влияющих на работу объемного гидропривода.

Преыдущими исследованиями установлено, что из всех факторов, наибольшее влияние на технико-экономические показатели гидрофицированной техники оказывает температура окружающего воздуха [1].

Как показали исследования, существуют три основных направления, по которым температура окружающего воздуха воздействует на гидравлический привод. Под действием температуры (в диапазоне от -50 до $+80^{\circ}\text{C}$) значительно изменяется состояние рабочей жидкости: многократно увеличивается вязкость, плотность, загрязненность, содержание влаги. При повышении содержания газо-воздушной фазы, уменьшаются модуль объемной упругости и скорость распространения импульса, увеличивается динамическая податливость и коэффициент объемного расширения.

При изменении температуры окружающего воздуха происходит изменение величины зазоров в подвижных соединениях и натягов в неподвижных. За счет деформации и изменения размеров деталей происходит повышение сил трения или защемления подвижных элементов в

направляющей и регулирующей гидроаппаратуре, подсос воздуха во всасывающей гидрролинии и насыщение рабочей жидкости воздухом. Все эти факторы ухудшают динамику гидропривода и металлоконструкций, происходит отказ гидроаппаратуры, разрушение гидрооборудования.

При изменении температуры происходит отрицательное влияние на физико-механические свойства материалов гидрооборудования, особенно полимеров. Изменяется характер контакта поверхностей трения, повышаются сила трения и износ деталей гидрооборудования.

Действие этих факторов при отрицательной температуре окружающей среды проявляется одновременно, усугубляя и затрудняя весь процесс эксплуатации гидропривода машины.

В режиме запуска и в первые минуты работы гидропривода нагрузки на все его элементы превышают нормативные показатели и происходит наибольший износ гидрооборудования.

Исходя из того, что для большинства регионов России количество месяцев с отрицательной температурой воздуха составляет от 3 до 9, решение проблем, связанных с запуском объемного гидропривода строительных машин является актуальной задачей.

В работе Каверзина С.В. рассмотрены следующие методы повышения работоспособности гидропривода при низких температурах [2].

Использование хладостойких сталей для изготовления штоков, проушин гидроцилиндров, валов насосов и гидромоторов, приводит к увеличению срока службы и уменьшению отказов.

Повышение уровня технического обслуживания, является важным фактором повышения работоспособности при эксплуатации машин в суровых климатических условиях.

Разработка современных гидравлических систем. Принцип метода заключается в использовании гидрозамков, дросселей с обратными

клапанами, предназначенных для исключения быстрого самопроизвольного опускания рабочего оборудования, применение вторичных предохранительных клапанов, а также клапанов с различными логическими функциями, кроме того можно применять регулируемые аксиально-поршневые насосы с так называемым ноль-установителем, который при пуске насоса автоматически уменьшает угол наклона блока цилиндров и тем самым обеспечивает минимальную подачу жидкости, что позволяет уменьшить пиковое давление в период пуска и как следствие, крутящий момент на валу и исключает задиры, заклинивание в поршневой группе насоса.

Применение маловязких рабочих жидкостей. Применение масел ВМГЗ и МГ которые обладают отличными эксплуатационными свойствами, которые обеспечивают защиту металлических поверхностей от трения, задигов и износа, удовлетворительно предотвращают коррозию, слабо образуют смолистые осадки, имеют хорошие антипенные свойства.

Оптимизация теплового режима гидропривода позволяет решить проблемы работоспособности гидропривода в комплексе, т.к. он дает возможность уменьшить потери давления жидкости в гидросистеме и потери на трение в гидрооборудовании, увеличить долговечность гидрооборудования, повысить объёмный КПД и производительность машин, а главное, позволяет использовать в гидроприводе одно масло в течение всего года. Все это достигается с помощью искусственного поддержания температуры (вязкости) минерального масла в оптимальном диапазоне.

Рассмотренные методы повышения работоспособности гидропривода не исключают полностью друг друга, а ограниченно сочетаются между собой. Поэтому для повышения эффективности эксплуатации гидрофицированной техники необходимо учитывать возможность сочетания всех методов.

Для оценки влияния низкой температуры на работоспособность гидравлического привода, был проведен анализ отказов гидрооборудования, возникающих у техники в зимний и летний периоды. Анализ проводился на базе предприятия обслуживающего месторождения. Результаты анализа сведены в Таблицу 1.

Таблица 1

Отказы элементов гидропривода

Элементы гидропривода	Частота встречаемого отказа и неисправности за один сезон	
	летний период	зимний период
Рукава высокого давления	8	18
Дроссели и фильтры	6	10
Золотники и распределительные устройства	3	7
Элементы автоматики	2	4
Силовые элементы	2	3

Проведенный анализ показал, что наиболее часто встречаемым видом отказа является выход из строя рукава высокого давления (РВД). Низкая температура оказывает негативное влияние на физико-механические свойства полимеров входящих в состав РВД, армирующие металлические элементы РВД имеют различные коэффициенты термического расширения с полимерами. Также в момент запуска и первые минуты работы гидропривода давления в контурах не редко превышают допустимые показатели. Совокупность этих факторов объясняет полученные результаты анализа отказов [3 - 5].

Таким образом, сокращение количества отказов по причине выхода из строя РВД повысит эффективность эксплуатации гидрофицированной техники.

Для оценки эксплуатационных характеристик РВД при низких температурах необходимо обосновать оценочные параметры. Такими являются гидравлическая прочность и изгибоспособность РВД [6 - 8].

Гидравлическая прочность – это способность гидравлической системы выдерживать давление жидкости, или, проще говоря, максимально допустимое давление, превышение которого приведет к разрушению.

В простейшем варианте, при котором РВД имеет один слой армирования, расчет гидравлической прочности:

$$p_1 = 0.735 \cdot k_B \cdot N \cdot n \cdot \frac{1}{d_1^2}, \quad (1)$$

где k_B – сопротивление оплетки разрыву, Н/мм²;

N – количество потоков проволоки, выкладываемой шпулей оплеточной машины;

n – число проволок на шпуле.

Существует методика для определения относительного снижения прочности РВД при изгибе, обозначим эту величину как φ . Относительное снижение прочности при изгибе φ [9 - 10]:

$$\varphi = \frac{p_{из}}{p_{пр}}, \quad (2)$$

где $p_{из}$ и $p_{пр}$ — гидравлическая прочность изогнутого и прямого рукава.

Как отмечалось ранее, методы повышения работоспособности гидропривода могут сочетаться, или иметь двойное назначение.

Авторами была предложена конструкция РВД, содержащая

углеволоконную нить в качестве армирующего элемента. Применение углеволоконной нити положительно скажется на гидравлической прочности и изгибоспособности. Также физико-механические свойства углеволокна позволяют производить подогрев РВД и жидкости, находящейся в нем, за счет подведения электрического тока, при этом достаточно обеспечить два электрических контакта на концах углеволоконной нити.

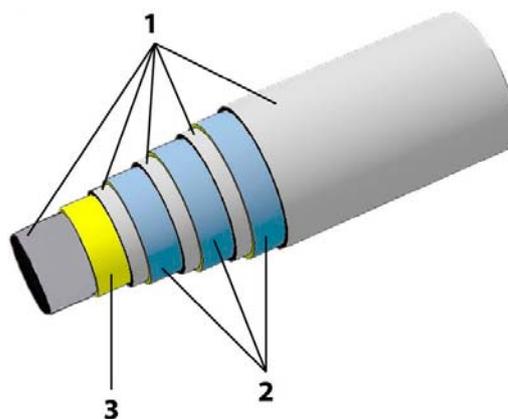


Рис. 1. – Рукав высокого давления

1 – резина; 2 – металлическая оплетка; 3 –углеволоконная нить

Таким образом авторы полагают, что применение углеволоконной нити в качестве оплеточного материала сократит количество отказов РВД, а также позволит сократить время прогрева гидропривода в зимний период.

Для проверки выдвинутой гипотезы необходимо провести расчеты гидравлической прочности и изгибоспособности РВД с углеволокном в качестве оплетки.

Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Показатели РВД			
№	РВД	Гидравлическая прочность (МПа)	Относительное снижение прочности при изгибе
1	С металлической оплеткой	3,35	0,91
2	С оплеткой из углеволокна	16,71	0,967



Проведенные расчеты показали, что гидравлическая прочность увеличивается в 5 раз, а также снижается влияние изгиба на нее.

Авторы исследования полагают, что данное направление повышения эффективности эксплуатации гидрофицированной техники является перспективным и требует продолжения теоретических и экспериментальных работ.

Литература

1. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Шефер В.В., Ивванов А.А. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Тюмень: ТюмГНГУ. 2012. 456 с.
2. Каверзин С.В., Лебедев В.П., Сорокин Е.А. Обеспечение работоспособности гидравлического привода при низких температурах. Красноярск: 1998. 240 с.
3. Н.Н.Карнаухов, А.В.Яркин, А.Р.Крук Особенности эксплуатации гидравлических экскаваторов в холодных климатических условиях. - Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. Строительные и дорожные машины 2013. №9. С. 37-44.
4. Мартин Дж.М., Смит У.К. Производство и применение резинотехнических изделий : пер.с англ. СПб.: Профессия. 2006. 477 с.
5. Каданцева А.И., Тверской В.А. Углеродные волокна. Учебное пособие. М. МИТХТ им.М.В. Ломоносова. 2008. 55 с.
6. Пирогов С.П., Мерданов Ш.М., Мадьяров Т.М., Костырченко В.А. Машины для растепления снежной массы // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2418.
7. Мерданов Ш.М., Сысоев Ю.Г., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Машина для ремонта временных зимних дорог // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2412.



8. Мерданов Ш.М., Конев В.В., С.П. Пирогов, Бородин Д.М., Созонов С.В. Применение аналогово-цифрового преобразователя при оценке теплового состояния элементов гидропривода // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2420.

9. Falkovich G. Fluid Mechanics, a short course for physicists. Cambridge University Press, 2011. pp. 140 – 145.

10. Masuch J. "Genanigkeit von Energieverbrauchsberechnung für raumlufttechnische Anlagen bei reduzierter Wetterdatenmenge", HLH 33(1982) №11, Nov. pp. 120 - 125.

References

1. Karnauhov N.N., Merdanov Sh.M., Shefer V.V., Ivavnov A.A. Jekspluatacija podjemno-transportnyh, stroitel'nyh i dorozhnyh mashin [Operation of material handling, construction and road machinery]. Tjumen': TjumGNGU. 2012. 456 p.

2. Kaverzin S.V., Lebedev V.P., Sorokin E.A. Obespechenie rabotosposobnosti gidravlicheskogo privoda pri nizkih temperaturah [Preserving the hydraulic actuator at low temperatures]. Krasnojarsk: 1998. 240 p.

3. N.N. Karnauhov, A.V. Jarkin, A.R. Kruk. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny 2013. №9. pp. 37-44.

4. Martin Dzh.M., Smit U.K. Proizvodstvo i primenenie rezinotekhnicheskikh izdelij [Production and use of rubber products]: per.s angl. SPb: Professija. 2006. 477 p.

5. Kadanceva A.I., Tverskoj V.A. Uglerodnye volokna. Uchebnoe posobie [Carbon fiber. Tutorial]. – M. MITHT im.M.V. Lomonosova. 2008. 55 p.

6. Pirogov S.P., Merdanov Sh.M., Mad'jarov T.M., Kostyrchenko V.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2418.



7. Merdanov Sh.M., Sysoev Ju.G., Kostyrchenko V.A., Mad'jarov T.M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2412.
8. Merdanov Sh.M., Konev V.V., S.P. Pirogov, Borodin D.M., Sozonov S.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №2. URL: [.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2420](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2420).
9. Falkovich G. Fluid Mechanics, a short course for physicists. Cambridge University Press, 2011. pp. 140 – 145.
10. Masuch J. "Genanigkeit von Energieverbrauchsberchnung fur raumluftechnische Anlagen bei reduzierter Wetterdatenmenge", HLH 33(1982) №11, Nov. pp. 120 - 125.