

Войтов А.В.

Харьковский национальный техниче-
ский университет сельского хозяйства
имени П.Василенко,
г. Харьков, Украина
E-mail: K1kavoitov@gmail.com

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГСТ-90,112**

УДК 621.891

Приведены результаты экспериментальных стендовых испытаний по проверке диагностических признаков, к которым относятся скорость увеличения давления за насосом \dot{P} , Па/с и скорость увеличения угловой частоты вращения ротора мотора под нагрузкой. Показано, что для определения технического состояния ГСТ-90,112 в процессе эксплуатации необходимо контролировать: величину максимального давления за насосом во время переходного процесса P_{max} , когда вал гидромотора заторможен номинальным крутящим моментом; время, когда давление за насосом во время переходного процесса под нагрузкой достигает максимума $t_{n\ max}$, с; величину максимальной угловой частоты вращения ротора гидромотора во время переходного процесса ω_{max} , 1/с, когда вал гидромотора заторможен номинальным крутящим моментом; время, когда угловая частота вращения ротора гидромотора достигает максимума $t_{m\ max}$, с.

Для подтверждения информативности и воспроизводимости результатов измерений при диагностировании ГСТ с помощью разработанного способа были проведены стендовые испытания комплектов ГСТ поступивших в ремонт и прошедших капитальный ремонт. Экспериментально установлено, что значения выборки измерений с помощью гидро-тестера однородны и воспроизводимы. Рассчитана относительная ошибка измерений уменьшения коэффициента подачи насоса и к.п.д. мотора, которая находится в пределах 3,3-5,0%. Выполнена оценка влияния температуры рабочей жидкости на ошибку измеряемых параметров. Установлено, что увеличение температуры приводит к росту ошибки измерения. Это позволило разработать рекомендации по стабилизации температуры рабочей жидкости на уровне $50 \pm 5^\circ\text{C}$ во время диагностирования.

Ключевые слова: гидропривод; диагностика; диагностические признаки; поршневой мотор; поршневой насос; коэффициент подачи насосов; к.п.д. мотора; скорость увеличения угловой частоты вращения ротора мотора; скорость увеличения давления за насосом; переходные процессы

Актуальность проблемы

Техническое состояние гидростатических трансмиссий (ГСТ) влияет на производительность сельскохозяйственных машин и расход топлива [1]. Техническое состояние аксиально-поршневых насосов (НП-90,112) и моторов (МП-90,112), во многом определяет производительность машин в целом, т.к. влияет на скорость их движения. ДСТУ 2193-93 определяет предельные значения коэффициента подачи для насоса и общего КПД для мотора, при достижении которых эксплуатация гидропривода должна быть прекращена. Указанные параметры не должны снижаться более чем на 20% от начального состояния [2].

Анализ литературных источников, посвященных проблеме снижения коэффициентов подачи гидронасосов и к.п.д. гидромоторов в эксплуатации, позволяет утверждать, что основная причина прекращения эксплуатации ГСТ - это внутренние утечки рабочей жидкости по изношенным, увеличенным зазорам и сопряжениям из зоны высокого давления (нагнетания), в зону низкого давления (всасывания).

Анализ публикаций, посвященных данной проблеме

В работе [3,4] выполнена структурная и параметрическая идентификация объемного гидропривода, как объекта диагностирования. Переходной процесс в насосе и моторе описывается колебательными звеньями второго порядка. На основании передаточных функций получены дифференциальные уравнения переходного процесса. В данной работе приводятся решения дифференциальных уравнений переходного процесса для насоса и мотора.

На основании проведенного математического моделирования были обоснованы диагностические признаки для насосов НП-90,112 и моторов МП-90, 112.

К диагностическим признакам насосов НП-90,112 относятся [5]: время переходного процесса $t_{н\ пер}$, с; амплитуда колебания давления A_n , Па; величина текущего давления на установившемся режиме $P_{тек}$, Па; величина максимального давления во время переходного процесса P_{max} , Па; время, когда давление достигает максимума $t_{н\ max}$, с; скорость увеличения давления жидкости за насосом во время переходного процесса под нагрузкой (гидромотор заторможен и развивает номинальный крутящий момент) \dot{P} , Па/с.

К диагностическим признакам моторов МП-90,112 относятся [5]: время переходного процесса $t_{м\ пер}$, с; амплитуда колебаний угловой частоты вращения ротора мотора A_m , 1/с; величина текущего значения угловой частоты вращения ротора мотора на установившемся режиме ω_m , 1/с; величина максимальной угловой частоты вращения ротора мотора во время переходного процесса ω_{max} , 1/с; время, когда угловая частота вращения ротора мотора достигает максимума $t_{м\ max}$, с; скорость увеличения угловой частоты вращения ротора мотора во время переходного процесса под нагрузкой (гидромотор заторможен и развивает номинальный крутящий момент) $\dot{\omega}_m$, 1/с².

В работе [6] выполнены экспериментальные стендовые испытания комплектов ГСТ-90,112 снятых с эксплуатации и поступивших в ремонт, а также прошедших капитальный ремонт, которые показали, что распределения величин коэффициентов подачи насосов и к.п.д. моторов подчиняются нормальному закону распределения. Установлено минимальное значение комплектов ГСТ, равное 13, которое обеспечивает достоверность и воспроизводимость результатов испытаний.

Цель исследования

Экспериментальным путем с помощью стендовых испытаний подтверждены диагностические признаки технического состояния гидростатических приводов ГСТ-90,112.

Методический подход в проведении исследований

Сущность способа диагностирования состоит в следующем. Регистрируя динамическую переходную характеристику выхода ГСТ на рабочий режим, когда угловая частота вращения вала гидромотора стабилизируется, измеряют следующие диагностические параметры:

- величину максимального давления жидкости за насосом P_{max} , Па ;
- время, когда величина давления жидкости достигает максимума $t_{н\ max}$, с;
- величину максимального значения угловой частоты вращения вала гидромотора, ω_{max} , 1/с;
- время, когда угловая частота вращения вала гидромотора достигает максимума $t_{м\ max}$, с.

По результатам измеренных диагностических параметров рассчитываются два диагностических признака \dot{P} и $\dot{\omega}_m$:

$$\dot{P} = P_{max}/t_{н\ max}, 1/с, \quad (1)$$

$$\dot{\omega}_m = \omega_{max} / t_{m max}, 1/c^2. \quad (2)$$

Величины изменения коэффициента подачи $\Delta\Psi$ и к.п.д $\Delta\eta$, рассчитываются по формулам (3) и (4):

$$\Delta\Psi = \frac{\ln \dot{P}_{ном} - \ln \dot{P}_{тек}}{0,124} = \frac{\ln 78 - \ln \dot{P}_{тек}}{0,124}, \%, \quad (3)$$

$$\Delta\eta = \frac{\ln \dot{\omega}_{м ном} - \ln \dot{\omega}_{м тек}}{0,108} = \frac{\ln 58 - \ln \dot{\omega}_{м тек}}{0,108}, \%. \quad (4)$$

где $\dot{P}_{ном}$, $\dot{P}_{тек}$ - номинальное и текущее значение скорости увеличения давления за насосом;

$\dot{\omega}_{м ном}$, $\dot{\omega}_{м тек}$ - номинальное и текущее значение первой производной угловой частоты вращения ротора мотора

Изложенные выше технологические операции технически выполнены в виде измерительного микропроцессорного комплекса, который получил названия гидротестер, внешний вид представлен на рис. 1.



Рис.1. Внешний вид электронного блока измерительного комплекса, индукционного датчика оборотов и датчика давления

Цель стендовых испытаний ГСТ – подтвердить информативность разработанного способа диагностирования с помощью измерительного микропроцессорного комплекса с расчетом воспроизводимости результатов по критерию Кохрена и относительной ошибки диагностирования.

Для проведения испытаний, согласно рекомендации работы [6], в случайном порядке были выбраны 13 комплектов ГСТ-90 и 13 комплектов ГСТ-112, которые были установлены на стенд, гидравлическая схема которого представлена на рис. 2.

Схема подключения датчиков для измерения величины максимального давления за насосом P_{max} и величины максимального значения угловой частоты вращения ротора гидромотора ω_{max} представлена на рис. 2.

Перед испытаниями насосы и моторы очищались и промывались от внешних загрязнений, устанавливались на стенд и запускались в работу по первому режиму, т.е. без нагрузки на валу мотора. При отсутствии объемной подачи насосом в диапазоне вращения вала насоса $n_I = 1500 \pm 50$ об/мин проводили контроль срабатывания клапана давления насоса подпитки 1,5 МПа, а также давление в линиях управления и подпитки, которое при нейтральном положении рычага управления должно составлять 1,2 - 1,5 МПа. При этом, давление в корпусе насоса должно быть в пределах 0,25 МПа, а корпус насоса

должен быть герметичным.

При наличии подачи насосом Q_1 , рис.2, и вращения вала гидромотора n_2 , переходили ко второму режиму испытаний. Для этого затормаживали вал гидромотора до величины номинального крутящего момента.

Время, когда давление в напорной магистрали и угловая частота вращения ротора гидромотора достигает максимума определяется с помощью микроконтроллера, который входит в состав измерительного комплекса, рис. 1.

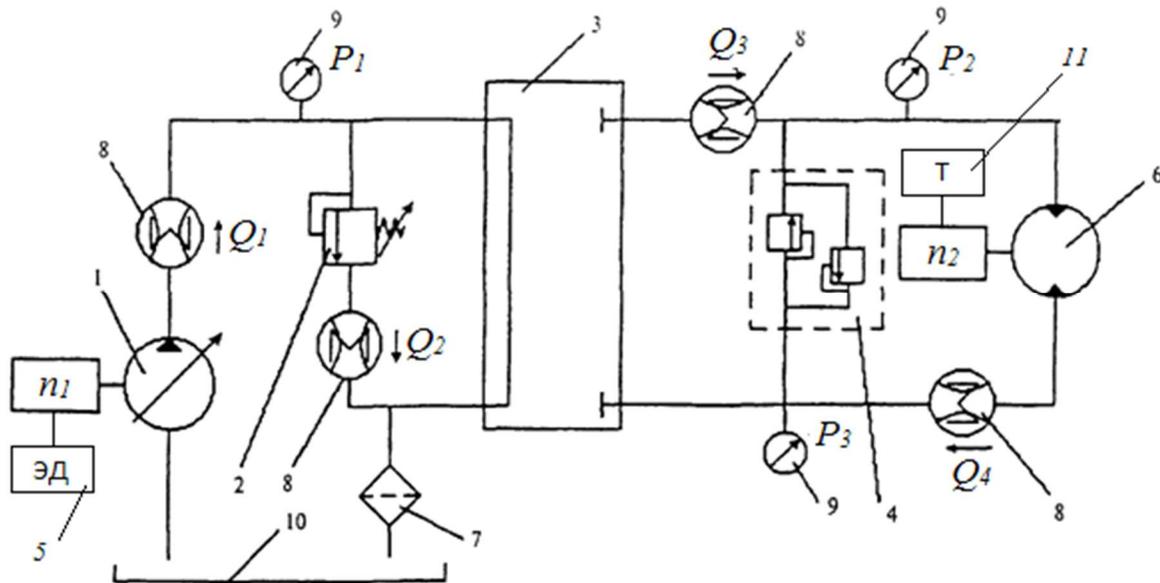


Рис. 2. Типовая гидравлическая схема испытательного стенда

1 - насос; 2 - клапан; 3 - блок распределителей; 4 - блок клапанов гидромотора; 5 - электрический двигатель; 6 - гидромотор; 7 - фильтр; 8 - расходомеры; 9 - манометры; 10 - бак (Q_1 - расход в напорной магистрали насоса; Q_2 - расход на сливе клапана; Q_3 - расход на входе в гидромотор; Q_4 - расход на сливе гидромотора; P_1 - давление в напорной магистрали насоса; P_2 - давление на входе в гидромотор; P_3 - давление на сливе гидромотора; n_1 - частота вращения вала насоса; n_2 - частота вращения вала гидромотора); 11 - тормозное устройство.

Положительной технологической особенностью разработанного способа диагностирования является отсутствие разгерметизации гидравлической системы во время установки датчиков, а, следовательно, исключения попадания воздуха в систему, что значительно упрощает процесс диагностирования.

После установки комплекта ГСТ на стенд выполняли первый пробный запуск без нагрузки на валу гидромотора с трехкратным повтором и временем работы не менее 3-х минут при каждом включении. После первых трех запусков визуально оценивали наличие пузырьков воздуха в гидравлическом баке. При наличии пузырьков воздуха выполнялись мероприятия по их удалению из системы. Испытания ГСТ начинали при отсутствии пузырьков воздуха и температуре гидравлической жидкости МГЕ-46 В в пределах $50 \pm 5^\circ\text{C}$.

Испытания ГСТ проводили по второму режиму с заторможенным валом гидромотора номинальным крутящим моментом. Обороты гидронасоса n_1 , рис. 2, устанавливали постоянными, равными $n_1=1500$ об/мин. Расход в напорной магистрали за насосом определяли турбинным расходомером Q_1 , л/мин и по формуле рассчитывали коэффициент подачи насоса:

$$\psi = \frac{1000 \cdot Q_1}{V_n \cdot n_1}, \quad (5)$$

где V_n - рабочий объем насоса, для НП-90 составляет 89 см^3 , для НП-112 составляет $110,8 \text{ см}^3$.

Снижения коэффициента подачи от номинального значения определяли по выражению:

$$\Delta \Psi_{ст} = \Psi_n - \Psi_{изм}, \quad (6)$$

где $\Delta \Psi_{ст}$ - снижения коэффициента подачи насоса по результатам измерений на стенде;

Ψ_n - номинальные значения, равное 0,95;

$\Psi_{изм}$ - измеренные значения коэффициента подачи по результатам испытания на стенде.

Одновременно проводили измерения расхода жидкости перед мотором Q_3 , л/мин, рис. 2, а также измеряли обороты вала гидромотора n_2 , об/мин и по формуле рассчитывали к.п.д. гидромотора:

$$\eta = \frac{V_m \cdot n_2}{1000 \cdot Q_3}, \quad (7)$$

где V_m - рабочий объем мотора, для МП-90 составляет 89 см³, для МП-112 составляет 110,8 см³.

Снижения к.п.д. гидромотора от номинального значения определяли по выражению:

$$\Delta \eta_{ст} = \eta_n - \eta_{изм}, \quad (8)$$

где $\Delta \eta_{ст}$ - снижение к.п.д. гидромотора по результатам измерений на стенде;

η_n - номинальное значение к.п.д. гидромотора, равное 0,98;

$\eta_{изм}$ - измеренное значение к.п.д. по результатам испытания на стенде.

Одновременно проводили измерения снижения $\Delta \Psi$ и $\Delta \eta$ с помощью разработанного способа диагностирования и измерительного комплекса, схема подключения к ГСТ показана на рис. 2. На табло гидротестера выводятся показания $\Delta \Psi_{мест}$ и $\Delta \eta_{мест}$, которые рассчитываются по формулам (3) и (4).

Результаты исследований

Результаты измеренных значений на испытательном стенде $\Delta \Psi_{ст}$ и $\Delta \eta_{ст}$, а также результаты измерений с помощью гидротестера $\Delta \Psi_{мест}$ и $\Delta \eta_{мест}$, представлены в таблице 1 и 2.

В таблице также представлены статистические характеристики контролируемых величин, таких как среднеквадратическое отклонение σ , коэффициент вариации v :

- для коэффициента подачи насоса:

$$\sigma_{\Psi} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Psi_i - \Psi_{ср})^2}, \quad (9)$$

- для к.п.д. мотора

$$\sigma_{\eta} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\eta_i - \eta_{ср})^2}, \quad (10)$$

v - коэффициент вариации, определяется как:

$$v_{\Psi} = \frac{\sigma_{\Psi}}{\Psi_{ср}}, \quad (11)$$

$$v_{\eta} = \frac{\sigma_{\eta}}{\eta_{ср}}, \quad (12)$$

где $\Psi_{ср}$ и $\eta_{ср}$ - средние значения коэффициента подачи насосов и к.п.д. моторов.

Относительная ошибка диагностирования с помощью разработанного способа и гидротестера по отношению к значениям, полученным на стенде определялась по выражениям:

$$\varepsilon_{\psi} = \frac{|\Delta\Psi_{ст} - \Delta\Psi_{тест}|}{\Delta\Psi_{ст}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

$$\varepsilon_{\eta} = \frac{|\Delta\eta_{ст} - \Delta\eta_{тест}|}{\Delta\eta_{ст}} \cdot 100\%, \quad (14)$$

Таблица 1

Сравнительные результаты диагностирования НП-90,112 (температура рабочей жидкости 50±5°C)

Тип агрегата	$\Delta\Psi_{ст}$	$\sigma_{ст}$	$\nu_{ст}$	$\Delta\Psi_{тест}$	$\sigma_{тест}$	$\nu_{тест}$	$\varepsilon_{\psi}, \%$
НП-90 поступившие в ремонт	22,0	2,41	0,10	23,1	1,22	0,052	5,0
НП-90 после ремонта	0,03	0,00165	0,055	0,029	0,00078	0,026	3,3
НП-112 поступившие в ремонт	22,4	2,36	0,10	23,5	0,66	0,028	4,9
НП-112 после ремонта	0,03	0,00168	0,056	0,0310	0,00085	0,027	3,3

Однородность и воспроизводимость результатов диагностирования НП-90,112 и МП-90,112 оценивали по величине критерия Кохрена [7]. На основании результатов измерений $\Delta\Psi_{тест}$ и $\Delta\eta_{тест}$ с помощью измерительного комплекса были получены следующие значения критерия Кохрена:

- для уменьшения коэффициента подачи НП-90 поступивших в ремонт, $G_p=0,010$;
- для уменьшения коэффициента подачи НП-112 поступивших в ремонт, $G_p=0,011$;
- для к.п.д. МП-90 поступивших в ремонт, $G_p=0,010$;
- для к.п.д. МП-112 поступивших в ремонт, $G_p=0,011$;

Таблица 2

Сравнительные результаты диагностирования МП-90,112 (температура рабочей жидкости 50±5°C)

Тип агрегата	$\Delta\eta_{ст}$	$\sigma_{ст}$	$\nu_{ст}$	$\Delta\eta_{тест}$	$\sigma_{тест}$	$\nu_{тест}$	$\varepsilon_{\eta}, \%$
МП-90 поступившие в ремонт	21,87	2,37	0,1	22,91	1,23	0,053	4,7
МП-90 после ремонта	0,036	0,00144	0,04	0,0373	0,001	0,026	3,6
МП-112 поступившие в ремонт	22,35	2,35	0,1	23,46	0,69	0,029	4,9
МП-112 после ремонта	0,035	0,0014	0,04	0,0364	0,001	0,027	4,0

Для количества сравниваемых дисперсий равных 13 и количества опытов равных 39 табличное значение критерия Кохрена $G_{табл}=0,014$, при доверительной вероятности $q=0,9$.

Следовательно, условие однородности и воспроизводимости выполняется. Значения выборки показаний $\Delta\Psi_{тест}$ и $\Delta\eta_{тест}$ полученных с помощью гидротестера однородны и воспроизводимы.

Анализ результатов испытаний, которые приведены в таблицах 1 и 2, позволяют сделать следующие выводы.

1. Относительная ошибка измерения уменьшения коэффициента подачи $\Delta\Psi$ с применением разработанного способа и измерительного комплекса для его осуществления для гидронасосов, поступивших в ремонт после эксплуатации, составляет $\varepsilon_{\Psi}=4,9-5,0\%$. Необходимо отметить, что поступающие в ремонт гидронасосы имеют снижение коэффициента подачи $\Delta\Psi_{cm}=22,0-22,4\%$, что превышает установленные значения ДСТУ 2193-93 на 2,0-2,4%.

Относительная ошибка измерения $\Delta\Psi$ у гидронасосов, прошедших капитальный ремонт на ремонтном предприятии составляет $\varepsilon_{\Psi}=3,3\%$. Необходимо также отметить, что снижение $\Delta\Psi$ у гидронасосов, прошедших ремонт, составляет $\Delta\Psi_{cm}=3,0\%$ от номинального значения.

Полученные значения позволяют утверждать, что относительная ошибка измерения измерительного комплекса (гидротестера) составляет $\varepsilon_{\Psi}=3,3\% - 5,0\%$, что является допустимым по техническим условиям на измерительные устройства. Гидротестер может быть использован для диагностирования НП-90, 112 в процессе эксплуатации.

2. Относительная ошибка измерения к.п.д. гидромоторов поступивших в ремонт с помощью разработанного способа и измерительного комплекса составляет $\varepsilon_{\eta}=4,7\% - 4,9\%$. Необходимо отметить, что гидромоторы имеют снижение к.п.д. $\Delta\eta_{cm}=21,87-22,35\%$, что превышает установленные нормативные значения на 1,87-2,35%.

Относительная ошибка измерения $\Delta\eta$ у гидромоторов прошедших капитальный ремонт на предприятии составляет $\varepsilon_{\eta}=3,6\% - 4,0\%$. Необходимо также отметить, что снижение $\Delta\eta$ у гидромоторов прошедших ремонт составляет $\Delta\eta=3,5-3,6\%$ от номинального значения.

Полученные значения позволяют утверждать, что относительная ошибка измерения гидротестера составляет $\varepsilon_{\eta}=3,6\% - 4,9\%$, что является допустимым по техническим условиям на измерения. Гидротестер может быть использован для диагностирования МП-90, 112 в процессе эксплуатации.

При проведении изложенных выше испытаний было отмечено значительное влияние температуры рабочей жидкости МГЕ-46В на результаты испытаний, как на величины $\Delta\Psi$ и $\Delta\eta$, так и на ε_{Ψ} и ε_{η} . Поэтому, по изложенной выше методике, были проведены соответствующие измерения с расчетом относительной ошибки при температуре рабочей жидкости равной $30\pm 5^{\circ}\text{C}$, таблица 3 и 4, при температуре рабочей жидкости равной $80\pm 5^{\circ}\text{C}$, таблица 5 и 6.

Для ускорения процесса подогрева жидкости на стенде в масляный бак устанавливался ТЭН.

Таблица 3

Сравнительные результаты диагностирования НП-90,112 (температура рабочей жидкости $30\pm 5^{\circ}\text{C}$)

Тип агрегата	$\Delta\Psi_{cm}$	σ_{cm}	ν_{cm}	$\Delta\Psi_{мест}$	$\sigma_{мест}$	$\nu_{мест}$	$\varepsilon_{\Psi}, \%$
НП-90 поступившие в ремонт	20,3	2,03	0,1	21,27	1,06	0,05	4,7
НП-90 после ремонта	0,005	0,00025	0,05	0,0051	0,00013	0,025	2,0
НП-112 поступившие в ремонт	20,6	2,06	0,1	21,54	0,64	0,03	4,5
НП-112 после ремонта	0,007	0,00035	0,05	0,0072	0,00019	0,027	2,6

Анализ результатов диагностирования, которые выполнены при разных температурах рабочей жидкости позволяет утверждать, что минимальная ошибка диагностирования гидронасосов и гидромоторов характерна для испытаний, когда температура рабочей жидкости равна $30 \pm 5^\circ\text{C}$. Связано это с высокой вязкостью жидкости при такой температуре, а, следовательно, с меньшими внутренними утечками. Такой вывод подтверждается и значениями уменьшения $\Delta\Psi$ и $\Delta\eta$, которые меньше значений, полученных при температуре жидкости $50 \pm 5^\circ\text{C}$.

Анализ аналогичных значений, полученных при температуре $80 \pm 5^\circ\text{C}$ говорит об обратном процессе. Внутренние утечки значительно увеличиваются из-за снижения вязкости рабочей жидкости, а это приводит к увеличению $\Delta\Psi$ и $\Delta\eta$, что видно из таблиц 5 и 6. Это влияет и на точность диагностирования, относительная ошибка диагностирования увеличивается до 5%.

Таблица 4

Сравнительные результаты диагностирования МП-90,112 (температура рабочей жидкости $30 \pm 5^\circ\text{C}$)

Тип агрегата	$\Delta\eta_{см}$	$\sigma_{см}$	$\nu_{см}$	$\Delta\eta_{мест}$	$\sigma_{мест}$	$\nu_{мест}$	$\varepsilon_\eta, \%$
МП-90 поступившие в ремонт	20,5	2,05	0,1	21,42	1,07	0,05	4,4
МП-90 после ремонта	0,005	0,0002	0,04	0,0051	0,00013	0,026	2,5
МП-112 поступившие в ремонт	20,7	2,07	0,1	21,63	0,64	0,03	4,4
МП-112 после ремонта	0,005	0,0002	0,04	0,0051	0,00013	0,026	2,0

Влияние температуры рабочей жидкости на измеряемые значения коэффициентов подачи насосов и к.п.д. моторов, а также относительную ошибку диагностирования, представлено на рис. 3 и рис. 4.

Таблица 5

Сравнительные результаты диагностирования НП-90,112 (температура рабочей жидкости $80 \pm 5^\circ\text{C}$)

Тип агрегата	$\Delta\Psi_{см}$	$\sigma_{см}$	$\nu_{см}$	$\Delta\Psi_{мест}$	$\sigma_{мест}$	$\nu_{мест}$	$\varepsilon_\Psi, \%$
НП-90 поступившие в ремонт	23,4	3,51	0,15	24,57	1,47	0,06	5,0
НП-90 после ремонта	0,05	0,003	0,06	0,0522	0,00156	0,03	4,4
НП-112 поступившие в ремонт	23,8	3,57	0,15	24,99	1,24	0,05	5,0
НП-112 после ремонта	0,05	0,003	0,06	0,0522	0,00156	0,03	4,4

Сравнительные результаты диагностирования МП-90,112 (температура рабочей жидкости 80±5°С)

Тип агрегата	$\Delta\eta_{cm}$	σ_{cm}	ν_{cm}	$\Delta\eta_{мест}$	$\sigma_{мест}$	$\nu_{мест}$	ε_{η} , %
МП-90 поступившие в ремонт	23,6	3,54	0,15	24,78	1,48	0,06	5,0
МП-90 после ремонта	0,052	0,0031	0,06	0,0541	0,00162	0,03	4,0
МП-112 поступившие в ремонт	23,4	3,51	0,15	24,57	0,98	0,04	5,0
МП-112 после ремонта	0,05	0,003	0,06	0,0522	0,00156	0,03	4,4

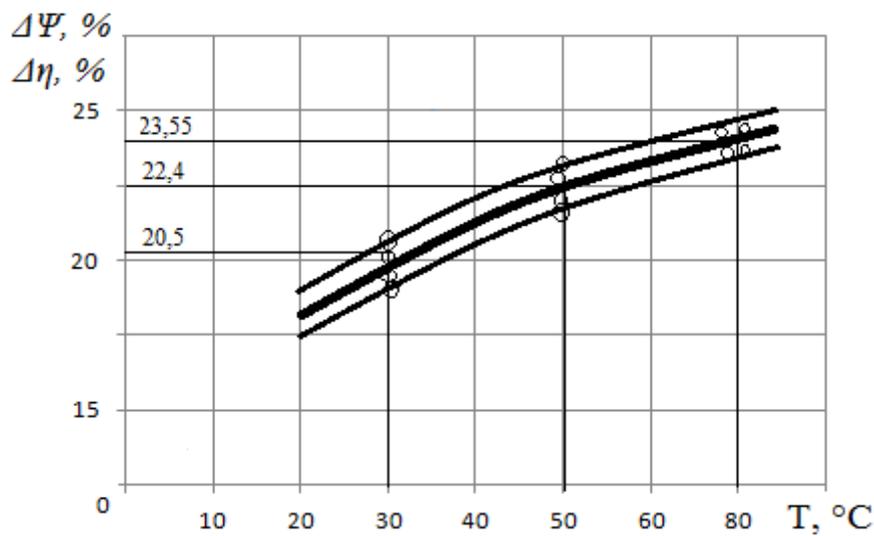


Рис. 3. Зависимость изменения $\Delta\Psi$ и $\Delta\eta$ гидромашин поступивших в ремонт от изменения температуры рабочей жидкости

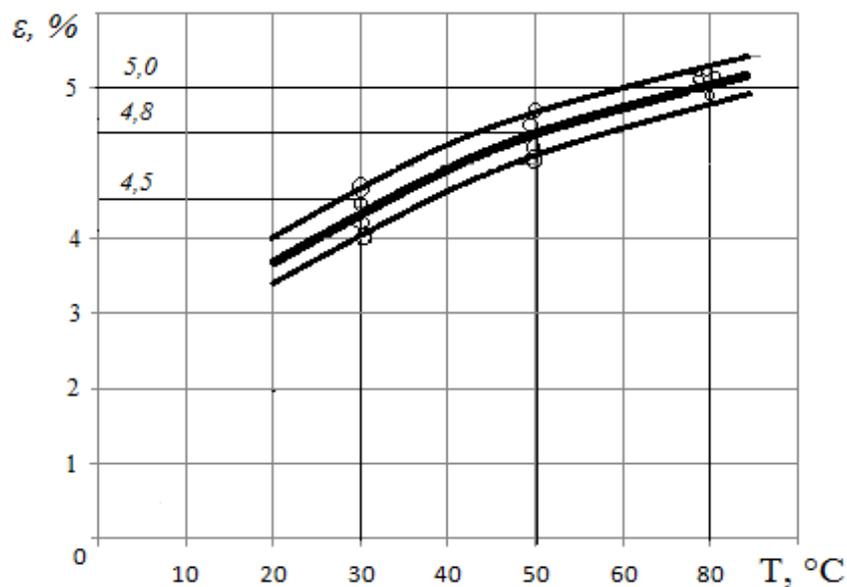


Рис. 4. Зависимость изменения относительной ошибки диагностирования гидромашин от изменения температуры рабочей жидкости

Как следует из представленных зависимостей изменения температуры рабочей жидкости от 30°C до 80°C приводит как к увеличению утечек в гидромашинах, что выражается в увеличении $\Delta\Psi$ и $\Delta\eta$, так и к росту ошибки диагностирования.

Для повышения точности диагностирования необходимо установить границы изменения температуры рабочей жидкости во время измерения диагностических параметров гидротестером. Таким значением может выступать температура $50\pm 5^\circ\text{C}$, которая является среднестатистической температурой жидкости в гидравлическом баке комбайна во время работы. Данное ограничение будет применено при разработке технологического процесса диагностирования гидроприводов ГСТ-90, 112 зерноуборочных комбайнов.

Выводы

Для подтверждения информативности и воспроизводимости результатов измерений при диагностировании ГСТ с помощью разработанного способа были проведены стендовые испытания комплектов ГСТ поступивших в ремонт и прошедших капитальный ремонт. Экспериментально установлено, что значения выборки измерений с помощью гидротестера однородны и воспроизводимы. Рассчитана относительная ошибка измерений уменьшения коэффициента подачи насоса и к.п.д. мотора, которая находится в пределах 3,3-5,0%. Выполнена оценка влияния температуры рабочей жидкости на ошибку измеряемых параметров. Установлено, что увеличение температуры приводит к росту ошибки измерения. Это позволило разработать рекомендации по стабилизации температуры рабочей жидкости на уровне $50\pm 5^\circ\text{C}$ во время диагностирования.

Литература

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. 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 – К., 2015. – Вип. 226, с.124-132.
4. 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: ХНТУСГ, - 2015. – Вип. 3, с. 105-117.
5. Войтов А. В. Моделирование динамики переходных процессов и обоснования диагностических параметров технического состояния объемного гидропривода ГСТ-90,112 / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. –Харків: ХНТУСГ, - 2016. – Вип. 4, с. 101-112.
6. Войтов А. В., Бойко И. Г. Обоснование диагностических признаков технического состояния гидростатических приводов ГСТ-90.112 / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. –Харків: ХНТУСГ, - 2016. – Вип. 6, с. 45-56.
7. Зажигаев Л.С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента/Л.С. Зажигаев, А.А. Кишьян, Ю.И. Романиков. – М.: Автомиздат, 1978. – 232с.

Summary

Voitov A.V. Experimental verification of diagnosis signs technical state HST-90,112

The results of the experimental test bench for verification diagnostic features, which include the rate of increase in the pressure behind pump P , Pa/s and increase the angular speed of the rotor motor speed under load. It is shown that determining technical condition HST-90,112 during the operation is necessary to control: the value of the maximum pressure behind pump during the transition process P_{max} when the motor shaft braked nominal torque; time when the pressure of the pump during the transient load reaches maximum $t_{h\ max}$, s; the value of maximum angular speed of the rotor of the hydraulic motor during the transient ω_{max} , 1 / s when the motor shaft braked nominal torque; time when the angular speed of the rotor of the hydraulic motor reaches maximum $t_{M\ max}$, s.

To confirm the information content and the reproducibility of the measurements in the diagnosis of HST using a method developed by bench tests were conducted HST sets received by the repair and overhaul of the past. It was established experimentally that the measurement sample values using hydrotester are homogeneous and reproducible. Calculated relative measurement error is decreasing pump flow rate and efficiency a motor that is within 3,3-5,0%. The evaluation of the effect of fluid temperature on the error parameters measured. It is found that the temperature increase leads to an increase in measurement error. This allowed the development of recommendations to stabilize the liquid temperature at $50\pm 5^{\circ}\text{C}$ at the time of diagnosis.

Keywords: hydraulic drive; diagnostics; diagnostic signs; piston engine; piston pump; pump flow rate; efficiency motor; the rate of increase of the motor angular speed of the rotor; the rate of increase a pressure behind pump; transient processes.

References

1. V. Gorbатов Analysis of the impact of changes in the technical state of cyclic action hydraulic agricultural machinery for over run fuel/ Bulletin HNTUSG, 2009. - №80- p.315-321.
2. DSTU 2193-93 Hydraulic volume. Capacity pump sand motors. General specifications.
3. Boiko I.G., Voitov A.V., Vojtov V.A. Structural identification of the mathematical model of diagnostic capacity hydraulic drive HST-90.112/ Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series:APC equipment and energy-K.,2015.- №226, p. 124-132.
4. Voitov A.V., Boiko I.G. Parametric identification dynamic model of transient processes in piston pumps and hydraulic motors / Technical service the agricultural, forestry and transport systems. -Kharkiv: HNTUSG - 2015. -№ 3, p. 105-117.
5. Voitov A.V. Modeling of the dynamics transient processes and validation diagnostic parameters of the technical condition of the capacity hydraulic drive HST-90, 112. / Technical service the agricultural, forestry and transport systems. -Kharkiv: HNTUSG - 2016. -№ 4, p. 101-112.
6. Voitov A.V., Boiko I.G. Justification diagnostic signs of a technical condition of hydrostatic drive HST-90, 112. / Technical service the agricultural, forestry and transport systems. - Kharkiv: HNTUSG - 2015. -№ 6, p. 45-56.
7. Zazhigaev L.S. Methods of planning and processing results of physical experiments / LS. Zazhigaev, A.A. Kishyan, Y.I. Romanik. - M.: Avtomizdat, 1978. - 232 p.