

Подставив значения (22) в уравнение (13), определим уточненную площадь выгрузного окна:

$$S_{ок} = \frac{v_{раз} m_k}{\omega_{ш} \rho l_{раз} \left[ R_{ш} - (C_1 e^{(f \omega_{ш} + \omega_{ш} \sqrt{f^2 + 1}) t_c} + C_2 e^{(f \omega_{ш} - \omega_{ш} \sqrt{f^2 + 1}) t_c} - \frac{fg}{\omega_{ш}^2}) \right]} \cdot (23)$$

Из формулы (23) видно, что размеры окна, предназначенного для выгрузки кормов с бункера, зависят от физико-механических свойств корма, параметров выгрузного устройства, нормы выдачи корма животным и времени перемещения частицы корма по выгрузному транспортеру в момент ее поступления в выгрузное окно смесителя-дозатора. Для изменения нормы скармливания кормов выгрузное окно перекрывается подвижной заслонкой.

#### Выводы

Для эффективного использования смесителя-раздатчика (особенно самоходных смесителей-раздатчиков), вместимость бункера должна обеспечивать животных кормами в течение установленного зоотехническими требованиями времени за несколько рейсов (циклов) раздачи.

Производительность выгрузных устройств раздатчика должна быть согласована с количеством корма, раздаваемого на 1 м длины кормушки (фронта кормления) и скоростью передвижения раздатчика

вдоль этих кормушек.

Размеры окна для выгрузки кормов с бункера зависят от физико-механических свойств корма, параметров выгрузного устройства, нормы выдачи корма животным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Передня, В. И. Малозатратные технологические процессы – основа получения конкурентоспособной продукции / В. И. Передня. – Минск, 2013. – 133 с.
2. Китун, А. В. Определение рациональной вместимости бункера-питателя кормов / А. В. Китун, В. И. Передня // Вестник Белорусской Государственной Сельскохозяйственной Академии, 2006. – № 3. – С. 132-135.
3. Китун, А. В. Методика расчета числа транспортных средств для транспортировки кормов / А. В. Китун, Г. А. Радишевский, В. И. Передня, Н. Г. Радишевская // Инженерный вестник, 2006. – № 2. – С. 31-34.
4. Передня, В.И. Технические средства для приготовления и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота: монография / В.И. Передня, А.В. Китун // Беларуская навука. – Минск, 2014. – С. 91.

УДК 621.43.001.4

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 2.02.2015

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРЕГАТОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ ПО ЗНАЧЕНИЮ ОБЪЕМНОГО КПД

Д.А. Жданко, канд. техн. наук, доцент, Д.И. Сушко, аспирант, И.В. Загородских, студент (БГАТУ)

#### Аннотация

*Приведен метод оценки технического состояния аксиально-плунжерных гидравлических насосов и моторов гидростатической трансмиссии по утечкам рабочей жидкости и ее аналитическая связь с объемным коэффициентом полезного действия.*

*The article deals with the essence of the method of diagnosing axial plunger hydraulic pumps and motors hydrostatic transmission speed of pressure drop and its relationship with analytical coefficient volumetric efficiency.*

#### Введение

Применение гидростатических трансмиссий в самоходных машинах позволяет получать более широкий диапазон скоростных режимов, что улучшает их маневрирование и тяговые характеристики. Она обеспечивает бесступенчатое изменение скорости, большую конструктивную гибкость, возможность осу-

ществлять автоматическое управление, высокую защиту во время перегрузок, легкий отбор мощности на навесное оборудование и максимальное использование мощности двигателя даже на малых скоростях [1].

Вместе с тем они не лишены недостатков, к которым следует отнести требовательность их к высокой культуре обслуживания и повышенную сложность отдельных узлов. Наиболее уязвимыми агрега-

тами этой трансмиссии являются наиболее дорогостоящие – аксиально-плунжерные мотор и насос, включающие прецизионные детали и составляющие более 90 % стоимости всей трансмиссии [1].

### Основная часть

Диагностирование представляет собой комплекс операций, проводимых в составе мероприятий системы планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта машин (системы ППР), выполняемых в плановом порядке, а также при необходимости (с целью поиска места и причин отказа).

Диагностирование гидропривода машин обеспечивает [2]:

- определение фактического технического состояния гидропривода в целом, его сборочных единиц и систем;
- определение места и причины возникновения неисправности при отказе объекта;
- сбор исходных данных для прогнозирования остаточного ресурса или оценки вероятности безотказной работы гидросистемы в межконтрольный период;
- повышение эффективности технической эксплуатации машин.

Повышение эффективности эксплуатации машин с гидроприводом рабочих органов при применении диагностирования достигается:

- за счет сокращения затрат времени на определение технического состояния путем исключения работ по разборке (демонтажу);
- сокращения простоев машин из-за отказа гидравлического привода рабочих органов;
- снижения затрат на устранение отказов машин вследствие своевременного обнаружения скрытых дефектов;
- повышения эффективности использования машин по назначению в результате своевременной коррекции (восстановления) функциональных характеристик машин при выходе их за пределы допуска.

Достоверность оценки технического состояния составных частей машин зависит от совершенства применяемых методов диагностирования. Их принято классифицировать как субъективные и объективные.

Достоинство субъективных методов – низкая трудоемкость диагностирования и отсутствие необходимости в средствах измерения. Однако результаты такого диагностирования зависят от опыта и квалификации диагноста. Тем не менее, они позволяют определить качественное отклонение состояния агрегатов от нормы.

Объективные методы диагностирования основаны на использовании измерительных приборов. Наиболее предпочтительно применение тех из них, которые позволяют определять структурные параметры. Критерий выбора метода диагностирования – минимум удельных издержек.

Производитель агрегатов гидростатической трансмиссии и завод-изготовитель самоходных ма-

шин, применив субъективный и объективный методы оценки технического состояния в инструкциях по их эксплуатации, приводят примерный перечень возможных неисправностей гидростатической трансмиссии и способы их устранения. Это позволяет в большинстве случаев установить и устранить возникшую неисправность. Однако определить необходимость отправки аксиально-плунжерного насоса или мотора в ремонт на специализированное ремонтное предприятие они не позволяют. Это требует снятия насоса и мотора с машины и проверки их технического состояния на специальных стендах.

Существует ряд рекомендаций по диагностированию технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии [2], которые требуют торможения самоходной машины. На практике такое торможение возможно только путем наезда машины на препятствие, что может привести к поломке машины или травмированию обслуживающего персонала.

Для этого диагностирования и испытания гидростатической трансмиссии существует стенд КИ-4815м [3] с приставкой для контроля гидравлической плотности золотниковых пар гидрораспределителей по времени падения давления рабочей жидкости, содержащий источник давления рабочей жидкости и соединенные с ним трубопроводы высокого давления с запорными органами и манометрами.

Однако данный стенд дорогостоящий и требует значительных трудозатрат при проверке на нем технического состояния агрегатов.

В большинстве сельскохозяйственных предприятий и райагросервисах республики вообще отсутствуют диагностические устройства, позволяющие оценить техническое состояние агрегатов гидростатической трансмиссии и потребность их в специализированном ремонте.

В результате этого большинство хозяйств республики вынуждены отправлять в ремонт аксиально-плунжерные гидронасосы и гидромоторы без предремонтного диагностирования [4].

По данным предварительных исследований, проведенных авторами, в 70 % случаев в ремонт поступает один из агрегатов в исправном состоянии со значительным остаточным ресурсом [4]. При этом ремонтные предприятия требуют сдачи в ремонт насоса и мотора, работавших в паре, аргументируя это тем, что у них должен быть одинаковый ресурс после ремонта. На специализированных ремонтных предприятиях тоже не проводят предремонтное диагностирование и подвергают оба поступивших в ремонт агрегата – гидронасос и мотор полной разборке, визуальному осмотру, выбраковке деталей, замене, сборке и т.д. В результате хозяйства теряют средства из-за недоиспользования ресурса этих агрегатов.

Для изменения сложившегося положения авторами публикации предложено устройство для диагностирования указанных агрегатов по времени паде-

ния давления рабочей жидкости, запертой в системе конкретного агрегата (рис. 1) [5, 6].

Диагностическая установка для проверки гидроагрегатов методом падения давления содержит гидробак 1, гидронасос малой производительности 2, гидрораспределитель с предохранительным клапаном 3, обратные клапаны 4, манометр 5 и 16, кран 6 и 14, проверяемый агрегат 7, емкость 8, гидроцилиндр с двумя штоковыми полостями 9 и указатель 10, линейку 11, приспособление для регулировки предохранительного клапана 12, плиту крепления 13, гидроаккумулятор 15.

Суть метода состоит в том, что в гидроагрегате создается давление выше номинального значения и рабочая жидкость при этом давлении запирается в системе путем прекращения подачи жидкости в проверяемый агрегат.

В зависимости от степени износа деталей агрегата, будет разная скорость падения давления.

Работает установка следующим образом. Из гидробака 1 рабочая жидкость гидронасосом 2 подается на гидрораспределитель 3, который направляет ее через обратный клапан 4 по трубопроводу в обе полости двухштокового цилиндра 9. При достижении в обеих полостях цилиндра давления – 25 МПа, с помощью гидрораспределителя 3 и крана 6 жидкость запирается в полостях цилиндра. К одной из полостей цилиндра через кран 6 подсоединен проверяемый гидроагрегат. В зависимости от величины внутренних

утечек в проверяемом агрегате, будет зависеть скорость падения давления жидкости в полостях гидроцилиндра. На одном из штоков гидроцилиндра 9 закрепляется указатель 10, а на его корпусе – мерная линейка 11, по которой измеряется длина хода штока за определенное время.

Общее техническое состояние аксиально-плунжерного насоса (мотора) характеризуется объемным коэффициентом полезного действия.

Его значение определяется по формуле:

$$\eta_0 = \frac{Q_{\phi}}{Q_m} = \frac{Q_m - Q_y}{Q_m}, \quad (1)$$

где  $Q_{\phi}$  – фактическая подача (расход) жидкости при номинальном давлении и номинальной частоте вращения вала насоса, м<sup>3</sup>/с;

$Q_m$  – теоретическая подача насоса при номинальной частоте вращения вала, м<sup>3</sup>/с;

$Q_y$  – утечки рабочей жидкости, м<sup>3</sup>/с.

Значение теоретической подачи насоса можно определить по зависимости:

$$Q_m = V_o \cdot n, \quad (2)$$

где  $V_o$  – рабочий объем насоса, м<sup>3</sup>;

$n$  – частота вращения вала насоса, с<sup>-1</sup>.

Утечки рабочей жидкости через зазоры между гильзой и плунжерами насоса (мотора) при диагностировании равны расходу жидкости, вытесняемой

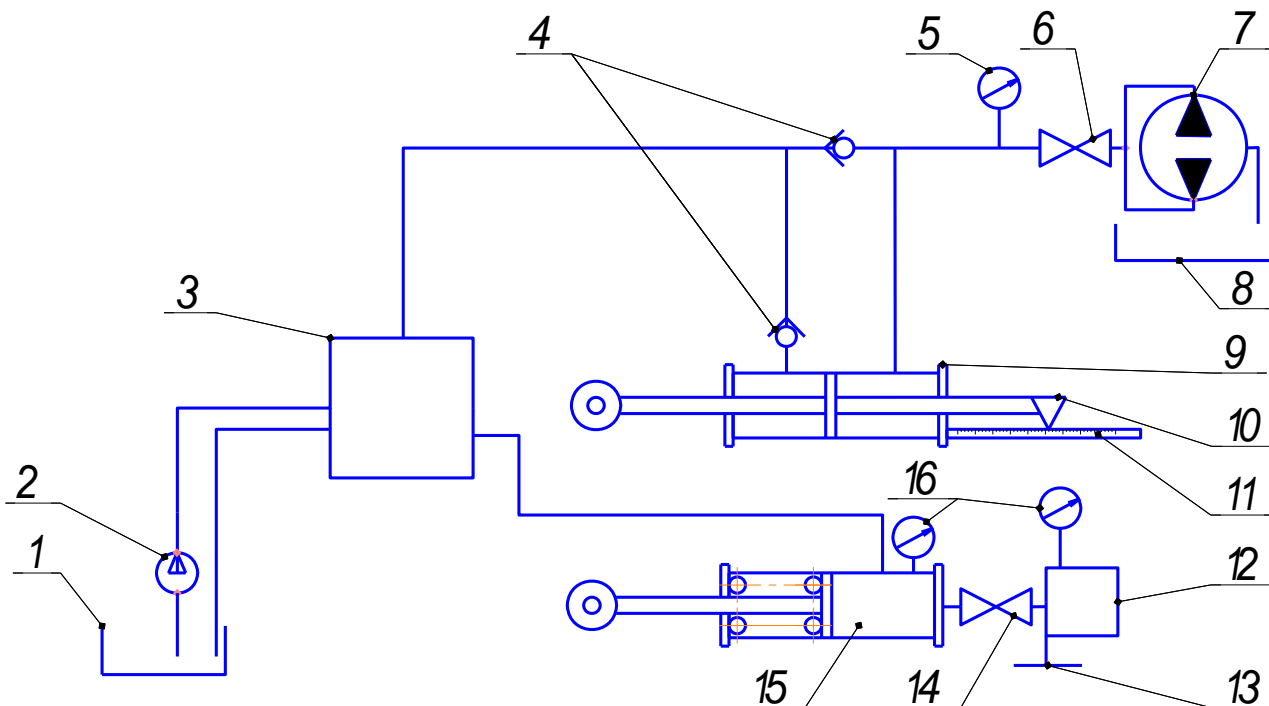


Рисунок 1. Схема диагностической установки:

1 – гидробак; 2 – гидронасос малой производительности; 3 – гидрораспределитель с предохранительным клапаном; 4 – обратные клапаны; 5, 16 – манометр; 6, 14 – кран; 7 – проверяемый агрегат; 8 – емкость; 9 – гидроцилиндр с двумя штоковыми полостями; 10 – указатель; 11 – линейка; 12 – приспособление для регулировки предохранительного клапана; 13 – плита крепления; 15 – гидроаккумулятор

поршнем гидроцилиндра [6]

$$Q_y = \frac{\pi(D_u^2 - d^2) \cdot l}{4t}, \quad (3)$$

где  $D_u$  – диаметр штоковой полости цилиндра, м;  
 $d$  – диаметр штока, м;

$l$  – перемещение штока гидроцилиндра за время падения давления, м;

$t$  – время перемещения штока, с;

Преобразовав выражение 1 с учетом выражений 2 и 3, получим зависимость для определения объемного КПД диагностической установкой

$$\eta_o = 1 - \frac{\pi(D_u^2 - d^2) \cdot l}{4V_0 t \cdot n}. \quad (4)$$

Также у предлагаемого устройства предусмотрена возможность безопасной регулировки предохранительного клапана аксиально-плунжерного мотора вне самого мотора.

В этих целях в устройстве (рис. 1) предусмотрен гидроаккумулятор 15. Для регулировки предохранительного клапана с аксиально-плунжерного мотора снимается клапанная коробка 12 и устанавливается на специальное приспособление 13, имитирующее плиту крепления ее к гидромотору, к которому подсоединяется нагнетательный трубопровод от гидронасоса предлагаемого устройства.

#### **Заключение**

1. Существующие методы и средства не позволяют в условиях эксплуатации определить потребность в ремонте гидравлических агрегатов гидростатической трансмиссии.

2. Имеющиеся диагностические устройства на ремонтных заводах громоздки, металлоемки и дорогостоящие.

3. Для оценки технического состояния гидроприводов наиболее приемлемым следует считать статопараметрический метод, основанный на определении объемного коэффициента полезного действия посредством утечек рабочей жидкости.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гидроэлектрооборудование комбайнов «Полесье» / В.А. Шуринов [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1997. – 223 с.
2. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В.И. Присс [и др.]; под общ. ред. В.И. Присса. – Мн.: Ураджай, 1993. – 240 с.
3. Стенд для проверки гидравлической плотности гидроагрегатов: а. с. 1721457А1 SU, МПК7 G 01M 3/28 / В.Ф. Горев. – № 1012062; заявл. 09.11.88; опубл. 23.03.92 // Бюл. №11. – 1992.
4. Тимошенко, В.Я. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Е.С. Некрашевич // Агропанорама, 2009. – № 1. – С. 44–48.
5. Диагностическая установка: пат. 9769 Респ. Беларусь, МПК7 G 01M 3/28 / В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Д.И. Сушко и др.; заявитель БГАТУ. – № u 20130377; заявл. 29.04.2013; опубл. 19.12.13 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 6.
6. Тимошенко, В.Я. Предремонтное диагностирование агрегатов гидростатической трансмиссии / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, А.В. Новиков, Д.И. Сушко, И.В. Загородских // Изобретатель, 2014. – №3. – С. 42–44.

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

**Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).**

**Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на первое полугодие 2015 года: для индивидуальных подписчиков - 111 000 руб., ведомственная подписка - 150 996 руб.**