

УДК 621.43.001.4

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Д.А. Жданко,

декан факультета технического сервиса в АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Т.А. Непарко,

зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук

Д.И. Сушко,

ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

П.С. Хмельницкий,

студент агроинженерного факультета БГАТУ

В статье приведена методика оценки технического состояния гидростатической трансмиссии (объемного гидропривода) мобильных технических средств по объемному коэффициенту полезного действия.

Ключевые слова: мобильное энергетическое средство, гидропривод, аксиально-плунжерный гидронасос, утечки жидкости, зазор, давление, коэффициент полезного действия.

The methodology for assessing the technical state of hydrostatic transmission (volumetric hydraulic drive) of mobile machines by the volumetric efficiency is discussed in the article.

Keywords: mobile machine, hydraulic drive, axial-plunger hydraulic pump, fluid leakage, gap, pressure, efficiency.

Введение

Конструкции самоходных машин постоянно совершенствуются с целью повышения их производительности, увеличения ресурса и улучшения эргономических показателей. Однако такое совершенствование, как правило, сопровождается усложнением их конструкций, что требует высокой квалификации специалистов, как работающих на этих машинах, так и тех, кто обеспечивает их работоспособность, т.е. занимающихся техническим обслуживанием. При выполнении обслуживания машин эти специалисты должны располагать соответствующим диагностическим оборудованием, позволяющим объективно выявлять неисправности и своевременно их устранять.

Наиболее сложными системами современных самоходных машин для работающих на них и обслуживающих их специалистов являются топливная и гидравлическая. Техническое состояние их элементов и агрегатов может быть оценено только с помощью средств объективной диагностики. Особую сложность для эксплуатационников представляет использование гидростатической трансмиссии, которая находит все более широкое применение на самоходных машинах и тракторах. Методы и приборы, используемые для диагностирования раздельно-агрегатной гидросистемы, не могут быть использованы при оценке технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии. Объясняется это

большими расходами рабочей жидкости и ее высоким давлением в гидростатической трансмиссии.

Современная сельскохозяйственная техника, как отечественного, так и импортного производства, в основном имеет гидростатические трансмиссии: ГСТ-90; ГСТ-112; 90R100 и 90M100; 6423-618 и 6433-113; BMW 70R и BMF75; HPV105 и HMF105; AA4VG90 и A2FM90 [1].

Основное испытание гидропривод проходит во время использования. Здесь и проявляются отказы и неисправности системы. Так, например, по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, во время уборочной кампании 2018 года из-за неисправности гидростатической трансмиссии простояло 21,9 % зерноуборочных комбайнов. Поэтому обеспечение ее надежности является важной производственной задачей. Для предупреждения и устранения неисправностей необходимо проводить своевременную диагностику гидроприводов.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете сотрудниками кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка разработано диагностическое устройство (рис. 1) [2-5], позволяющее в условиях хозяйств и предприятий агросервиса проводить объективное безразборное диагностирование объемных гидроприводов и при необходимости производить их послеремонтную обкатку.

Цель работы – разработка методики оценки технического состояния гидростатических трансмиссий

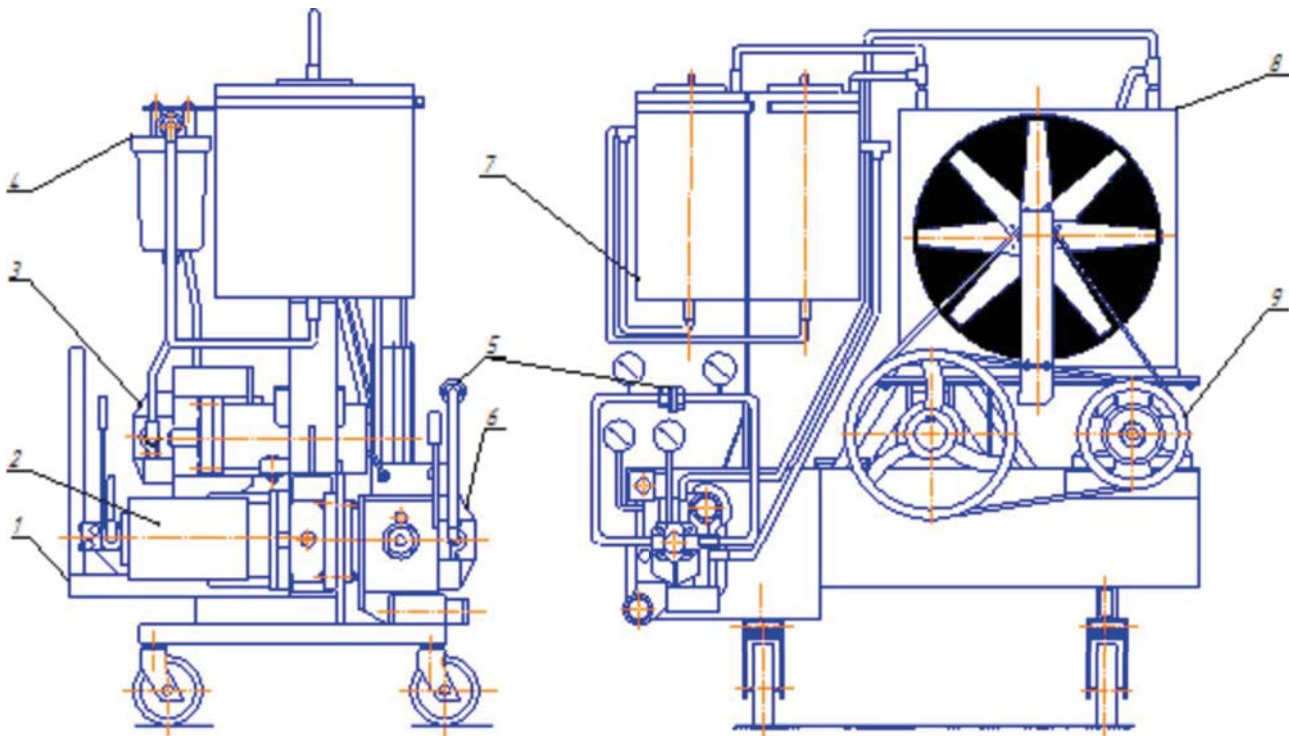


Рисунок 1. Диагностическое устройство:

1 – рама с рамкой автосцепки; 2 – диагностируемый аксиально-плунжерный гидромотор; 3 – диагностируемый аксиально-плунжерный насос; 4 – фильтр; 5 – нагрузочный дроссель-расходомер; 6 – гидравлический тормоз; 7 – гидробаки; 8 – радиатор охлаждения рабочей жидкости; 9 – ременная передача

(объемных гидроприводов) на диагностическом устройстве с гидравлическим тормозом в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров.

Основная часть

Рассмотрим методику оценки технического состояния гидростатических трансмиссий сельскохозяйственной техники (отечественной и импортной) в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров:

1. Для диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии, навесить диагностическое устройство (рис. 1) на заднее навесное устройство трактора. Для этого на раме устройства установлена рамка автосцепки. Мощность, передаваемая ВОМ трактора, должна быть выше мощности привода гидростатической трансмиссии (например, для ГСТ-90, номинальная мощность привода – 63 кВт);

2. Карданной передачей соединить ВОМ трактора с валом привода ременной передачи 9;

3. Залить рабочую жидкость в объеме, не более 120 л в гидробаки 7;

4. Подготовить аксиально-плунжерный гидронасос к испытанию. Для этого осмотреть корпус насоса на наличие сколов и трещин. Осмотреть в корпусе всасывающие и нагнетательные отверстия, проверить визуально состояние резьбовых и фланцевых соединений, устранить обнаруженные неисправности.

5. Установить диагностируемый насос 1 на промежуточную опору 2 диагностической установки при помощи гаек (рис. 2);

6. Соединить всасывающую полость насоса подпитки диагностируемого насоса так, чтобы не было подсоса воздуха при проверке, с фланцем всасывающей линии (трубопровода) гидробака установки;

7. Подготовить аксиально-плунжерный гидромотор к проверке. Для этого осмотреть корпус гидромотора на наличие сколов и трещин. Осмотреть визуально резьбовые элементы входных и выходных отверстий, фланцевые соединения. Устранить обнаруженные неисправности.

8. Смонтировать на промежуточной опоре корпус гидромотора 2 (рис. 1). Для этого фланец гидромотора 2 болтами подсоединить к промежуточной



Рисунок 2. Монтаж гидронасоса ГСТ:
1 – диагностируемый насос; 2 – промежуточная опора; 3 – рычаг гидрораспределителя

опоре. С другой стороны промежуточной опоры смонтировать гидравлический тормоз 6 с дросселем постоянного сечения 5.

Диаметр отверстия нагрузочного дросселя определяется по параметрам диагностируемой гидростатической трансмиссии (гидропривода) [6]

$$d_{отм} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{о.н} n_n \eta_o}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}} (p_{ном} - p_1)}} \quad (м), \quad (1)$$

где $V_{о.н}$ – рабочий объем насоса, м³;
 n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с⁻¹;

η_o – объемный КПД насоса;

μ – коэффициент расхода;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

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

p_1 – давление на входе в насос (после дросселя), Па.

9. Нагнетательное отверстие гидронасоса соединить рукавом высокого давления с входным отверстием на корпусе гидромотора. Выходное (сливное) отверстие корпуса гидромотора соединить с помощью рукава высокого давления с входным отверстием корпуса гидронасоса;

10. Соединить дренажное отверстие гидромотора с дренажным отверстием гидронасоса, а дренажное отверстие гидронасоса – с радиатором охлаждения 8 (рис. 1);

11. Присоединить отверстия в корпусе дросселя постоянного сечения 5 (рис. 1), диаметр которого соответствует номинальному тормозному моменту на валу

гидромотора, к манометрам и термометру. Гидравлическая схема проверки ГСТ приведена в источнике [6];

12. Запустить двигатель трактора и включить привод устройства. Прогреть рабочую жидкость до номинального температурного режима.

13. Установить минимальную частоту вращения вала гидронасоса $n_{мин}^H$ (табл. 1), при этом контролировать разрежения в линии всасывания (не должно превышать 0,075 МПа при рабочей температуре жидкости). При заполнении рабочей жидкостью всей гидросистемы гидростатической трансмиссии, плавно увеличить частоту вращения приводного вала гидронасоса до номинальной $n_{ном}^H$ (табл. 1) [1].

14. Температуру рабочей жидкости поддерживать в пределах номинальных значений $t_{ном}$ с помощью радиатора охлаждения (табл. 2) [1].

15. Контролировать давление в линии управления p_y при максимальном угле наклона люльки гидронасоса и давление в линии управления p'_y при нейтральном положении люльки гидронасоса (табл. 3) [1].

16. Контролировать постоянное p_d и максимальное кратковременное p'_d давление в линии дренажа (табл. 4) [1]. Максимальное кратковременное давление в линии дренажа (до 5 с) создается дросселированием рабочей жидкости на сливе.

17. Медленно наклонять рычаг гидрораспределителя насоса 1 (рис. 2) до максимальной подачи, достичь номинальной частоты вращения вала гидромотора 2 (рис. 1). При этом рычаг гидрораспределителя нагрузочного гидронасоса 6 (рис. 1) должен находиться в вертикальном положении, когда его подача

Таблица 1. Минимальное и номинальное значение частоты вращения вала гидронасоса

Контролируемый параметр	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4 VG A2FM
1. Минимальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{мин}^H$), об/мин, не менее	500	500	500	500	500
2. Номинальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{ном}^H$), об/мин, не более	2000	3300	3500	2900	2000

Таблица 2. Значения температуры рабочей жидкости объемных гидроприводов

Контролируемый параметр	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4 VG A2FM
1. Температура рабочей жидкости ($t_{ном}$), °С, не мене	50±5	60-85	80±2	80±5	80-90
2. Максимальная температура рабочей жидкости ($t_{макс}$), °С, не более	75	115	100	100	115

Таблица 3. Давление в линии управления объемных гидроприводов

Контролируемый параметр	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4 VG A2FM
1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{ном}^H$), об/мин, не менее	2000	3300	3500	2900	2000
2. Давление в линии управления при отклоненном рычаге сервораспределителя (p_y), МПа, не менее	1,45	1,4	1,5	1,9	2,2
3. В нейтральном положении рычага управления сервораспределителя (p'_y), МПа, не менее	1,6	2,2	1,85	2,5	3,0

Таблица 4. Давление в линии дренажа объемных гидроприводов

Порядок испытаний	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4 VG A2FM
1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{ном}^H$), об/мин, не менее	2000	3300	3500	2900	2000
2. Постоянное давление в линии дренажа (p_d), МПа, не менее	0,25	0,3	0,3	0,25	0,4
3. Максимальное кратковременное давление в линии дренажа (до 5с) (p'_d), МПа, не более	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Таблица 5. Значения расчетных параметров отдельных агрегатов и гидростатической трансмиссии в целом

Порядок испытаний	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4 VG A2FM
<i>Контроль объемного КПД отдельных агрегатов и гидропривода в целом</i>					
1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n_{ном}^H$, об/мин, не менее	2000	3300	3500	2900	2000
2. Номинальное давление в линии нагнетания P , МПа, не менее	27	42	24,1	25	40
3. Объемный КПД гидронасоса $\eta_{об}^H$ и гидро-мотора $\eta_{об}^M$, не менее	0,95	0,96	0,96	0,95	0,95
4. Объемный КПД гидропривода η_o , не менее	0,90	0,92	0,92	0,90	0,90
<i>Контроль крутящего момента на валу испытуемого гидромотора</i>					
5. Номинальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}^H$, Нм, не менее	401	667	449	418	501
6. Максимальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}^{max}$, Нм, не менее	610	763	656	702	573

практически равна нулю.

18. Медленно поворачивать рычаг гидрораспределителя насоса 6 (рис. 1), увеличивать давление до номинального значения. Следить за давлением по показанию манометров и контролировать температуру рабочей жидкости. Снять показания с тахометра, установленного в промежуточной опоре о развиваемой валом гидромотора частоте вращения под номинальной нагрузкой.

19. Сделать заключение о техническом состоянии объемного гидропривода [6].

$$\eta_{o,пр} = \frac{n_{z,эф.}}{n_{z,теор}}, \quad (2)$$

где $n_{z,эф.}$ – эффективная частота вращения вала гидромотора, c^{-1} ;

$n_{z,теор.}$ – теоретическая частота вращения вала гидромотора, c^{-1}

По результатам диагностирования и расчетов дается оценка технического состояния гидростатической трансмиссии. Если при номинальной частоте вращения вала гидронасоса и номинальном давлении в линиях нагнетания значения объемного КПД гидропривода не менее значений, представленных в таблице 5 [1], то гидростатическая трансмиссия считается технически исправной.

20. Демонтировать гидростатическую трансмиссию. Сделать заключение о результатах испытаний.

Заключение

Разработанная методика оценки технического состояния гидростатических трансмиссий мобильных технических средств позволяет оценить техническое состояние гидростатических трансмиссий по объемному КПД (зависимость (2)), определяемому по частоте вращения выходного вала при номинальной нагрузке.

Данная методика может быть использована для оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса гидростатических трансмиссий мобильных технических средств в условиях эксплуатации и на ремонтных предприятиях АПК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пьянзов, С.В. Устройство для оценки технического состояния объемного гидропривода / С.В. Пьянзов, П.А. Ионов, С.А. Величко, А.М. Земсков // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 2 (22). – С. 15-22.
2. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко [и др.] // Агропанорама. – 2009. – № 1. – С. 44-48.
3. Пьянзов, С.В. Объемные гидроприводы, применяемые в трансмиссиях отечественных и зарубежных

ных комбайнов / С.В. Пьянзов, П.А. Ионов // XLVI Огаревские чтения. – 2018. – №1. – С. 447-454.

4. Жданко, Д.А. Методические рекомендации по оценке технического состояния агрегатов гидростатических трансмиссий мобильных энергетических средств / Д.А. Жданко [и др.]; под общ. ред. Д.А. Жданко. – Минск: БГАТУ, 2019. – 124 с.

5. Жданко, Д.А. Диагностирование агрегатов гидростатических трансмиссий / Д.А. Жданко, В.Я. Тимошенко, Д.И. Сушко // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практич. конф. на 25-й Международ-

ной специализированной выставке «Белагро-2015», Минск, 4 июня 2015 г./ Министерство сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь; РО «Белагросервис»; Белор. гос. аграрный технический ун-т; редкол.: Н.А. Лабушев [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2015. – С. 179-184.

6. Тимошенко, В.Я. Мобильное устройство для диагностирования агрегатов гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, В.В. Ярош // Изобретатель. – 2019. – №2-3. – С. 34-38.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.03.2021

УДК 339.187:63-021.66

ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТОВАРОПРОВОДЯЩЕЙ СЕТИ В СИСТЕМЕ ПРОДВИЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОВ НА ВНЕШНИЙ РЫНОК

Н.В. Киреенко,

зав. каф. инновационного развития ИПК и ПК АПК БГАТУ, докт. экон. наук, профессор

К.Г. Мелешко,

аспирант РНУП «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси», магистр экон. наук

В статье изучены нормативные и правовые основы создания национальной системы продвижения товаров на внешний рынок. Выявлены тенденции функционирования субъектов аграрной товаропроводящей сети за 2016-2020 годы и комплекс проблем, сдерживающих их развитие за рубежом. Предложены стратегические направления развития товаропроводящей сети в системе продвижения сельскохозяйственных товаров Республики Беларусь на внешний рынок.

Ключевые слова: аграрный бизнес, система продвижения, субъекты товаропроводящей сети, сельскохозяйственные товары, продукты питания, внешний рынок, экспорт.

The article examines the regulatory and legal foundations for creating a national system to promote goods to foreign markets. The tendencies of functioning of the subjects of the agrarian distribution network for 2016–2020 and a set of problems hindering their development abroad are revealed. Strategic directions for the distribution network development in the system of promoting agricultural products of the Republic of Belarus to the foreign market are proposed.

Keywords: agribusiness, promotion system, subjects of the distribution network, agricultural products, food stuffs, foreign market, export.

Введение

Внешняя торговля выполняет важную функцию в экономической системе Республики Беларусь по обеспечению финансовой стабильности и национальной безопасности. За 2016-2020 годы удельный вес экспорта сельскохозяйственных товаров в валовом внутреннем продукте составил 8,0-9,0 %, а в товарной структуре страны достиг 20,0 % [1]. Государственной программой «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы предусматривается повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, наращивание экспортного потенциала, развитие экологически безопасного сельского хозяйства, ориен-

тированного на укрепление продовольственной безопасности страны, обеспечение полноценного питания и здорового образа жизни населения [2]. Решение поставленных задач требует создания благоприятных условий и принятия комплексных мер по расширению экспортной географии, закреплению отечественных экспортеров на перспективных сегментах.

В данном контексте важное значение приобретает повышение эффективности функционирования товаропроводящей сети (ТПС) на внешнем рынке как одного из стратегических направлений аграрной политики страны. Однако особенностью реализации экспортной стратегии обусловлены значительным участием государства в их создании и в отношении экс-