

Разработка системы диагностирования пневмогидроцилиндра

При разработке и модернизации гидравлических приводов механизмов с поступательно перемещающимися звеньями хорошо себя зарекомендовали энергосберегающие пневмогидроцилиндры, успешно используемые в строительных и дорожных машинах. Пневмогидроцилиндр представляет собой энергосберегающий цилиндр – устройство для накопления и последующего использования энергии. Шток такого цилиндра может быть полым и сообщающимся с поршневой полостью, что позволяет увеличить внутренний объем. Эти полости заполнены инертным газом – азотом. Штоковая полость соединена с напорной линией, т.е. при втягивании пневмогидроцилиндр может работать как обычный гидроцилиндр.

Энергосберегающая система работает следующим образом. При втягивании штока путем подачи давления в штоковую полость или под действием внешних сил газ в поршневой полости пневмогидроцилиндра сжимается, за счет чего происходит аккумуляция энергии. В дальнейшем при уменьшении давления в штоковой полости или уменьшении внешней силы шток пневмогидроцилиндра под действием расширения газа выталкивается, высвобождая запасенную энергию.

Применение пневмогидроцилиндров в путевых машинах циклического и непрерывно-циклического действия позволит сократить потребление топлива и обеспечить более равномерную нагрузку на двигатель и гидропередачу машины, что положительно скажется на ресурсе элементов гидропередачи и дизеля. Небольшого повышения экономичности привода можно ожидать за счет минимизации времени работы насосов на максимальном давлении при разгоне гидродвигателей, рабочих органов и (или) ходового оборудования машины.

Качественный контроль технического состояния пневмогидроцилиндров возможен только при наличии методики и системы диагностирования. Для разработки такой методики и создания системы диагностирования необходим анализ существующих стандартов на испытания гидроцилиндров и гидроаккумуляторов; выбор параметров диагностирования пневмогидроцилиндра, получение зависимостей для их определения; алгоритм диагностирования и метрологическое оборудование.

Ключевые слова: *пневмогидроцилиндр, диагностирование, алгоритм диагностирования, методика диагностирования, система диагностирования.*

Пневмогидроцилиндр представляет собой конструкцию, состоящую из гидроцилиндра и пневмогидроаккумулятора [1]. В настоящее время пневмогидроцилиндры широко применяются в строительном-дорожных машинах. В работах [2, 3] рассмотрена возможность применения пневмогидроцилиндра и в путевой технике. Для качественного контроля технического состояния этих гидродвигателей нового типа необходимо создать методику и систему диагностирования.

Задачами работы являются: анализ существующих стандартов на испытания гидроцилиндров и гидроаккумуляторов, разработка требований к системе диагностирования пневмогидроцилиндра; выбор и определение параметров пневмогидроцилиндра при диагностировании; разработка алгоритма и методики его диагностирования; выбор метрологического оборудования для его диагностирования.

Для разработки системы диагностирования пневмогидроцилиндра были проанализированы требования ГОСТов на испытания гидроцилиндров и гидроаккумуляторов [4, 5].

Применяемые в настоящее время правила приемки и методы испытаний гидроцилиндров определены ГОСТ 18464–96 [4]. Этот стандарт распространяется на поршневые, плунжерные и телескопические гидроцилиндры с номинальным давлением до 40 МПа, предназначенные для объемных гидроприводов. Стандарт устанавливает правила приемки и методы контроля готовой продукции при проведении приемосдаточных, периодических и типовых испытаний. В соответствии с этим стандартом:

– периодическим испытаниям должны подвергаться базовые модели гидроцилиндров, указанные в стандартах или технических документах на изделия, или их модификации, если базовые модели серийно не выпускаются;

– приемосдаточные испытания гидроцилиндров, изготавливаемых тем же предприятием, что и изделия, на которые устанавливаются гидроцилиндры, допускается проводить на этих изделиях;

– объем испытаний следует определять для изделия в целом, в соответствии со стандартами

или техническими документами на конкретные изделия;

– гидроцилиндры, предназначенные для работы на маслах различных марок (минеральных, синтетических, на водной основе и т.д.), при периодических и приемо-сдаточных испытаниях допускается проверять на одном из масел, указанных в стандартах или технических документах на гидроцилиндры конкретного типа, если гидроцилиндры проверены на всех маслах при других видах испытаний;

– проверки, проводимые при приемо-сдаточных и периодических испытаниях, перечислены в табл. 1 [4].

Применяемые в настоящее время правила приемки и методы испытаний гидроаккумуляторов определены ГОСТ 26469–85 [5]. Этот стандарт распространяется на гидроаккумуляторы, предназначенные для объемных гидроприводов, и устанавливает правила приемки и методы испытаний. Проверки, проводимые при приемо-сдаточных и периодических испытаниях гидроаккумуляторов, перечислены в табл. 2 [5].

Таблица 1

Проверки, проводимые при приемо-сдаточных и периодических испытаниях гидроцилиндров

Проверка	Испытание	
	Приемо-сдаточное	Периодическое
1. Внешний вид	+	+
2. Габаритные и присоединительные размеры	–	+
3. Масса	–	+
4. Материал деталей	–	+
5. Функционирование	+	+
6. Функционирование при предельных температурах	–	+
7. Прочность	+	+
8. Продольная устойчивость штока	–	+
9. Наружная герметичность по неподвижным соединениям (крышки и днища с корпусом)	+	+
10. Внутренние перетечки	–	+
11. Удельный объем масла, выносимого через уплотнитель штока (наружные утечки)	+	+
12. Давление страгивания	–	+
13. Давление холостого хода	+	+
14. Скорость штока гидроцилиндра	–	+
15. Неравномерность перемещения поршня	–	+
16. Номинальная сила на штоке	–	+
17. Коэффициент полезного действия	+	+
18. Ресурс	–	+
19. Нарботка до отказа	–	+
20. Плавность торможения	–	+
21. Ход торможения гидроцилиндра	–	+
22. Время торможения гидроцилиндра	–	+

Таблица 2

Проверки, проводимые при приемо-сдаточных и периодических испытаниях гидроаккумуляторов

Проверка	Испытание	
	Приемо-сдаточное	Периодическое
1. Внешний вид	+	+
2. Габаритные и присоединительные размеры	+	+
3. Масса	+	+
4. Материал деталей	–	+
5. Функционирование	+	+
6. Прочность	+	+
7. Наружная герметичность	–	+
8. Давление страгивания	–	+
9. Зависимость объема жидкости от давления	+	+
10. Номинальная вместимость	+	+
11. Ресурс	+	+
12. Нарботка до отказа	+	+

Для наиболее качественного диагностирования пневмогидроцилиндра на самой машине по ГОСТ 18464–96 и 26469–85 выбраны:

– параметры диагностирования и функционирования (непосредственно измеряемые): скорость штока и сила на штоке;

– параметры диагностирования (вычисляемые): количество газа в поршневой полости; гидромеханический, объемный и полный КПД.

Принципиальная схема установки контрольно-измерительных приборов для диагностирования пневмогидроцилиндра (ПГЦ) изображена на рис. 1. Пример применения предложенной схемы в путевой технике рассмотрен в работе [3]. На схеме обозначены: ДД1 – датчик давления масла в штоковой полости; ДД2 – датчик давления газа в поршневой полости; ДТ – датчик температуры газа в поршневой полости; ДС – датчик силы на штоке; ДП – датчик перемещения штока.

Определение параметров функционирования и диагностирования пневмогидроцилиндра производится по расчетным зависимостям (4), (6), (9) и (24).

Определение количества газа в поршневой полости. Количество газа в поршневой полости позволяет судить о герметичности уплотнений на поршне. Количество газа можно определить с помощью термодинамических зависимостей.

Согласно уравнению Менделеева – Клайперона [6] состояние идеального газа будет определяться соотношением

$$p_r V_r = \frac{m_r}{M_r} R T_r, \quad (1)$$

где p_r – давление газа, Па; V_r – объем газа, м³; m_r – масса газа, кг; M_r – молярная масса газа, для

азота $M_r = 0,028$ кг/моль; R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,314$ Дж/(моль·К); T_r – термодинамическая температура газа, К.

Объем газа в поршневой полости ПГЦ V_r , м³:

$$V_r = \frac{\pi D^2}{4} X_{шт}, \quad (2)$$

где D – диаметр поршня ПГЦ, $D = 0,05$ м; $X_{шт}$ – перемещение штока (поршня), м.

Термодинамическая температура газа T_r , К:

$$T_r = t_r + 273, \quad (3)$$

где t_r – температура газа, °С.

Из формул (1)–(3) масса газа в поршневой полости ПГЦ m_r , кг:

$$m_r = \frac{M_r p_r \pi D^2 X_{шт}}{4 R (t_r + 273)}. \quad (4)$$

Контроль утечек газа из поршневой полости ПГЦ производится путем сравнения массы газа m_r с эталонным значением $[m_r]$, определяемым при заправке системы.

Условие герметичности газовой системы

$$m_r = [m_r]. \quad (5)$$

Определение скорости штока. Скорость штока пневмогидроцилиндра в процессе работы изменяется и в каждый момент времени может быть определена по зависимости

$$v_{шт} = \frac{dX_{шт}}{d\tau}, \quad (6)$$

где $dX_{шт}$ – приращение перемещения штока, м; $d\tau$ – приращение времени, с.

Определение гидромеханического КПД пневмогидроцилиндра. Гидромеханический КПД $\eta_{ПГЦ ГМ}$:

$$\eta_{ПГЦ ГМ} = \frac{F_{шт}^{\phi}}{F_{шт}^{выдв}}, \quad (7)$$

где $F_{шт}^{\phi}$ – фактическая сила на штоке (измеренная датчиком силы), Н; $F_{шт}^{выдв}$ – сила на штоке при выдвигании, Н.

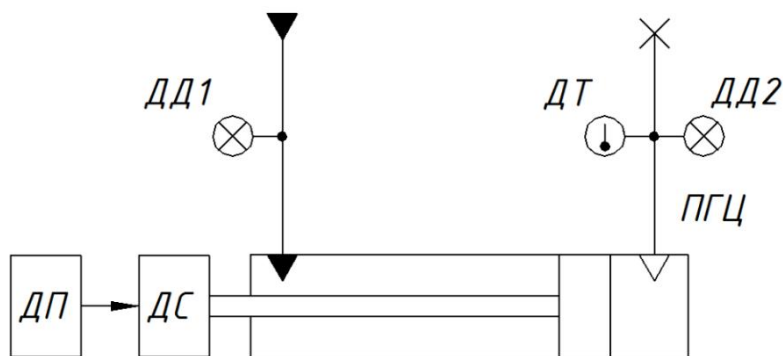


Рис. 1. Принципиальная схема установки контрольно-измерительных приборов для диагностирования пневмогидроцилиндра

Сила на штоке при выдвигении $F_{шт}^{выдв}$, Н:

$$F_{шт}^{выдв} = \frac{\pi D^2}{4} p_r - \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p_m, \quad (8)$$

где p_r – давление газа в поршневой полости, Па; d – диаметр штока, м; p_m – давление масла в штоковой полости, Па.

С учетом (7) и (8) гидромеханический КПД пневмогидроцилиндра $\eta_{пгц\text{ ГМ}}$ равен:

$$\eta_{пгц\text{ ГМ}} = \frac{4F_{шт}^{\phi}}{\pi(D^2 p_r - (D^2 - d^2) p_m)}. \quad (9)$$

Определение полного КПД пневмогидроцилиндра. Полный КПД пневмогидроцилиндра $\eta_{пгц}$:

$$\eta_{пгц} = \frac{P_{пгц}^{вых}}{P_{пгц}^{вх}}, \quad (10)$$

где $P_{пгц}^{вх}$ и $P_{пгц}^{вых}$ – мощность на входе и выходе пневмогидроцилиндра соответственно.

Мощность на входе пневмогидроцилиндра $P_{пгц}^{вх}$, Вт:

$$P_{пгц}^{вх} = \frac{A_{пгц}^{вх}}{\tau}, \quad (11)$$

где $A_{пгц}^{вх}$ – работа на входе пневмогидроцилиндра, Дж; τ – время совершения работы, с.

Мощность на выходе ПГЦ $P_{пгц}^{вых}$, Вт:

$$P_{пгц}^{вых} = \frac{A_{пгц}^{вых}}{\tau}, \quad (12)$$

где $A_{пгц}^{вых}$ – работа на выходе пневмогидроцилиндра, Дж.

Поскольку работа на входе и выходе ПГЦ совершается одновременно, то полный КПД пневмогидроцилиндра

$$\eta_{пгц} = \frac{A_{пгц}^{вых}}{A_{пгц}^{вх}}. \quad (13)$$

Работа $A_{пгц}^{вх}$, Дж:

$$A_{пгц}^{вх} = F_{шт}^{\phi} \Delta X_{шт}, \quad (14)$$

где $\Delta X_{шт}$ – перемещение штока ПГЦ, м.

$$\Delta X_{шт} = X_{шт1} - X_{шт2}, \quad (15)$$

где $X_{шт1}$ и $X_{шт2}$ – положение штока в начальный и конечный момент времени, м.

Работа $A_{пгц}^{вых}$ определяется как работа газа при адиабатном расширении.

Первое начало термодинамики [6]:

$$\delta Q_r = dU_r + \delta A_r, \quad (16)$$

где δQ_r – количество теплоты, сообщенной газу, Дж; dU_r – изменение внутренней энергии газа, Дж; δA_r – работа, совершенная газом, Дж.

Поскольку в адиабатном процессе энергия газу не сообщается:

$$\delta Q_r = 0, \quad (17)$$

работа газа будет определяться как

$$\delta A_r = -dU_r. \quad (18)$$

Используя уравнение (1), получим

$$\delta A_r = -\frac{m_r}{M_r} C_V dT_r, \quad (19)$$

где C_V – молярная теплоемкость газа при постоянном объеме, Дж/(моль·К).

Если газ адиабатически расширяется от объема V_{r1} до V_{r2} , то его температура уменьшается от T_{r1} до T_{r2} и работа расширения идеального газа A_r [6]:

$$A_r = -\frac{m_r}{M_r} C_V \int_{T_{r1}}^{T_{r2}} dT_r. \quad (20)$$

Поскольку изменение параметров газа в поршневой полости пневмогидроцилиндра происходит адиабатически, то уравнение Менделеева – Клайперона можно записать в следующем виде (уравнение Пуассона):

$$p V^{\gamma} = \text{const}, \quad (21)$$

где γ – показатель адиабаты, для азота $\gamma = 1,4$ [6].

Применив уравнение Пуассона (21) и проинтегрировав (20), получим

$$A_r = \frac{p_{r1} V_{r1}}{\gamma - 1} \left(1 - \left(\frac{V_{r1}}{V_{r2}} \right)^{\gamma-1} \right). \quad (22)$$

Используя (4), определим работу газа в поршневой полости пневмогидроцилиндра $A_{пгц}^{вх}$:

$$A_{пгц}^{вх} = \frac{p_{r1} \pi D^2 X_{шт1}}{4(\gamma - 1)} \left(1 - \left(\frac{X_{шт1}}{X_{шт2}} \right)^{\gamma-1} \right). \quad (23)$$

С учетом (19) и (23) полный КПД пневмогидроцилиндра $\eta_{пгц}$:

$$\eta_{пгц} = \frac{F_{шт}^{\phi} (X_{шт2} - X_{шт1})}{\frac{p_{r1} \pi D^2 X_{шт1}}{4(\gamma - 1)} \left(1 - \left(\frac{X_{шт1}}{X_{шт2}} \right)^{\gamma-1} \right)}. \quad (24)$$

Параметры диагностирования и зависимости для их определения приведены в табл. 3. Диагностирование происходит непрерывно в процессе работы машины по предложенному алгоритму (рис. 2). Система диагностирования управляется компьютером и не требует вмешательства оператора. При выявлении недопускаемого отклонения величины параметра диагностирования от заданного система подает сигнал оператору.

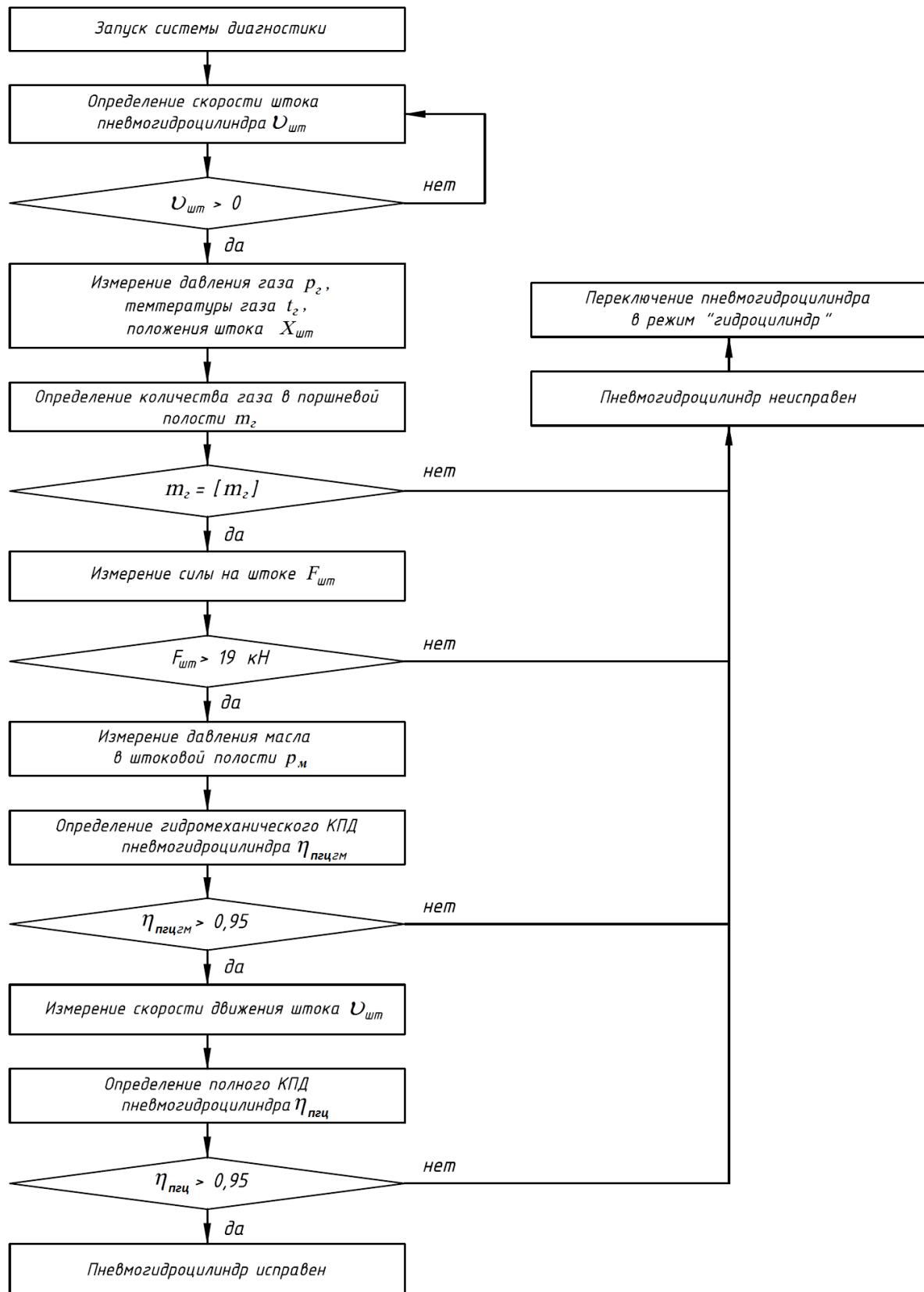
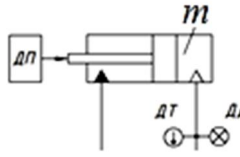
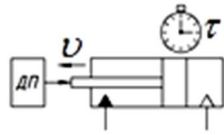
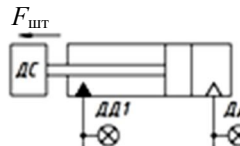
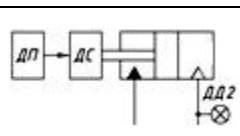


Рис. 2. Алгоритм диагностирования пневмогидроцилиндра

Таблица 3

Параметры, определяемые системой диагностирования

Параметр диагностирования	Формула для вычисления	Параметры функционирования (измеряемые)	Принципиальная схема
Количество газа в поршневой полости	$m_r = \frac{M_r p_r \pi D^2 X_{шт}}{4R(t_r + 273)}$	$p_r; X_{шт}; t_r$	
Скорость штока	$v_{шт} = \frac{dX_{шт}}{d\tau}$	$X_{шт}; \tau$	
Сила на штоке	—	$F_{шт}$	
Гидромеханический КПД	$\eta_{гм} = \frac{4F_{шт}}{\pi(D^2 p_{шт} - (D^2 - d^2) p_m)}$	$F_{шт}; p_r; p_m$	
Полный КПД	$\eta_{пц} = \frac{F_{шт} (X_{шт2} - X_{шт1})}{\frac{p_{r1} \pi D^2 X_{шт1}}{4(\gamma - 1)} \left(1 - \left(\frac{X_{шт1}}{X_{шт2}} \right)^{\gamma - 1} \right)}$	$p_{r1}; X_{шт}; F_{шт}$	

В случае утечки газа из поршневой полости пневмогидроцилиндра или снижения КПД пневматического привода предусмотрен резервный режим работы пневмогидроцилиндра – режим «гидроцилиндр» [3]. Однако требуемая скорость штока пневмогидроцилиндра в этом режиме обеспечивается только при требуемой производительности насоса привода. Это возможно при исправности насоса привода путевой машины [7, 8].

В табл. 3 обозначено: ДП, ДС – датчики положения и скорости штока пневмогидроцилиндра; ДД1 – датчик давления масла; ДД2 – датчик давления газа; ДТ – датчик температуры газа; $F_{шт}$ – сила на штоке; p_m – давление масла; p_{r1} – минимальное рабочее давление газа.

Методика диагностирования пневмогидроцилиндра

Задачи диагностирования:

- измерить давление газа p_r в поршневой полости пневмогидроцилиндра;
- измерить температуру газа t_r в поршневой линии пневмогидроцилиндра;

– измерить давление масла p_m в штоковой полости пневмогидроцилиндра;

– измерить силу $F_{шт}^{\phi}$ на штоке пневмогидроцилиндра;

– определить скорость штока $v_{шт}$ пневмогидроцилиндра;

– определить количество газа в поршневой полости пневмогидроцилиндра m_r ;

– определить гидромеханический КПД $\eta_{гм}$ пневмогидроцилиндра;

– определить полный КПД $\eta_{пц}$ пневмогидроцилиндра;

– сделать заключение о техническом состоянии пневмогидроцилиндра.

Условия проведения диагностирования:

1. Масло в гидросистеме прогрето до оптимальной температуры (не менее $t = 50^\circ\text{C}$ летом и $t = 20^\circ\text{C}$ зимой) [9].

2. Рабочие органы машины приведены в рабочее положение.

3. Машина находится на горизонтальной поверхности.

4. Диагностирование пневмогидроцилиндра выполняется в автоматическом режиме. Управление осуществляется программой, заложенной в электронный блок управления. Диагностирование осуществляется при выполнении машинных технологических операций.

Диагностирование производится в следующей последовательности:

1. Автоматический запуск программы диагностирования при движении штока пневмогидроцилиндра.

2. Опрос датчика скорости штока пневмогидроцилиндра.

3. Сравнение скорости штока пневмогидроцилиндра с заданным значением.

4. Опрос системой датчиков давления газа ДД2, температуры газа ДТ, перемещения штока ДП.

5. Вычисление количества газа, находящегося в поршневой полости пневмогидроцилиндра.

6. Сравнение количества газа, находящегося в поршневой полости пневмогидроцилиндра, с эталонным значением, занесенным в память электронного блока управления при зарядке пневмогидроцилиндра газом.

7. Опрос датчика силы ДС на штоке пневмогидроцилиндра.

8. Сравнение фактической и необходимой сил на штоке пневмогидроцилиндра.

9. Опрос датчика давления масла ДД1 в штоковой полости пневмогидроцилиндра.

10. Вычисление гидромеханического КПД пневмогидроцилиндра.

11. Сравнение гидромеханического КПД с предельно допустимым значением.

12. Опрос датчика перемещения ДП. Определение скорости перемещения штока пневмогидроцилиндра.

13. Определение полного КПД пневмогидроцилиндра.

14. Сравнение полного КПД с предельно допустимым значением.

15. В случае выполнения пп. 4, 6, 8, 12 выдается заключение об исправности пневмогидроцилиндра. В противном случае подается сигнал о неисправности пневмогидроцилиндра и происходит автоматическое переключение пневмогидроцилиндра в режим «гидроцилиндр» путем подачи напряжения на электромагнит распределителя управления. В этом случае гидравлическое масло будет поступать в поршневую полость пневмогидроцилиндра и обеспечивать выдвигание штока (как это происходит в гидроцилиндрах) [3].

16. Результаты диагностирования записываются в память электронного блока управления.

Для диагностирования пневмогидроцилиндра выбрано метрологическое оборудование (табл. 4). Комплект оборудования подобран таким образом, чтобы погрешность определения параметров диагностирования не превышала 1,5 % [10].

Разработанная система диагностирования позволяет:

- контролировать техническое состояние пневмогидроцилиндра при работе;

- выдавать сигнал о необходимости перевода и переводить пневмогидроцилиндр в режим гидроцилиндра при падении давления в газовой полости (при разрядке).

Таблица 4

Метрологическое обеспечение системы диагностирования ПГЦ

Обозначение элемента	Измеряемый параметр	Марка датчика и электронного блока управления*	Диапазон измерения	Класс точности
ДД1	Давление масла, МПа	DS6-685-2003-0-1-9	0...20	1
ДД2	Давление газа, МПа	DS6-685-1003-0-1-9	0...10	0,5
ДТ	Температура газа, °С	ТСПУ0104/МГ	-20...150	0,5
ДП	Перемещение, мм	RL1200	0...1150	0,5
ДС	Сила, кН	ДООУ 3-50И	0...20	1
ЭБУ	–	ПЛК-160.24.И-М	–	–

* По данным [11–15].

Библиографический список

1. Пат. 102008034582A1 Германия, МПК⁸ Е 02 F 9/22. Offenlegungsschrift / Stanger Sebastian (Германия), Wager Bernd (Германия), Asam Dirk (Германия), Laverigne Hans-Peter (Германия); заявитель Liebherr-Hydraulikbagger GmbH, патентообладатель Rechts- und Patentanwaile Lorenz Saideler Gossel; заявл. 24.07.2008; опубл. 28.01.2010. 28 с.: ил.
2. Пат. на полезную модель 161330 Российская Федерация, МПК Е 01 В 27/17. Привод спутника вы-правочно-подбивочно-рихтовочной машины непрерывно-циклического действия / Н.А. Маслов; заявитель и патентообладатель Сиб. гос. ун-т путей сообщения. № 2015120098/11; заявл. 27.05.2015; опубл. 20.04.2016, Бюл. № 11. 2 с.: ил.
3. Маслов Н.А. Модернизация привода спутника путевых машин Duomatic 09-32 CSM и ПМА-1 // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 1 (40). С. 57–65.
4. ГОСТ 18464–96. Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний. М., 1996.
5. ГОСТ 26496–85. Гидроаккумуляторы. Правила приемки и методы испытаний. М., 1985.
6. Базаров И.П. Термодинамика: Учеб. М., 1991. 376 с.
7. Маслов Н.А. Анализ механических неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 2. С. 53–59.
8. Маслов Н.А. Анализ неисправностей пластинчатых гидромашин путевой техники, вызванных чрезмерным давлением, аэрацией гидравлического масла и кавитацией // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2016. № 1. С. 5–15.
9. Мокин Н.В. Гидравлические и пневматические приводы: Учеб. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2004. 354 с.
10. ГОСТ 8.401–80. Классы точности средств измерений. Общие требования. М., 1980.
11. Датчики давления. URL: <http://www.bdsensors.ru> (дата обращения: 16.02.2017).
12. Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТСМУ, ТСПУ: Руководство по эксплуатации / ООО «Элемер». М., 2009. 46 с.
13. Датчики перемещения. URL: <http://www.sensor-systems.ru> (дата обращения: 16.02.2017).
14. Датчик силы ДООУ. URL: <http://www.novves.ru> (дата обращения: 16.02.2017).
15. Внешние модули АЦП/ЦАП. URL: <http://www.lcard.ru> (дата обращения: 16.02.2017).

N.A. Maslov

Hydropneumatic Cylinder's Diagnostic System Design

Abstract. In the development and modernization of hydraulic drive mechanisms translates links are proven energy-saving hydropneumatic cylinders successfully used in heavy building and truck machines. Hydropneumatic cylinder is an energy-saving cylinder – device for storage and subsequent use of energy. The rod of the cylinder can be hollow and be connected with a piston chamber. This makes it possible to increase the internal volume. These chambers are filled with an inert gas – nitrogen. Rod end is connected to the pressure line, i.e. in stroke; hydropneumatic cylinder can operate as a normal ram.

Energy saving system operates as follows. With retraction of the rod by applying pressure to the rod end of the cylinder or under the influence of external forces, the gas in the piston chamber of hydropneumatic cylinder is compressed, whereby there is accumulation of energy. Later, when lowering pressure from the rod end or reduction of hydropneumatic cylinder's external force rod under the action of gas expansion is pushed, releasing the stored energy.

Application of hydropneumatic cylinders in cyclic and continuous-cyclic action railway machines leads to reduction of fuel consumption and provide more uniform load on the engine and the hydraulic drive machine, which has a positive impact on the resource elements of the hydraulic transmission and diesel. A slight increase in driving efficiency can be expected by minimizing the time of the pumps at a maximum pressure of hydraulic motors during acceleration, working bodies and (or) the running of the machine equipment.

Quality control of the technical state of hydropneumatic cylinders is only possible if the methods and diagnostic system are developed. For the development of this technique and diagnostic system creation: existing standards for testing hydraulic cylinders and accumulators have been analyzed; hydropneumatic cylinder's diagnosis parameters have been selected, formulas for diagnosis parameters definition have been obtained; diagnosis algorithm has been developed; metrology equipment has been selected.

Key words: *hydropneumatic cylinder; diagnosis; diagnosis algorithm; diagnosis methodic; diagnosis system.*

Маслов Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины» СГУПС. E-mail: namaslov@mail.ru