

**Д.А. Жданко, В.Я. Тимошенко,**  
кандидаты технических наук, доценты  
**Д.И. Сушко,** ассистент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск*

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии на обкаточно-диагностическом устройстве в условиях ремонтных мастерских хозяйств и отделений «Рай-агросервиса».

В качестве привода ходового аппарата самоходных сельскохозяйственных, дорожных, строительных и других машин все более широкое применение находит гидростатическая трансмиссия. Ее преимущество перед традиционными в прошлом механическими трансмиссиями обусловлено бесступенчатым регулированием и реверсированием скорости движения и силы тяги во всем диапазоне передач, высоким быстродействием и низкой инерционностью и металлоемкостью, возможностью широкой унификации гидравлического оборудования при простой их компоновке на машинах и автоматизации управления при оптимальном режиме работы. Эта система достаточно надежна и долговечна при своевременном и соответствующем ее обслуживании [1].

Однако такие агрегаты гидростатической трансмиссии, как аксиально-плунжерный насос и мотор включают прецизионные детали, что делает их гораздо дороже по сравнению с узлами механической трансмиссии. Детали этих агрегатов чрезвычайно уязвимы при взаимодействии с механическими примесями, что предъявляет высочайшие требования к качеству рабочей жидкости и состоянию фильтра.

Условия работы самоходного зерно- и кормоуборочного комбайна характеризуются повышенной запыленностью, что требует тщательного наблюдения за состоянием фильтра рабочей жидкости. Для этого во всасывающую полость установлен вакуумметр, которого нет ни в одной другой раздельно-агрегатной гидравлической системе машин.

Нарушение требований эксплуатации гидростатической трансмиссии ведет к интенсивному износу ее агрегатов, что вызывает неработоспособность самоходных машин и их остановку.

Существует ряд рекомендаций по диагностированию технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии, которые требуют

торможения самоходной машины [2]. Такое торможение возможно только путем наезда машины на препятствие, что может привести к ее поломке и травмированию обслуживающего персонала.

Необходимость диагностирования гидростатической трансмиссии возникает часто и определяется снижением скорости движения самоходной машины, невозможностью преодолевать уклоны местности и др.

При отказах гидростатической трансмиссии специалисты хозяйств чаще всего сводят ее диагностирование к проверке и очистке клапанов клапанной коробки гидромотора, замене масляного фильтра. Если эти мероприятия не позволили восстановить работоспособность гидростатической трансмиссии, то пару гидромотор и гидронасос отправляют на специализированные ремонтные предприятия для дополнительной объективной диагностики и определения потребности в ремонте.

Поступившие на ремонтное предприятие аксиально-плунжерный насос и мотор, как правило, без входной диагностики разбирают на детали и ремонтируют. Причем эти агрегаты гидростатической трансмиссии, снятые с одной самоходной машины, ремонтируются предприятием не обезличенно и возвращаются хозяйству парой. Аргументируется это тем, что при приемке указанных агрегатов парой после устранения имеющихся неисправностей сохраняется их одинаковый остаточный ресурс. На первый взгляд этот аргумент достаточно обоснованный, так как недоиспользование ресурса несет косвенные убытки предприятию. Вместе с тем полная разборка и инструментальный контроль состояния гидроагрегата без предварительной объективной оценки потребности его в разборочно-сборочных и регулировочных воздействиях стоят достаточно дорого. Эти затраты оплачивают хозяйства.

Исследования, проведенные на ОАО «Гомельский МРЗ», показывают, что в 25–30 % случаев гидронасосы требуют либо очистки с промывкой, либо регулировки золотникового устройства сервомеханизма, а гидромоторы – очистки с промывкой и регулировки клапанов.

Полагаем, что сложившаяся практика отправки в ремонт аксиально-плунжерной пары (гидронасос и гидромотор) без предварительной объективной диагностики в условиях эксплуатации, а также ремонт этой пары на ремонтном предприятии без входного диагностирования является следствием отсутствия в хозяйствах и предприятиях «Райагросервис» приемлемого диагностического стенда. Ремонт их «вслепую» приводит к недоиспользованию ресурса гидроагрегатов и увеличению затрат средств на ремонт.

На ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» на участке ремонта агрегатов гидростатической трансмиссии производится их послеремонтная обкатка и определение следующих показателей:

- крутящего момента на валу гидронасоса при номинальном давлении 20,6 МПа;
- крутящего момента на валу гидромотора при номинальном давлении в гидросистеме, Нм;
- частота вращения вала гидромотора и вала гидронасоса при номинальном давлении, мин<sup>-1</sup>.

При этом регулируются клапаны давления подпитки на давление 0,0245 МПа, переливной (на гидромоторе) – на давление 0,0245 МПа и предохранительный – на давление 36,5 МПа. Регулировка последних, в виду опасности ее проведения на работающем под нагрузкой гидроприводе, производится ступенчато после многократной проверки давления срабатывания и остановки привода. Как правило, требуемое давление срабатывания регулируется за несколько приемов.

Для обкатки используется установка с двумя спаренными электротормозными стендами (каждый весом 2800 кг), требующими для размещения площадь более 30 м<sup>2</sup>.

Установка позволяет обкатать отремонтированные агрегаты и определить их техническое состояние после ремонта и соответствие техническим условиям. Однако габариты и вес установки требуют поиска иных способов и средств диагностирования и обкатки агрегатов объемного гидропривода.

В УО «БГАТУ» на кафедре ЭМТП разработано устройство, позволяющие в условиях хозяйств и предприятий агросервиса проводить объективное безразборное диагностирование аксиально-плунжерных насосов и моторов и при необходимости производить их послеремонтную обкатку (рис. 1) [3].

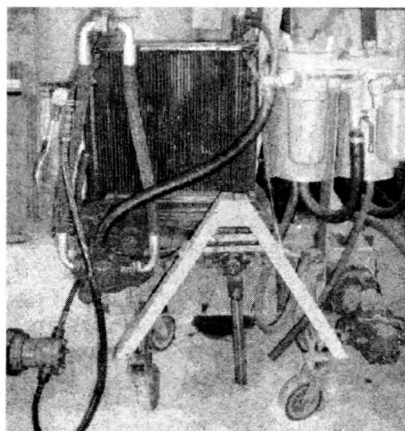


Рисунок 1 – Обкаточно-диагностическое устройство

Работа устройства основана на использовании дросселирования потока жидкости через отверстие постоянного сечения для создания нагрузки на валу гидронасоса и гидромотора. Гидравлическая схема обкаточно-диагностического устройства приведена на рисунке 2. Стенд устроен следующим образом: привод гидронасоса 1 целесообразно осуществлять от ВОМ трактора, так как диагностирование агрегатов гидрообъемной трансмиссии на предприятиях системы «Райагросервис» и в хозяйствах производится эпизодически. Насос 1 – образцовый, с коэффициентом подачи  $\eta_0 = 0,96$ , по рукавам 12 подает рабочую жидкость в гидромотор 2 и вращает его вал, который через муфту 7 соединен с гидронасосом 3. Рукавами высокого давления 12 нагрузочного насоса 3 соединены его вход и выход через дроссель постоянного сечения 13 и рекуперационный теплообменник 6.

Принцип работы обкаточно-диагностического устройства заключается в том, что при проверке насоса он устанавливается вместо образцового насоса 3. ВОМ трактора вращает вал насоса 1. При вертикальном положении рычага гидрораспределителя аксиально-плунжерного насоса вал мотора 2 вращаться не будет.

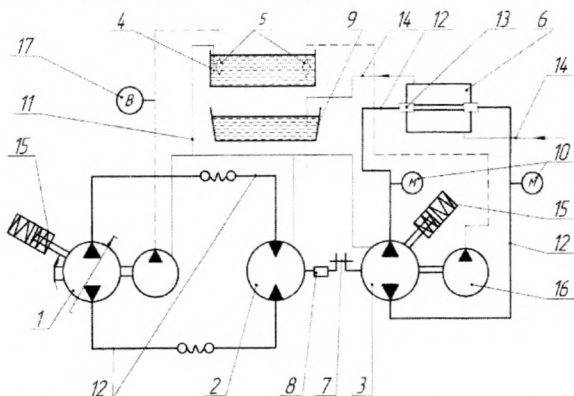


Рисунок 2 – Гидравлическая схема обкаточно-диагностического стенда:

- 1 – эталонный аксиально-плунжерный гидронасос (объемный КПД = 0,96);
- 2 – эталонный аксиально-плунжерный гидромотор (объемный КПД = 0,96);
- 3 – испытываемый аксиально-плунжерный насос; 4 – масляный бак;
- 5 – масляный фильтр; 6 – соединительная муфта; 7 – теплообменник;
- 8 – муфта соединительная вала аксиально-плунжерного гидромотора и гидронасоса; 9 – аккумулятор горячей воды; 10 – манометры; 11 – магистраль отвода масла из корпусов системы; 12 – рукава высокого давления;
- 13 – толстостенная труба высокого давления с дросселем постоянного сечения;
- 14 – рукава подвода водопроводной воды для охлаждения рабочей жидкости и отвода теплой воды в аккумулятор-накопитель; 15 – сервомеханизм поворота наклонной шайбы; 16 – насос подпитки; 17 – вакуумметр

Медленно наклоняя рычаг гидрораспределителя насоса до максимальной подачи, достигаем максимальной частоты вращения вала гидромотора. При этом рычаг гидрораспределителя нагрузочного гидронасоса 3 находится в вертикальном положении, когда его подача равна нулю.

Медленно поворачивая рычаг гидрораспределителя насоса 3, увеличиваем давление до максимального значения. Следим за давлением по показанию манометра 10. При известных значениях площади сечения дросселя и минимально допустимого коэффициента подачи насоса по максимальному давлению в системе делаем заключение о состоянии насоса.

Поскольку аксиально-плунжерный насос с регулируемой подачей, то представляется возможным для загрузки использовать дроссель постоянного сечения. Приблизительную площадь его сечения определим по известной зависимости через расход рабочей жидкости [4]

$$Q = \mu S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход рабочей жидкости через дроссель, м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  – коэффициент расхода ( $\mu = 0,62$ );

$S_0$  – площадь сечения дросселя, м<sup>2</sup>;

$\Delta p$  – разность давлений жидкости до и после дросселя, Па;

$\rho$  – плотность рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Преобразуя формулу (1), получим оптимальный диаметр дросселя

$$d_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{оmax}} n_n \eta_{\text{о.н}}}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_{\text{ном}} - p_1)}}}, \quad (2)$$

где  $V_{\text{оmax}}$  – максимальный рабочий объем  $V_0$  насоса, м<sup>3</sup>;

$n_n$  – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с-1;

$\eta_{\text{о.н}}$  – объемный КПД насоса;

$p_{\text{ном}}$  – номинальное давление насоса, Па;

$p_1$  – давление после дросселя (на входе насоса), Па.

Экспериментальными исследованиями получено уравнение для определения давления  $p_1$  после дросселя постоянного сечения в зависимости от давления  $p_2$  перед дросселем (или номинального давления)

$$p_1 = 1,71 - 0,023 p_2. \quad (3)$$

Гидромотор проверяется по частоте вращения его вала при номинальном давлении в системе (20,6 МПа)

$$n_r = \frac{V_{o.n}}{V_{o.g}} \eta_{o.n} \eta_{o.g} n_n, \quad (4)$$

где  $V_{o.g}$  – рабочий объем гидромотора. Для гидромотора МП-90 рабочий объем равен  $89 \text{ см}^3$ ;

$\eta_{o.g}$  и  $\eta_{o.n}$  – объемный КПД гидромотора и насоса соответственно.

**Заключение.** Анализ экспериментально-теоретических исследований показывает, что применение дроссельного эффекта при диагностировании агрегатов гидростатических трансмиссий с использованием разработанного в УО «БГАТУ» обкаточно-диагностического стенда показывает, что при использовании дросселя постоянного сечения  $S = 30,6 \text{ мм}^2$  и максимальных оборотах гидронасоса в системе создается номинальное давление  $20,6 \text{ МПа}$  при объемном КПД насоса  $0,96$  и  $12,3 \text{ МПа}$  при  $\eta_{o.n} = 0,75$ .

Применение предложенного стенда позволит в  $15$  раз снизить металлоемкость и необходимую площадь для его размещения в сравнении со стендом КИ-5554.

#### *Список использованных источников*

1. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко [и др.] // Агропанорама. – 2009. – № 1. – С. 44–48.
2. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В.И. Присс [и др.]; под ред. В.И. Присса. – Минск: Ураджай, 1993. – С. 209–227.
3. Патент на полезную модель № 2340 ВУ МПК G 01M 15/00. Стенд для диагностирования гидростатических трансмиссий / Тимошенко В.Я. [и др.]; заявитель БГАТУ; заявл. 19.04.2005.
4. Жданко, Д.А. Обоснование параметров дросселя постоянного сечения как нагрузочного элемента электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда / Д.А. Жданко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – 2009. – № 43. – С. 139–143.

*Поступила 17.03.2015*