

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РУКАВОВ С ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНОЙ АРМАТУРОЙ

Пайметькин А.С., магистрант, тел. 89370371120,
paumetkin2015@mail.ru

Салахутдинов И.Р., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-13, ilmas.73@mail.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: рукав, присоединительная арматура, электродвигатель, муфта, гидронасос, гидровентиль, гидробак, магистраль

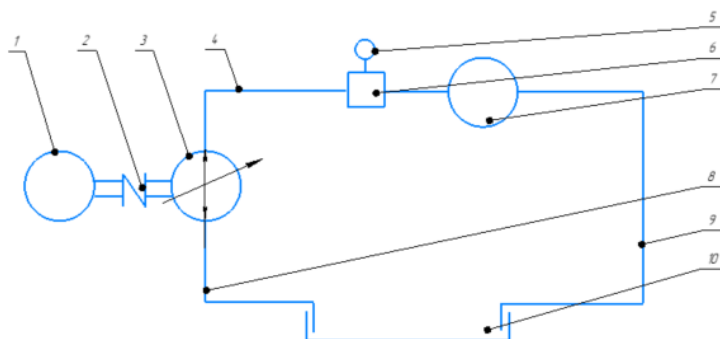
Работа посвящена разработке устройства для контроля состояния рукавов (в т.ч. высокого давления — РВД) с присоединительной арматурой — это создание диагностического оборудования, предназначенного для обеспечения безопасности, надежности и предотвращения аварийных ситуаций при эксплуатации гибких трубопроводов. Такие устройства решают задачи раннего обнаружения износа, оценки качества обжима фитингов и проверки герметичности всей сборки.

Важным звеном в резинотехнических изделиях (РТИ) являются рукава, обеспечивающие передачу жидкости под давлением в гидравлических системах. Рукава устанавливаемые на транспортно-технологические машины (ТТМ), представляют собой рукава с присоединительной арматурой (в дальнейшем рукава), в качестве которых применяются ниппели. Герметичность рукавов определяется прочностью внутреннего слоя [1].

В процессе старения резины изменяются ее показатели: модуль эластичности при растяжении, плотность, прочность при разрыве, относительное удлинение при разрыве. Параметром, определяющим герметичность рукавов, является величина давления разгерметизации в том месте, где происходит соединение внутреннего слоя рукава с наружной поверхностью хвостовика ниппеля [2].

Таким образом, анализ РТИ показал, что наиболее важными и распространенными показателями изделий ТТМ, являются величина утечки жидкости и величина давления разгерметизации. В настоящее время оценка состояния РТИ производится по результатам внешнего осмотра, который позволяет выявить только наличие видимых повреждений: трещин, разрывов, расслоений материала. Изменение материала и его влияние на работоспособность изделия внешним осмотром определить нельзя.

Для контроля технического состояния гидравлических рукавов [3] предлагается устройство представленное, на рисунке 1.

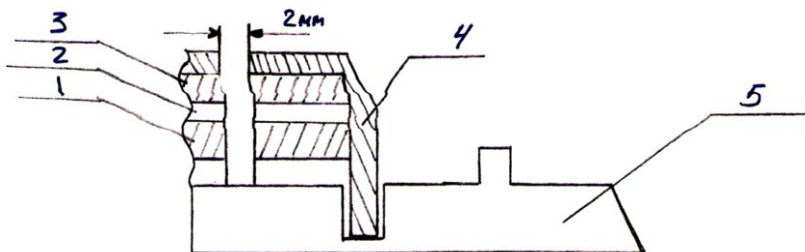


1 - электродвигатель; 2 - предохранительная муфта; 3 - гидронасос; 4 - испытуемый рукав; 5 - манометр; 6 - тройник; 7 - гидровентиль; 8 - всасывающая линия; 9 - рукав сливной магистрали; 10 - гидробак

Рисунок 1 - Гидравлическая система устройства контроля состояния рукавов

Устройство работает следующим образом. Электродвигатель 1 передаёт крутящий момент через предохранительную муфту 2 на вал гидронасоса 3, который в свою очередь всасывает рукавом 4 рабочую жидкость из гидробака 5, и подаёт её под минимальным давлением при открытом гидровентиле 9 в испытуемый рукав 6. При уменьшении гидровентилем проходного сечения сливной магистрали 10, создаётся давление рабочей жидкости в испытуемом рукаве, значение которого фиксируется по манометру 8. Давление разгерметизации РВД определяется по появлению рабочей жидкости в предварительно

просверленных отверстиях в ниппеле испытуемого РТИ. Отверстия просверливаются в параллельных областях диаметром 2мм (рис. 2.).



1 – внутренний резиновый слой; 2 - усиливающий металлический корпус; 3 - наружный усиливающий слой; 4 – муфты; 5 – наконечник

Рисунок 2 - Контрольное отверстие

При появлении рабочей жидкости в просверленных отверстиях испытуемого рукава 4 фиксируется давление разгерметизации манометром 5, после чего следует открывать гидровентиль 7 до упора и выключить электродвигатель 1.

Устройство для контроля состояния рукавов должно отвечать следующим требованиям:

1. мощность электродвигателя должна обеспечить работу гидронасоса в требуемом режиме;
2. предохранительная муфта должна предохранить электродвигатель от перегрузки;
3. устройство должно обеспечить контроль состояния рукавов различных типоразмеров, применяемых на ТТМ.

По тактико-техническим характеристикам ТТМ, давление рабочей жидкости в гидросистемах находится в пределах от 7 до 17,5 мПа. Известна методика, которая предусматривает испытание рукавов на герметичность при температуре 18-25°С в течении 5 минут при критическом давлении рабочей жидкости в 1,25 раза превышающее рабочее давление.

Предлагаемое устройство позволяет смоделировать натуральные условия эксплуатации гидравлических рукавов.

Поскольку давление рабочей жидкости в гидросистемах образцов техники составляет 7/15,5 мПа, то значение критического

давления будет находиться в интервале 8,8/20 мПа. В соответствии с максимальное давление составляет 24 мПа. Следовательно, насосная установка должна обеспечить максимальное давление превышающее это значение. В таблице 1. приведены технические характеристики основных гидронасосов, применяемых в гидроприводах техники.

Таблица 1 - Техническая характеристика гидронасосов, применяемых в гидроприводах техники

<i>Наименование ТТМ</i>	<i>Марка гидронасоса</i>	<i>Потребляемая мощность Nп, кВт</i>	<i>Давление, Р, мПа</i>	<i>Частота вращения, n, об/мин</i>	<i>Крутящий момент Мкр, Н·м</i>
<i>МДК-3</i>	<i>210.12.11В</i>	<i>2,38</i>	<i>25</i>	<i>1150</i>	<i>15,7</i>
<i>ДЗ-98В</i>	<i>НШ-323П</i>	<i>75,50</i>	<i>15,50</i>	<i>1600</i>	<i>450</i>
<i>ЗОВ-4421</i>	<i>223.20.02</i>	<i>22,50</i>	<i>17,5</i>	<i>1450</i>	<i>26,5</i>
<i>Т-330</i>	<i>НШ-50УЛ</i>	<i>80,26</i>	<i>13,5</i>	<i>1300</i>	<i>589</i>

Выбор гидронасоса для использования в предлагаемом устройстве осуществляется по величине развиваемого давления рабочей жидкости и диапазону частот вращения с учётом величины рабочего объёма и массы гидронасос марки 210.12.11.ООВ и комплекта котлованной машины МДК-3.

Выбор электродвигателя осуществляется по требуемой мощности и частоте вращения, при которых обеспечивалось максимальное давление рабочей жидкости.

Согласно таблице 1 требуемая мощность электродвигателя при минимальном давлении 25 мПа для выбранного гидронасоса, согласно составляет 2,38 кВт. Перечисленным требованием, согласно таблице 2, удовлетворяет электродвигатель марки МИ-31М-2.

Таблица 2 – Характеристика электродвигателей

Наименование ТТМ	Марка эл. двигателя	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин
МДК-3	МИ-31М2	2,45	24	1500
Т-170М10ЗЕР	МЗ-256	0,22	24	2500
ТМК-2	МЗ-252	0,43	24	2800
МРИВ	МЗ-218	0,03	12	3000

Для передачи крутящего момента от электродвигателя к гидронасосу и предохранения электродвигателя от перегрузки в случае повышения давления выше 25 мПа, необходимо использование предохранительной муфты. Одной из основных деталей муфты является предохранительный штифт, который должен срезаться при достижении критического момента, равного 15,7 Н*м (табл. 1).

Диаметр штифта определяется как:

$$d = \frac{M_{кр} \cdot K_z \cdot K \cdot 4}{t \cdot D_1 \cdot \pi [\tau]} \quad (1)$$

где: $M_{кр}$ - критический момент, Н*м; $M_{кр} = 15,7$ Н*м; K_z - коэффициент неравномерности распределения нагрузки по штифтам $K_z=1,2$ при $z=2$; $K_z=1$ при $z=1$; z - количество штифтов; D_1 –расстояние между осями штифтов, м; (τ)- предел прочности материала на срез; для стали ст.3 (τ)= 90 мПа; K - коэффициент динамичности нагрузки; $K=2$.

По формуле (1) определяем диаметр штифта:

$$d = \sqrt{\frac{M_{кр} \cdot 2 \cdot 4}{D_1 \cdot \pi \cdot [\tau]}} = \sqrt{\frac{15,7 \cdot 2 \cdot 4}{0,05 \cdot 3,142 \cdot 90 \cdot 10^6}} = 0,003 [м]$$

Таким образом, при достижении $M_{кр}=15,7$ и $P_{max}=25$ мПа штифт $d=3$ мм, изготовленной из стали Ст.3 срезается, тем самым предохраняя электродвигатель от перегрузки и выхода из строя.

Поскольку рукава, применяемые на ТТМ, имеют разные внутренние диаметры накидных гаек ниппелей, для их подсоединения необходимо использовать переходники.

Анализ типоразмеров рукавов с присоединительной аппаратурой, применяемых в конструкциях основных образцов ТТМ показал, что их внутренние диаметры составляют от 10/25 мм. Следовательно основные типоразмеры переходников под резьбы

накидных гаек будут следующие: М 20*1,5; М 22*1,5; М 27*1,5; М 30*2; М 36*2.

Анализ конструкций переходников, используемых в гидроприводах ТТМ, позволил установить, что, как правило, они изготавливаются из стали Ст. 35 и Ст. 45.

В качестве тройника, предлагаемого устройства целесообразно использовать стандартный тройник, применяемый в гидросистеме котлованной машины МДК-3, который рассчитан на максимальное давление 25 МПа. В корпусе тройника выполнены три выхода с наружной резьбой М 12*1,5; М 36*2; М 30, соответственно.

Выход с резьбой М 12*1,5 может быть использован для подключения манометра. Выход с резьбой М 30 может применяться для подключения гидровентили сливной магистрали. Выход с резьбой М36*2 следует использовать для присоединения переходников с испытуемыми РТИ. Таким образом, для испытания рукавов различных типоразмеров необходимо использовать переходников, которые представляют собой, с одной стороны, накидную гайку с резьбой М 36*2, а с другой стороны выход с наружной стороны М20*1,5; М 22*1,5; М 24*1,5; М 27*1,5; М 30*2; М33*2. В качестве материала для изготовления переходников может быть использована сталь Ст 35 или Ст 45.

Детали устройства закрепляются с помощью болтовых соединений на поверхности верстака. Под проекцией верстака находится бак для рабочей жидкости.

Ёмкость гидробака определялась как $V_{вс.н.}$ – объём всасывающего рукава:

$$V_6 = (V_{вс.н.} + V_{н.} + V_{исп.р.} + V_{сл.р.}) \cdot 2 \quad (2)$$

где $V_{н.}$ – объём гидронасоса; $V_{исп.р.}$ – объём испытуемого рукава; $V_{сл.р.}$ – объём сливного рукава

$$V_6 = (0,74 + 0,005 + 0,74 + 0,74) \cdot 2 \approx 4,4 [\text{дм}^3]$$

Объём бака принимают ёмкостью пять литров.

Бак для рабочей жидкости сварной, коробчатого сечения, изготавливается из листовой стали, толщиной 4 мм. В верхней части бака сварена заливная горловина, которая закрывается металлической крышкой с резиновой прокладкой. К внутренней поверхности крышки приварен медный шуп. В нижней части гидробака вварен проходник для

подключения всасывающего рукава гидронасоса. Проходник изготовлен из горячекатанной шестигранной стали Ст.35 ГОСТ 1050-60. В верхней части гидробака варен аналогичный проходник для подсоединения рукава сливной магистрали.

Аксиально-поршневой гидронасос марки 210.12.11В приводятся в действие через предохранительную муфту электродвигателем марки МИ-31М-2 и может создавать максимальное давление в гидросистеме устройства 25МПа.

Фиксация давления рабочей жидкости при испытании рукавов производится манометром марки МТ1-УХЛЗ-250 кгс/см² и комплект МДК-3, имеющего диапазон измерений от 0 до 25 МПа.

Для регулирования давления рабочей жидкости в процессе испытания может быть использован гидровентиль из комплекта МДК-3 или ЭО-4121, рассчитанный на максимальное давление рабочей жидкости 25 МПа.

Вентиль присоединяется к тройнику посредством переходника, применяемого в гидроприводе путепрокладчика ЭО-4121. Рукава всасывающей и сливной магистралей представляют собой стандартные РВД с заделками марки РВД 25*1500-У.

Для испытания рукавов различных типоразмеров следует использовать комплект переходников [4,5].

Таким образом, устройство позволяет смоделировать натурные условия работы гидравлических рукавов и определить значение разгерметизации в соединении «рукав- наконечник ниппеля».

Библиографический список:

1. Дружинин, П. В. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса рукавов высокого давления / П. В. Дружинин, М. Ю. Бабушкин // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2013. – № 3(25). – С. 6-12. – EDN RBVUIH.
2. Дружинин, П. В. Обоснование режимов Ультразвукового способа диагностирования рукавов высокого давления в системе гидравлического привода / П. В. Дружинин, М. Ю. Бабушкин // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2013. – № 4(26). – С. 20-24. – EDN RNIWQN.

3. 05.10-19У.13 Новое отечественное оборудование для испытания резин и РТИ // РЖ 19У. Технология полимерных материалов (Резина. Лакокрасочные материалы и органические покрытия. Вспомогательные материалы для производства полимеров и изделий из них). – 2005. – № 10. – EDN NOBOFX.

4. Гологорский, Е. Г. Стенды для испытания рукавов высокого давления / Е. Г. Гологорский // Механизация строительства. – 2009. – № 5. – С. 5-7. – EDN NBETBL.

5. Испытания рукавов высокого давления - залог обеспечения надежности гидравлических систем тракторов и сельскохозяйственных машин / А. А. Данков, Е. В. Николаев, Н. С. Нистратова, А. В. Дунаев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2016. – № 6. – С. 33-40. – EDN WDKBNZ.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR CONTROLLING THE CONDITION OF HOSE WITH CONNECTION FITTINGS

Paimetkin A.S., Salakhutdinov I.R.
FSBEI HE Ulyanovsk SAU

Keywords: *sleeve, connecting fittings, electric motor, coupling, hydraulic pump, hydraulic valve, hydraulic tank, main line*

This work focuses on the development of a device for monitoring the condition of hoses (including high-pressure hoses) and their connecting fittings. This involves creating diagnostic equipment designed to ensure safety, reliability, and prevent accidents during the operation of flexible pipelines. These devices address the early detection of wear, assess the quality of fitting crimping, and verify the tightness of the entire assembly.