

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ГСТ-90, -112**

*А. В. Нанка, кандидат технических наук*

*А. В. Войтов, соискатель \**

*Харьковский национальный технический университет  
сельского хозяйства имени Петра Василенко  
e-mail: K1kavoitov@gmail.com*

**Анотация.** Техническое состояние гидростатических трансмиссий оценивается величиной общего к.п.д., который является произведением коэффициента подачи насоса и к.п.д. мотора. Эксплуатация ГСТ с низкими значениями объемного к.п.д. (до 20%) приводит к увеличению расхода топлива приводным двигателем, а также к снижению производительности сельскохозяйственной машины.

На основании разработанного способа диагностирования и измерительного комплекса – гидротестера разработан технологический процесс диагностирования ГСТ-90, ГСТ-112 в процессе эксплуатации. Диагностирование гидроприводов выполняется в хозяйствах перед началом сезонных работ или при постановке комбайнов на хранение, что позволяет принять решение на дальнейшую эксплуатацию гидропривода или его замену. Технологический процесс диагностирования оформлен в виде комплекта технологической документации согласно ГОСТ 3.1105-84.

Результаты диагностирования ГСТ-90 на комбайнах Дон-1500Б в хозяйствах позволяют утверждать, что разработанный технологический процесс и измерительный комплекс – гидротестер, позволяют регистрировать величины уменьшения коэффициента подачи насосов и к.п.д. моторов с коэффициентом вариации 0,025–0,054.

По результатам эксплуатационных испытаний получены расчетные зависимости, которые позволяют определить отработанный ресурс в часах гидронасосом  $t_n$  и гидромотором  $t_m$ , что дает возможность планировать замену ГСТ при эксплуатации комбайнов в хозяйствах.

\*Научный руководитель – кандидат технических наук А. В. Нанка

© А. В. Нанка, А. В. Войтов, 2017

**Ключевые слова:** *гидропривод, диагностика, диагностические признаки, поршневой мотор, поршневой насос, коэффициент подачи насоса, к.п.д. мотора, скорость увеличения давления за насосом, переходные процессы*

**Постановка проблемы.** Производительность зерноуборочных, кормоуборочных, а также свеклоуборочных комбайнов зависит от технического состояния гидростатического привода ГСТ-90 или ГСТ-112. Анализ работ, который посвящен диагностированию гидроприводов, позволяет сделать вывод, что эксплуатация комбайнов, у которых коэффициент подачи насосов  $\Delta\Psi$  и к.п.д. моторов  $\Delta\eta$  уменьшился до 20%, приведет к снижению рабочей скорости движения машины. Это снизит производительность комбайна и приведет к увеличению сроков уборки, а следовательно, к потере урожая. Одновременно, работа ГСТ с внутренними утечками жидкости повысит часовой расход топлива приводным дизельным двигателем, что увеличит затраты на уборку 1 га площади.

**Анализ последних исследований.** Анализ причин снижения к.п.д. гидростатических приводов представлен в работах [1–4], где приводится связь зазоров в сопряжениях качающих узлов с утечками через зазоры. Автором работы [1] получена математическая модель связи объемного к.п.д. с износами и зазорами в сопряжениях. Показано, что увеличение зазоров в качающих узлах насосов приводит к перерасходу топлива приводным двигателем. На основании этого делается вывод о пересмотре требований ДСТУ 2193-93 в сторону уменьшения предельных значений [2].

Исследования эксплуатационной надежности и причин отказа объемных гидроприводов, результаты которых приведены Галиным Д. А. [3], Камчуговым Н. В. [5], Балыковым Н. М. [6], показали, что наработка до отказа составляет не более 1000 часов, а средний межремонтный ресурс не превышает 60% от заявленного. Установлено, что причинами потери работоспособности ГСТ является увеличение зазоров в прецизионных соединениях узлов и агрегатов гидропривода по причине износа ответственных деталей. Анализ указанных выше работ позволяет сделать вывод о противоречивых мнениях авторов о группах ответственных деталей, которые в большей степени влияют на утечки, а следовательно, и на снижение к.п.д.

Анализ источников [1, 7–11] показал, что долговечность объемных гидроприводов в процессе эксплуатации во многом

зависит от режимов и условий работы, качества рабочей жидкости, температуры и содержания загрязнений в рабочей жидкости.

**Цель исследования.** Разработать технологический процесс диагностирования технического состояния гидростатического привода ГСТ-90, ГСТ-112 самоходных комбайнов перед началом сезонных работ.

**Результаты исследования.** Технологический процесс диагностирования технического состояния (снижение  $\Delta\Psi$  у гидронасосов и  $\Delta\eta$  у гидромоторов от номинального значения) разработан на основании работ [12–14] и представляет собой совокупность операций по соответствующим воздействиям, которые выполняются в определенной последовательности с помощью соответствующего инструмента и измерительного комплекса с соблюдением технических условий и мер безопасности.

Технологический процесс оформляется в виде маршрутной карты, в которой отражена последовательность выполняемых операций и предназначен для специалиста по диагностированию.

Маршрутная карта состоит из текстовой части с полным описанием перечня операций по выполнению предусмотренного вида работ и карты эскизов, наглядно иллюстрирующей места (точки), установки датчиков, выполняемых операций и способов применения необходимой технологической оснастки (технологическое зубчатое колесо и кронштейн крепления датчика оборотов вала гидромотора).

Основными технологическими операциями, которые могут привести к ошибкам в процессе диагностирования, а следовательно, требуют внимания при их выполнении, являются следующие.

1. Перед первым запуском дизеля убедиться в натяжении ремней привода НП-90, НП-112. При максимальных оборотах дизеля обороты НП-90, НП-112 должны составлять  $n_i=1500$  об/мин. При несоответствии оборотов устранить причину натяжения ремней.

2. Установить гидротестер на комбайн. Датчик высокого давления устанавливается в технологическое резьбовое отверстие клапанной коробки МП-90, МП-112, как показано на рис. 1.

На правую полуось привода передних колес устанавливается разъемное технологическое зубчатое колесо, а на корпус гидромотора устанавливается технологический кронштейн с индукционным датчиком оборотов, как показано на рис. 2.

После установки датчиков гидротестер в виде микропроцессорного блока, рис. 3, подключается к бортовой системе питания напряжением 12 В.



Рис.1. Место установки датчика высокого давления на комбайне Дон-1500Б.



Рис. 2. Место установки индукционного датчика оборотов вала гидромотора на комбайне Дон-1500Б.

3. Поставить рычаг коробки передач в нейтральное положение и запустить дизель. Во время запуска дизеля контролировать показания вакуумметра, который установлен на корпусе фильтра.

Первоначально вакуумметр покажет разряжение, затем должен установиться на зеленом секторе. Если вакуумметр не

отклонился при запуске – это свидетельствует о том, что не работает насос подпитки или есть подсос воздуха на корпусе фильтра или насоса подпитки. Проверить насос подпитки и уплотнительное кольцо корпуса фильтра.

Если вакуумметр установился на зеленом секторе – обеспечить работу ГСТ-90, ГСТ-112 в холостом режиме 10 минут. За это время насос подпитки заполнит всю систему маслом, в первую очередь фильтр, а масло освободится от пузырьков воздуха.



Рис. 3. Комплект измерительного комплекса – гидротестер.

4. Отклонить рычаг управления ГСТ вперед на 5 секунд, а затем назад на 5 секунд. Прodelать данную операцию 3–5 раз для того, чтобы гидравлическая жидкость заполнила полости сервоцилиндров управления ГСТ.

5. Включить первую передачу и отклонить рычаг управления ГСТ вперед. Двигаясь на первой передаче разогреть гидравлическую жидкость до температуры  $50 \pm 5^\circ\text{C}$ . Температуру гидравлической жидкости контролировать по указателю температуры охлаждающей жидкости, переключив его на другой диапазон.

6. После разогрева гидравлической жидкости до температуры  $50 \pm 5^\circ\text{C}$  остановить комбайн, выключить дизель. Открыть лючок крышки гидравлического бака и в прозрачную посуду взять пробу масла объемом  $200 \text{ см}^3$ . Визуально оценить цвет масла. Наличие воздушных пузырьков и пены не допускается. Это говорит о подсосе воздуха в систему. Мутный цвет масла говорит о наличии воды в масле. Необходимо заменить масло. После выполнения всех перечисленных выше технологических операций выполняется диагностирование ГСТ комбайна по динамической характеристике разгона.

7. Запускается дизель. Устанавливается максимальная частота вращения дизеля. Включают вторую передачу коробки

передач и отклоняют рычаг управления ГСТ до максимального угла. Обеспечивают разгон комбайна на ровной площадке от скорости равной нулю до рабочей скорости. После стабилизации скорости движения комбайн остановить.

8. Нажав кнопку "Да" прочитать показания  $\Delta\Psi = \dots$ . Нажав на кнопку "Дальше" прочитать показания  $\Delta\eta = \dots$ .

Операцию диагностирования повторить не менее трех раз.

9. Если три показания  $\Delta\Psi$  и  $\Delta\eta$  отличаются не более, чем на 5%, признать результаты диагностирования.

Если результаты диагностирования отличаются более чем на 5%, увеличить число повторов, добившись воспроизводимости показаний гидротестера.

10. По результатам измерений оформляется карта диагностирования и принимается решение о продолжении эксплуатации ГСТ или прекращении.

Если значения  $\Delta\Psi = 20\%$  и  $\Delta\eta = 20\%$ , эксплуатацию ГСТ необходимо прекратить.

После завершения диагностирования необходимо поставить рычаг управления ГСТ в нейтральное положение и выключить дизель.

Произвести демонтаж датчика высокого давления с клапанной коробки МП-90, МП-112. Демонтировать технологическое зубчатое колесо с полуоси. Демонтировать кронштейн с датчиком частоты вращения с корпуса гидромотора.

На разработанный технологический процесс диагностирования ГСТ-90, ГСТ-112 оформлен комплект технологической документации согласно ГОСТ 3.1105-84.

Эксплуатационные испытания технологии диагностирования технического состояния гидропривода ГСТ-90 проводились в хозяйствах Харьковской области. Для диагностирования были выбраны 13 зерноуборочных комбайнов после завершения уборочных работ.

Диагностирование проводилось согласно технологического процесса на диагностирование, которой изложен выше и представлен в виде технологических маршрутных карт, а также разработанного измерительного комплекса – гидротестера, рис. 3.

Основными задачами диагностирования явилось – определить техническое состояние насоса НП-90 и мотора МП-90 путем измерения величины снижения коэффициента подачи  $\Delta\Psi$  и к.п.д.  $\Delta\eta$ .

Для измерения и последующего расчета микропроцессором гидротестера значений  $\Delta\Psi$  и  $\Delta\eta$ , регистрации подлежат четыре диагностических параметра.



1. Величина максимального давления жидкости в напорной магистрали перед мотором. Регистрируется датчиком высокого давления, рис. 1.

2. Величину максимального значения угловой частоты вращения ротора гидромотора. Регистрируется бесконтактным индукционным датчиком, рис. 2, который устанавливается на гидромоторе. Взаимодействует бесконтактный датчик с технологическим зубчатым колесом, которое устанавливается на полуось переднего моста.

3. Определение времени, когда величина давления жидкости достигнет максимума и угловая частота вращения ротора гидромотора достигнет максимума, определяется микроконтроллером, который входит в состав гидротестера, рис. 3.

Для выполнения указанных измерений датчик высокого давления устанавливали на клапанной коробке гидромотора в резьбовое отверстие, которое соединяется с магистралью высокого давления. Бесконтактный индукционный датчик частоты вращения ротора гидромотора, с помощью технологического кронштейна, устанавливали на корпус гидромотора, а технологическое зубчатое колесо, на полуось переднего моста. Для удобства монтажа на полуось зубчатое колесо является разъемным.

Блок регистрации и обработки информации – гидротестер, размещается в кабине оператора комбайна.

Перед диагностированием, за счет движения комбайна по ровной поверхности площадки, разогревали гидравлическую жидкость до температуры  $50 \pm 5^\circ\text{C}$ . Контроль температуры гидравлической жидкости осуществляли с помощью штатного измерителя температуры, который вынесен на приборную доску оператора комбайна.

После разогрева рабочей жидкости обязательным является визуальный контроль наличия пузырьков воздуха, пены или помутнения жидкости в гидравлическом баке. Пузырьки воздуха и пена свидетельствуют о негерметичности системы всасывания жидкости, помутнение жидкости – о наличии воды в гидравлической жидкости. При обнаружении таких явлений необходимо устранить их причины. При наличии воды в гидравлической жидкости, жидкость необходимо заменить.

Согласно технологии диагностирования осуществлялись три последовательных разгона комбайна с регистрацией результатов измерения в карту диагностирования.

По результатам диагностирования рассчитывались средние значения  $\Delta\Psi_{мест}$ ,  $\Delta\eta_{мест}$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma_\psi$  и  $\sigma_\eta$ , а также коэффициент вариации диагностических признаков  $U_\psi$  и  $U_\eta$ .

Результаты диагностирования ГСТ-90 на комбайнах Дон-1500Б представлены в табл. 1.

**1. Результаты диагностирования ГСТ-90 на комбайнах Дон-1500Б.**

Номер ГСТ наработка, ч	НП-90			МП-90		
	$\Delta\Psi_{месм}$	$\sigma_{\psi}$	$U_{\psi}$	$\Delta\eta_{месм}$	$\sigma_{\eta}$	$U_{\eta}$
<u>№1</u> 200	4,88	0,122	0,025	4,64	0,111	0,024
<u>№2</u> 650	12,22	0,581	0,045	12,13	0,533	0,044
<u>№3</u> 400	9,42	0,301	0,032	9,0	0,279	0,031
<u>№4</u> 900	15,21	0,775	0,051	15,0	0,75	0,05
<u>№5</u> 650	13,05	0,587	0,045	12,97	0,57	0,044
<u>№6</u> 400	10,12	0,323	0,032	9,88	0,306	0,031
<u>№7</u> 200	5,12	0,128	0,025	5,0	0,12	0,024
<u>№8</u> 900	14,98	0,763	0,051	14,72	0,736	0,05
<u>№9</u> 1400	19,64	1,04	0,053	19,12	1,032	0,054
<u>№10</u> 650	13,14	0,591	0,045	13,0	0,572	0,044
<u>№11</u> 400	10,96	0,35	0,032	10,17	0,315	0,031
<u>№12</u> 1400	20,13	1,066	0,053	20,0	1,08	0,054
<u>№13</u> 900	14,74	0,751	0,051	14,11	0,705	0,05

Полученный массив экспериментальных данных по измерению коэффициентов подачи НП-90 и к.п.д. МП-90 был проверен на соответствие нормальному закону распределения. Для этого рассчитывали среднеквадратическое абсолютное отклонение САО для  $\Delta\Psi_{месм}$ ,  $\Delta\eta_{месм}$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ . Результаты расчетов статистических характеристик представлены в табл. 2.

Анализ расчетных статистических значений, представленных в табл. 2, позволяет утверждать, что экспериментально полученный объем выборки, который приведен в табл. 1, соответствует нормальному закону распределения.

Однородность и воспроизводимость значений испытаний ГСТ-90 на зерноуборочных комбайнах Дон-1500Б оценивали по величине



критерия Кохрена. Используя объем выборки по всем 13 комбайнам были получены следующие значения критерия Кохрена:

- для величины уменьшения коэффициента подачи насоса  $\Delta\Psi_{месм}$ , расчетное значение равно  $G_p=0,01$ ;
- для величины уменьшения к.п.д. мотора  $\Delta\eta_{месм}$ , расчетное значение  $G_p=0,01$ .

**2. Результаты расчетов статистических характеристик на соответствие выборки  $\Delta\Psi_{месм}$  и  $\Delta\eta_{месм}$  нормальному закону распределения.**

Агрегат	среднее значение $\Delta\Psi$ , % $\Delta\eta$ , %	CAO	$\sigma$	$\frac{CAO}{\sigma} - 0,7979$	$\frac{0,4}{\sqrt{N}}$
НП-90	12,63	0,476	0,567	0,041	0,064
МП-90	12,28	0,458	0,546	0,040	0,064

Для количества сравниваемых дисперсий равных 13 и количества опытов  $N=56$ , табличное значение критерия  $G_{табл}=0,016$ , при доверительной вероятности  $q=0,9$ .

Анализ значений табл. 1 позволяет сделать вывод, что коэффициент вариации, который характеризует отклонения измеряемых значений от средней величины, не является постоянной величиной, а изменяется, в зависимости от наработки ГСТ-90 в пределах 0,025–0,054. Следовательно, точность измерений будет изменяться и зависеть от значений  $\Delta\Psi_{месм}$  и  $\Delta\eta_{месм}$ .

На основании массива измеренных значений  $\Delta\Psi_{месм}$  и  $\Delta\eta_{месм}$  была построена зависимость, которая представлена на рис. 4. Характер зависимости позволяет сделать вывод, что при увеличении утечек в НП-90 и МП-90 в процессе эксплуатации, увеличивается степень изменения измеряемых параметров, которую можно оценить величиной коэффициентов вариации  $u_\psi$  и  $u_\eta$ . Как следует из рис. 4 для новых насосов и моторов, для которых  $\Delta\Psi_{месм}=0$  и  $\Delta\eta_{месм}=0$ , степень изменения регистрируемых параметров не превышает величины 0,01, т.е. 1%.

При достижении предельного состояния, когда  $\Delta\Psi_{месм}=20\%$  и  $\Delta\eta_{месм}=20\%$ , степень изменения регистрируемых параметров превышает 0,055, т.е. 5,5%.

Увеличение коэффициентов вариации измеряемых параметров можно объяснить возникновением колебаний величины давления в напорной магистрали и колебанием угловой частоты вращения ротора гидромотора во время разгона комбайна и во время движения. Полученные экспериментальные данные подтверждают теоретические выводы. Математическая модель

гидропривода, как объекта диагностирования, которая представлена в работах [12–14], учитывает увеличение колебаний давления жидкости в напорной магистрали при увеличении  $\Delta\Psi$ , а также увеличение колебаний угловой частоты вращения ротора гидромотора при увеличении  $\Delta\eta$ . Следовательно, при диагностировании технического состояния гидроприводов комбайнов в процессе эксплуатации, у которых значения  $\Delta\Psi_{месм} > 15\%$  и  $\Delta\eta_{месм} > 15\%$ , необходимо увеличивать число повторов от 3 до 6 раз, что позволит повысить точность измерений.

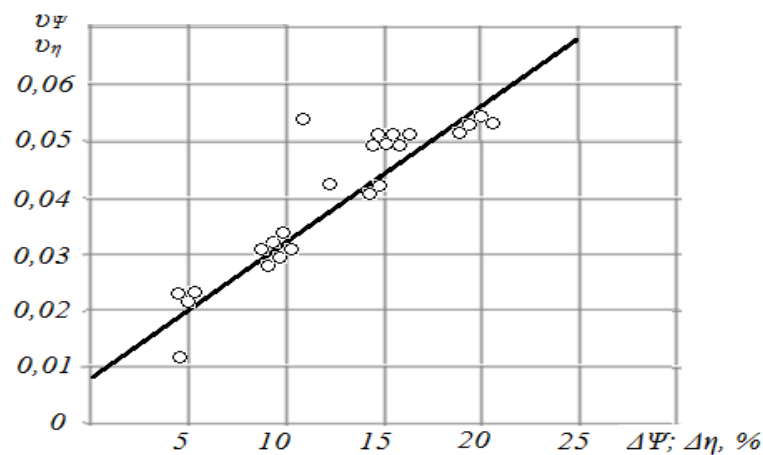


Рис. 4. Зависимость изменения коэффициентов вариации от величины измеряемых параметров  $\Delta\Psi$  и  $\Delta\eta$ .

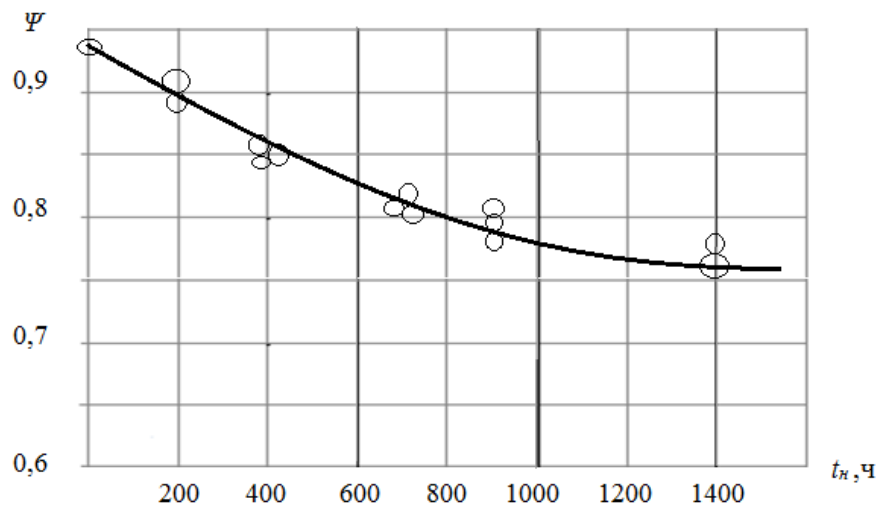


Рис. 5. Зависимость изменения коэффициента подачи насоса  $\Psi$  от времени эксплуатации  $t_n$ .

Массив измерений значений  $\Delta\Psi_{месм}$  и  $\Delta\eta_{месм}$ , при диагностировании ГСТ-90 в хозяйствах, в сочетании с значениями времени эксплуатации насоса  $t_n$  и мотора  $t_m$ , которое измеряется в

часах, позволил получить зависимости, которые представлены на рис. 5 и рис. 6.

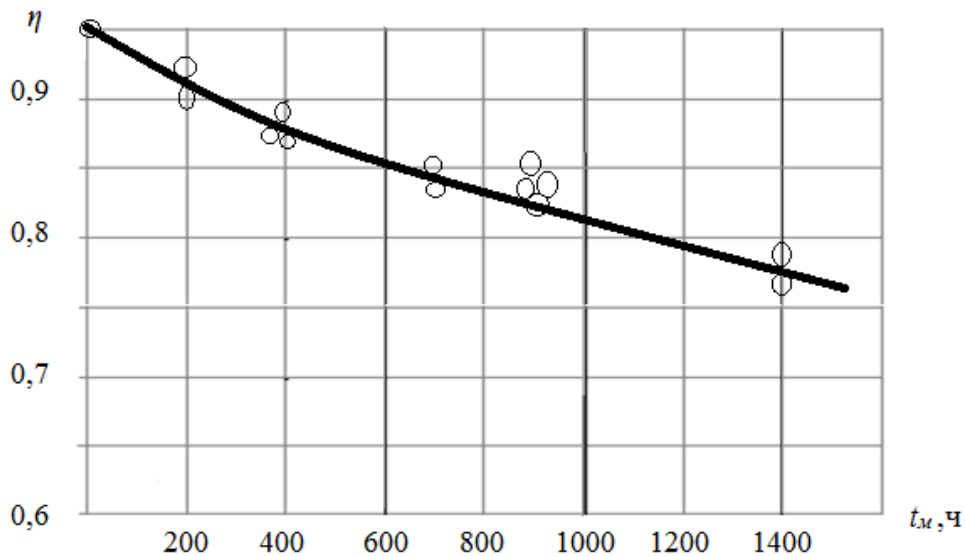


Рис. 6. Зависимость изменения к.п.д. мотора  $\eta$  от времени эксплуатации  $t_M$ .

Зависимость изменения коэффициента подачи насоса  $\Psi$  от времени эксплуатации, рис. 5, можно представить выражением:

$$\Psi_{uzm} = 0,95e^{-K_H t_H}, \quad (1)$$

где:  $\Psi_{uzm}$  – измеренные значения  $\Psi$  с помощью гидротестера определяется по выражению  $\Psi_{uzm} = 0,95 - \Delta\Psi_{мес}$ .

Коэффициент  $K_H$  найдем после логарифмирования выражения (1):

$$K_H t_H = \ln 0,95 - \ln \Psi_{uzm}, \quad (2)$$

откуда получим  $K_H$ :

$$K_H = \frac{\ln 0,95 - \ln \Psi_{uzm}}{t_H} = \frac{\ln 0,95 - \ln 0,75}{1400} = 0,000168. \quad (3)$$

В результате зависимость (1) можно переписать в виде:

$$\Psi = 0,95e^{-0,000168 t_H}, \quad (4)$$

где 0,95 – номинальное значение коэффициента подачи насоса.

Из выражения (2) с учетом полученного значения  $K_H$ , формуле (3), можно получить выражение для расчета отработанного ресурса насосом  $t_H$  по измеренным значениям  $\Psi_{uzm}$ :

$$t_H = \frac{\ln 0,95 - \ln \Psi_{uzm}}{0,000168}. \quad (5)$$

Зависимость изменения к.п.д. мотора  $\eta$  от времени эксплуатации, рис. 6, представим зависимостью:

$$\eta_{uzm} = 0,98e^{-K_M t_M}, \quad (6)$$

где  $\eta_{uzm}$  – измеренное значение  $\eta$  с помощью гидротестера, определяется по выражению:  $\eta_{uzm} = 0,98 - \Delta\eta_{мес}$ .

Из выражения (6) получим:

$$K_M t_M = \ln 0,98 - \ln \eta_{УЗМ}, \quad (7)$$

откуда:

$$K_M = \frac{\ln 0,98 - \ln \eta_{УЗМ}}{t_M} = \frac{\ln 0,98 - \ln 0,78}{1400} = 0,000162. \quad (8)$$

В результате зависимость для гидромотора принимает вид:

$$\eta = 0,98e^{-0,000162t_M}, \quad (9)$$

где: 0,98 – номинальное значение к.п.д. гидромотора.

Аналогично получим выражение для расчета отработанного ресурса мотором  $t_M$  по измеренным значениям  $\eta_{УЗМ}$ :

$$t_M = \frac{\ln 0,98 - \ln \eta_{УЗМ}}{0,000162}. \quad (10)$$

Выражения (5) и (10) могут быть использованы для определения отработанного ресурса гидронасосом и гидромотором по измеренным значениям  $\Delta\Psi_{месм}$  и  $\Delta\eta_{месм}$  с помощью гидротестера. Это позволяет планировать замену ГСТ при эксплуатации комбайнов в хозяйствах.

Результаты диагностирования технического состояния ГСТ-90 на зерноуборочных комбайнах ДОН-1500Б в хозяйствах позволяют утверждать, что разработанный технологический процесс и измерительный комплекс – гидротестер, позволяют регистрировать величины уменьшения коэффициента подачи насоса  $\Delta\Psi_{месм}$  и к.п.д. мотора  $\Delta\eta_{месм}$  с коэффициентом вариации  $u = 0,025-0,054$ . Установлено, что при диагностировании ГСТ, который имеет предельные значения снижения  $\Delta\Psi$  и  $\Delta\eta$ , коэффициент вариации увеличивается, что требует увеличение числа повторов при диагностировании до 6 раз.

### Выводы

1. На основании разработанного способа диагностирования и измерительного комплекса – гидротестера разработан технологический процесс диагностирования ГСТ-90, ГСТ-112 в процессе эксплуатации. Диагностирование гидроприводов выполняется в хозяйствах перед началом сезонных работ или при постановке комбайнов на хранение, что позволяет принять решение на дальнейшую эксплуатацию гидропривода или его замену. Технологический процесс диагностирования оформлен в виде комплекта технологической документации согласно ГОСТ 3.1105-84.

2. Результаты диагностирования ГСТ-90 на комбайнах ДОН-1500Б в хозяйствах позволяют утверждать, что разработанный технологический процесс и измерительный комплекс – гидротестер, позволяют регистрировать величины уменьшения коэффициента подачи насосов и к.п.д. моторов с коэффициентом вариации 0,025–0,054. По результатам эксплуатационных испытаний получены расчетные зависимости, которые позволяют определить ресурс

гидронасоса и гидромотора, что дает возможность планировать ремонтные работы.

### Список литературы

1. *Горбатов В. В.* Аналіз впливу зміни технічного стану гідроприводів циклічної дії сільськогосподарських машин на перевитрати палива // Вісник ХНТУСГ. 2009. Вип. 80. С. 315—321.
2. *ДСТУ 2193-93.* Гідроприводи об'ємні. Насоси об'ємні та гідромотори. Загальні технічні умови.
3. *Галин Д. А.* Анализ технического состояния гидростатической трансмиссии ГСТ-90 // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем: сб. науч. тр. Морд. гос. ун-т им. Н. П. Огарева. Саранск. Красный Октябрь. 2010. С. 117—120.
4. *Кравчук В., Горбатов В.* Методика визначення перевитрат палива при зміні технічного стану гідроприводів сільськогосподарських машин // Motrol. Lublin. 2009. Vol. 11A. P. 239—246.
5. *Камчугов Н. В.* Причины появления ресурсных отказов и оценка долговечности гидростатических трансмиссий сельскохозяйственной техники: автореф. дис. канд. техн. наук. Челябинск. ЧИМЭСХ. 1992. 16 с.
6. *Балыков Н. М.* Обеспечение работоспособности и повышение ресурса гидроприводов сельскохозяйственной и мелиоративной техники применением комплексных покрытий: автореф. дис. канд. техн. наук. Саратов. СГАУ. 2002. 16 с.
7. *Сенин А. П.* Технология регулируемых аксиально-поршневых гидромашин восстановлением ресурсолимитирующих соединений: автореф. дис. канд. техн. наук. Саранск. ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарева. 2012. 18 с.
8. *Земсков А. М., Ионон П. А., Галин Д. А., Сенин А. П.* Оценка работоспособности объемных гидроприводов ГСТ-112 // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Саранск. Мордовский ун-т. 2010. С. 102—107.
9. *Литовка С. В.* Влияние зазоров качающего узла гидроагрегатов на выходные параметры объемных гидроприводов трансмиссий сельскохозяйственных машин // Праці ТДАТУ. Мелітополь. 2011. Вип. 11. Т. 2. С. 21—26.
10. *Косолапов В. Б., Литовка С. В.* Оценка влияния периодичности замены рабочей жидкости гидропривода трансмиссии на технико-экономические показатели сельскохозяйственных машин // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків. 2010. Вип. 93. Т. 1. С. 493—499
11. *Кириллов Ю. И., Каулин Ф. А., Хмелевой А. Н.* Ремонт и эксплуатация объемного гидропривода. Москва. Агропромиздат. 1987. 80 с.
12. *Бойко И. Г., Войтов А. В., Войтов В. А.* Структурная идентификация математической модели диагностирования объемного гидропривода ГСТ-90, 112 // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 226. С. 124—132.
13. *Войтов А. В., Бойко И. Г.* Параметрическая идентификация динамической модели переходных процессов в поршневых гидронасосах и гидромоторах // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. 2015. Вип. 3. С. 105—117.
14. *Войтов Антон, Бойко Иван.* Обоснование диагностических признаков технического состояния объемного гидропривода сельскохозяйственных машин // Motrol. Lublin. 2016. Vol. 18. № 5. P. 73—82.

## References

1. *Gorbatov V.* (2009). Analysis of the impact of changes in the technical state of cyclic action hydraulic agricultural machinery for over run fuel. Bulletin HNTUSG. № 80. 315-321.
2. *DSTU 2193-93* (1993). Hydraulic volume. Capacity pump sand motors. General specifications.
3. *Galín D. A.* (2010). Analysis of the technical state of the hydrostatic transmission HST-90 // Increasing the efficiency of mechanical and energy systems: coll. scientific. tr. Mord. state. Univ. them. N. P. Ogarev. Saransk. Red October. 117-120.
4. *Kravchuk V., Gorbatov V.* (2009). Metodika viznachennya perevitrat paliva pri zmíní tekhníchnogo stanu gídroprivodív síl's'kogospodars'kikh mashin // Motrol. Lublin. 2009. Vol. 11A. 239-246.
5. *Kamchugov N. V.* (1992). Prichiny poyavleniya resursnykh otkazov i otsenka dolgovechnosti gidrostatičeskikh transmissiy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Chelyabinsk. CHIMESKH. 16.
6. *Balykov N. M.* (2002). Obespecheniye rabotosposobnosti i povysheniye resursa gidroprivodov sel'skokhozyaystvennoy i meliorativnoy tekhniki primeneniyem kompleksnykh pokrytiy. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Saratov. SGAU. 16.
7. *Senin A. P.* (2012). Tekhnologiya reguliruyemykh aksial'no-porshnevnykh gidromashin vosstanovleniyem resursolimitiruyushchikh soyedineniy. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Saransk. FGBOU VPO MGU im. N. P. Ogareva. 18.
8. *Zemskov A. M., Ionov P. A., Galín D. A., Senin A. P.* (2010). Otsenka rabotosposobnosti ob'yemnykh gidroprivodov GST-112 // Energoeffektivnyye i resursosberegayushchiye tekhnologii i sistemy: mezhvuz. sb. nauch. tr. Saransk. Izd-vo Mordov. un-ta. 102-107.
9. *Litovka S. V.* (2011). Vliyaniye zazorov kachayushchego uzla gidroagregatov na vykhodnyye parametry ob'yemnykh gidroprivodov transmissiy sel'skokhozyaystvennykh mashin // Pratsí TDATU. Melítopol. Vip. 11. T. 2. 21-26.
10. *Kosolapov V. B., Litovka S. V.* (2010). Otsenka vliyaniya periodichnosti zameny rabochey zhidkosti gidroprivoda transmissii na tekhniko-ekonomicheskiye pokazateli sel'skokhozyaystvennykh mashin // Mekhanízatsiya s.g. virobnitstva: Vísnik KHNTUSG ím. Petra Vasilenka. Kharkív. KHNTUSG. №93. T. 1. 493-499.
11. *Kirillov Yu. I., Kaulin F. A., Khmelevoy A. N.* (1987). Remont i ekspluatatsiya ob'yemnogo gidroprivoda. Moscow. Agropromizdat. 80.
12. *Boyko I. G., Voitov A. V., Voytov V. A.* (2015). Strukturnaya identifikatsiya matematicheskoy modeli diagnostirovaniya ob'yemnogo gidroprivoda GST-90, 112 // Naukoviy vísnik Natsíonal'nogo uníversitetu bíoresursív í prirodokoristuvannya Ukraíni. Seriya: tekhníka ta energetika APK. Kiev. Vip. 226. 124-132.
13. *Voitov A. V., Boyko I. G.* (2015). Parametricheskaya identifikatsiya dinamicheskoy modeli perekhodnykh protsessov v porshnevnykh gidronasosakh i gidromotorakh // Tekhníchniy servis agropromislovogo, lísovogo ta transportnogo kompleksív. Kharkív. KHNTUSG. Vip. 3. 105-117.
14. *Voitov Anton, Boyko Ivan.* (2016). Obosnovaniye diagnosticheskikh priznakov tekhnicheskogo sostoyaniya ob'yemnogo gidroprivoda sel'skokhozyaystvennykh mashin // Motrol. Lublin. Vol. 18. № 5. 73-82.

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОСТАТИЧНИХ ПРИВОДІВ GST-90, -112

**А. В. Нанка, А. В. Войтов**

**Анотація.** Технічний стан гідростатичних трансмісій оцінюється величиною загального к.к.д., який є добутком

коефіцієнта подачі насоса і к.к.д. мотора. Експлуатація ГСТ з низькими значеннями об'ємної к.к.д. (до 20%) призводить до збільшення витрати палива приводним двигуном, а також до зниження продуктивності сільськогосподарської машини.

На підставі розробленого способу діагностування та вимірювального комплексу – гидротестера розроблений технологічний процес діагностування ГСТ-90, ГСТ-112 в процесі експлуатації. Діагностування гідроприводів виконується в господарствах перед початком сезонних робіт або при постановці комбайнів на зберігання, що дозволяє прийняти рішення на подальшу експлуатацію гідроприводу або його заміну. Технологічний процес діагностування оформлений у вигляді комплексу технологічної документації згідно ГОСТ 3.1105-84.

Результати діагностування ГСТ-90 на комбайни Дон-1500Б в господарствах дозволяють стверджувати, що розроблений технологічний процес і вимірювальний комплекс – gh гидротестер, дозволяють реєструвати величини зменшення коефіцієнта подачі насосів і к.к.д. моторів з коефіцієнтом варіації 0,025–0,054.

За результатами експлуатаційних випробувань отримано розрахункові залежності, які дозволяють визначити відпрацьований ресурс в годинах гідронасосом  $t_n$  і гідромотори  $t_m$ , що дає можливість планувати заміну ГСТ при експлуатації комбайнів у господарствах.

**Ключові слова:** *гідропривід, діагностика, діагностичні ознаки, поршневий мотор, поршневий насос, коефіцієнт подачі насоса, к.к.д. мотора, швидкість збільшення тиску за насосом, перехідні процеси*

## **TECHNOLOGICAL PROCESS OF DIAGNOSING TECHNICAL CONDITION OF HYDROSTATIC DRIVES HST-90, 112**

**O. V. Nanka, A. V. Voitov**

**Abstract.** *The technical state of such hydrostatical transmissions is estimated by the magnitude of the overall efficiency, which is the product of the pump feed rate and efficiency motor. Operation of HST with low values of volumetric efficiency (up to 20%) leads to an increase in the fuel consumption of the drive motor, as well as to a decrease in the productivity of the agricultural machine.*

*Based on the developed method of diagnosis and the measuring complex – a hydrotester, a technological process for diagnosing HST-90, 112 in operation. Diagnosis of hydraulic drives is carried out on farms before the start of seasonal work or when storing combines for storage, which allows a decision to be taken to further operate the hydraulic drive*



or replace it. The technological process of diagnosing is issued in the form of a set of technological documentation in accordance with GOST 3.1105-84.

Diagnosis results HST-90, 112 on combines Don-1500B in the farms it is possible to state that the developed technological process and the measuring complex – a hydrotest, allow to register the values of the decrease in the pump feed rate and the efficiency factor motors with coefficient of variation 0,025–0,054.

According to the results of operational tests, the calculated dependences have been obtained, which allow calculating the spent resource in a clock with a hydraulic pump  $t_h$  and hydraulic motor  $t_m$ , which makes it possible to plan a replacement HST when operating combine harvesters on farms.

**Key words:** *hydraulic drive, diagnostics, diagnostic signs, piston engine, piston pump, pump flow rate, efficiency motor, rate of increase of motor angular speed of rotor, rate of increase pressure behind pump, transient processes*

УДК 631:372

## **КЛАСИЧНА КОНСТРУКТИВНО-КОМПОНУВАЛЬНА СХЕМА ЕНЕРГОЗАСОБІВ**

**Г. В. Шкарівський, кандидат технічних наук  
e-mail: kafedra-avto@ukr.net**

**Анотація.** *Можливість створення агрегатів різного призначення і компонування істотно залежить від конструктивно-компонувальної схеми мобільного енергетичного засобу. На основі аналізу діяльності тракторобудівних підприємств світу встановлено, що останні істотно розширили номенклатуру своєї продукції включаючи і випуск машин класичного компонування, основними ознаками яких є простота конструкції, максимальне використання зчпної ваги трактора, задовільна оглядовість технологічних модулів, задовільні маневрові якості, значний агротехнічний просвіт тощо. Останнім часом широкого розповсюдження набула покращена класична компоновка, ознаками якої є збільшена частка маси трактора на передній ведучий міст до 35...40 %, збільшений типорозмір шин передніх ведучих коліс, передній міст балкового типу, збільшений до 50...55° кут*

© Г. В. Шкарівський, 2017