

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧНОСТИ ГИДРОХОДОУМЕНЬШИТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ГИДРОПЕРЕДАЧ К ЗВЕНЬЯМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

Для получения диапазона пониженных технологических скоростей движения трансмиссии современных тракторов снабжают ходоуменьшителями различных типов.

В настоящее время наибольшее распространение получили однодиапазонные гидроходоуменьшители (ГХУ), состоящие из трехзвенного дифференциального механизма (ДМ) и гидропередачи (ГП1) дроссельного регулирования [1]. Входное звено 1 ДМ кинематически связано с двигателем, выходное 3 — с ведущими колесами 4, а промежуточное 2 — с гидромашинной (ГМ1) ГП1 (рис. 1). К недостаткам однодиапазонного ГХУ относятся большие потери мощности на дросселирование рабочей жидкости. С целью повышения его эко-

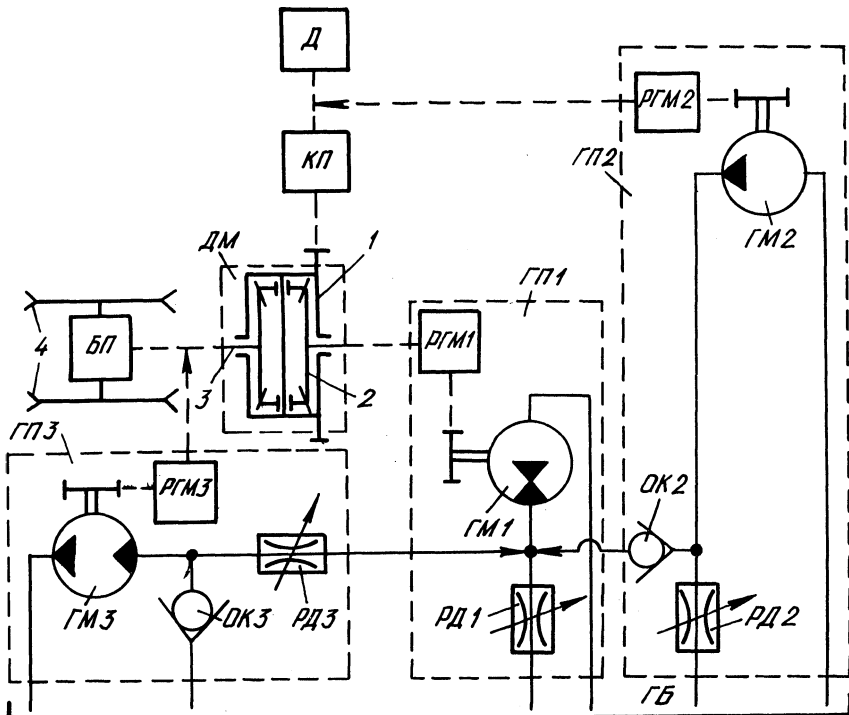


Рис. 1. Комбинированная схема гидроходоуменьшителя:

Д — двигатель; КП — коробка передач; ДМ — дифференциальный механизм; БП — бортовые (конечные) передачи; РГМ1, РГМ2 и РГМ3 — редукторы соответственно гидромашин ГМ1, ГМ2 и ГМ3; РД1, РД2 и РД3 — регулируемые дроссели; ГП1, ГП2 и ГП3 — гидропередачи дроссельного регулирования; ОК2, ОК3 — обратные клапаны; ГБ — гидробак; 1 — входное звено ДМ; 2 — промежуточное звено; 3 — выходное звено; 4 — ведущие колеса

номичности НАТИ совместно с МТЗ предложены технические решения [2–4] с общим отличительным признаком – наличием дополнительной гидропередачи (ГП2), вал гидромашин (ГМ2) которой кинематически связан с входным звеном 1 ДМ. Анализ научных публикаций [5, 6] и патентной информации показывает, что исследуются и совершенствуются только ГХУ, построенные по упомянутой схеме, причем на ее основе разработан целый ряд ГХУ, унифицированных с ходоуменьшителями тракторов "Беларусь" двух- и трехдиапазонных модификаций для энергетических средств различных тяговых классов. В БПИ была разработана схема многодиапазонного ГХУ, в котором вал дополнительной гидромашин кинематически связан с выходным звеном дифференциального механизма.

Цель статьи – сравнительный анализ основных параметров (диапазон регулирования скорости и экономичность) ГХУ, характеризующихся различными вариантами подключения гидромашин дополнительной гидропередачи.

Схема I: однодиапазонный ГХУ, состоящий из ДМ и ГП1, ГМ1 которой кинематически связана с промежуточным звеном 2. Работает в режиме двухпоточной передачи с разделением потока мощности на ДМ, при этом мощность, подводимая к промежуточному звену 2, поглощается в ГП1.

Потери мощности определяются выражением

$$\Delta P_1 = \frac{M_k \pi}{3 \cdot 10^4 u_{б.п}} \left( \frac{2n_d}{u_{к.п}} - n_k u_{б.п} \right), \quad (1)$$

где  $M_k$  – момент на ведущих колесах, Н·м;  $u_{б.п}$  – передаточное число между выходным звеном ДМ и ведущими колесами (бортовые или конечные передачи);  $u_{к.п}$  – передаточное число между валом двигателя и входным звеном ДМ (коробка передач);  $n_d, n_k$  – частота вращения соответственно вала двигателя и ведущих колес.

$$\Delta P_{1max} = \frac{M_k n_d \pi}{1,5 \cdot 10^4 u_{б.п} u_{к.п}} \quad \text{при } n_{к1min} = 0; \quad (2)$$

$$\Delta P_{1min} = 0 \quad \text{при } n_{к1max} = \frac{2n_d}{u_{к.п} u_{б.п}}, \quad (3)$$

где  $\Delta P_{1max}$  и  $\Delta P_{1min}$  – максимальное и минимальное значения потерь мощности соответственно при минимальной  $n_{к1min}$  и максимальной  $n_{к1max}$  частоте вращения ведущих колес.

Схема II: двухдиапазонный ГХУ, состоящий из ДМ, ГП1 и ГП2, ГМ2 которой кинематически связана с входным звеном 1. В первом диапазоне работает в режиме двухпоточной передачи с разделением потока мощности на ДМ (РД2 полностью открыт, ОК2 – закрыт, ГМ2 работает в режиме насоса вхолостую, ГМ1 – в режиме гидротормоза). Во втором диапазоне работает в режиме двухпоточной передачи с суммированием потоков мощности на ДМ (РД1 полностью закрыт, ОК2 – открыт, ГМ2 работает в режиме насоса, ГМ1 – в режиме гидромотора).

Потери мощности в первом диапазоне:

$$\Delta P'_{II} = \Delta P'_I; \quad (4)$$

$$\Delta P'_{II\max} = \Delta P'_{I\max} \quad \text{при} \quad n'_{кII\min} = n_{кI\min}; \quad (5)$$

$$\Delta P'_{II\min} = \Delta P'_{I\min} \quad \text{при} \quad n'_{кII\max} = n_{кI\max}, \quad (6)$$

где  $\Delta P'_{II\max}$  и  $\Delta P'_{II\min}$  — максимальное и минимальное значения потерь мощности в первом диапазоне соответственно при минимальной  $n'_{кII\min}$  и максимальной  $n'_{кII\max}$  частоте вращения ведущих колес в этом диапазоне.

Потери мощности во втором диапазоне

$$\Delta P''_{II} = \frac{M_{к\pi}}{3 \cdot 10^4 u_{б.п}} \left[ \frac{V_{гм2} u_{ргм1}}{V_{гм1} u_{ргм2}} n_{д} - (n_{к} u_{б.п} - \frac{2n_{д}}{u_{к.п}}) \right], \quad (7)$$

где  $V_{гм1}$  и  $V_{гм2}$  — рабочий объем соответственно гидромашины ГМ1 и ГМ2;  $u_{ргм1}$  и  $u_{ргм2}$  — передаточное число редукторов РГМ1 и РГМ2.

$$\Delta P''_{II\max} = \frac{M_{к\pi}}{3 \cdot 10^4 u_{б.п}} \frac{V_{гм2} u_{ргм1}}{V_{гм1} u_{ргм2}} n_{д} \quad \text{при} \quad n''_{кII\min} = n_{кI\max}; \quad (8)$$

$$\Delta P''_{II\min} = 0 \quad \text{при} \quad n''_{кII\max} = \frac{n_{д}}{u_{б.п}} \left( \frac{V_{гм2} u_{ргм1}}{V_{гм1} u_{ргм2}} + \frac{2}{u_{к.п}} \right). \quad (9)$$

Схема III: двухдиапазонный ГХУ, состоящий из ДМ, ГП1 и ГП3, ГМ3 которой кинематически связана с выходным звеном 3. В первом диапазоне работает в режиме трехпоточной передачи с первоначальным разделением потока мощности между выходным 3 и промежуточным 2 звеньями ДМ, с последующим поглощением части мощности, подводимой к звену 2 в ГП1, и передачей части мощности от ГМ1 на ГМ3 и связанное с ней выходное звено 3 ДМ (РД3 полностью открыт, ОК3 закрыт, ГМ1 работает в режиме гидротормоза и насоса, ГМ3 — в режиме гидромотора). Во втором диапазоне работает в режиме гидротормоза (РД1 закрыт, ОК3 открыт, ГМ3 работает в режиме насоса вхлостую, ГМ1 — в режиме гидротормоза).

Потери мощности в первом диапазоне:

$$\Delta P'_{III} = \frac{M_{к\pi}}{3 \cdot 10^4 u_{б.п} \left( \frac{V_{гм1}}{u_{ргм1}} + \frac{V_{гм3}}{u_{ргм3}} \right)} \left[ \frac{V_{гм1} \left( \frac{2n_{д}}{u_{к.п}} - n_{к} u_{б.п} \right)}{u_{ргм1}} - \right]$$

$$- \frac{V_{\text{ГМЗ}} n_{\text{к}} u_{\text{б.п}}}{u_{\text{ргМЗ}}}] ; \quad (10)$$

$$\Delta P'_{\text{IIImax}} = \frac{M_{\text{к}} V_{\text{ГМ1}} n_{\text{д}} \pi}{1,5 \cdot 10^4 u_{\text{б.п}} u_{\text{к.п}} u_{\text{ргМ1}}} \text{ при } \left( \frac{V_{\text{ГМ1}}}{u_{\text{ргМ1}}} + \frac{V_{\text{ГМ3}}}{u_{\text{ргМ3}}} \right)$$

$$n'_{\text{кIIImin}} = n_{\text{кImin}} = 0; \quad (11)$$

$$\Delta P'_{\text{IIImin}} = 0 \text{ при } n'_{\text{кIIImax}} = \frac{2n_{\text{д}} V_{\text{ГМ1}}}{u_{\text{к.п}} u_{\text{б.п}} \left( V_{\text{ГМ1}} + V_{\text{ГМ3}} \frac{u_{\text{ргМ1}}}{u_{\text{ргМ3}}} \right)}, \quad (12)$$

где  $V_{\text{ГМЗ}}$  – рабочий объем гидромашины ГМЗ;  $u_{\text{ргМЗ}}$  – передаточное число редуктора РГМЗ;  $\Delta P'_{\text{IIImax}}$  и  $\Delta P'_{\text{IIImin}}$  – максимальное и минимальное значения потерь мощности в первом диапазоне при минимальной  $n'_{\text{кIIImin}}$  и максимальной  $n'_{\text{кIIImax}}$  частоте вращения ведущих колес в рассматриваемом диапазоне.

Потери мощности во втором диапазоне:

$$\Delta P''_{\text{III}} = \Delta P_{\text{I}} ; \quad (13)$$

$$\Delta P''_{\text{IIImin}} = 0 \text{ при } n''_{\text{кIIImax}} = n_{\text{кImax}} ; \quad (14)$$

$$\Delta P''_{\text{IIImax}} = \frac{M_{\text{к}} n_{\text{д}} \pi}{1,5 \cdot 10^4 u_{\text{б.п}} u_{\text{к.п}}} \left( 1 - \frac{V_{\text{ГМ1}}}{\left( V_{\text{ГМ1}} + V_{\text{ГМ3}} \frac{u_{\text{ргМ1}}}{u_{\text{ргМ3}}} \right)} \right) \quad (15)$$

$$\text{при } n''_{\text{кIIImin}} = n'_{\text{кIIImax}} .$$

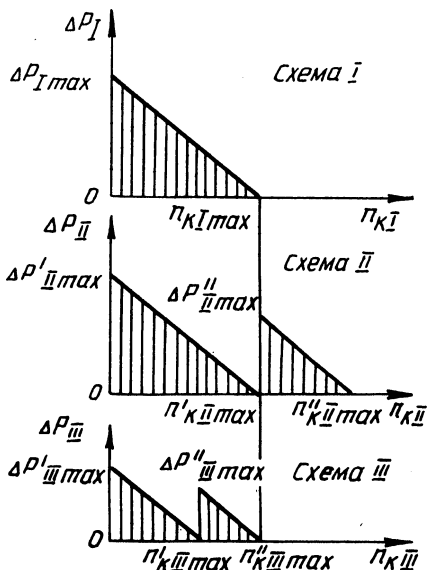
На рис. 2 представлены графики зависимостей, построенных по формулам (1)–(15). Их анализ показывает, что потери мощности в двухдиапазонном ГХУ по схеме II равны потерям мощности в однодиапазонном ГХУ по схеме I:

$$\Delta P'_{\text{IImax}} = \Delta P_{\text{Imax}} ,$$

а диапазон регулирования частоты вращения ведущих колес и скорости трактора увеличивается:

$$n''_{\text{кIIImax}} = n_{\text{кImax}} + \frac{n_{\text{д}} V_{\text{ГМ2}} u_{\text{ргМ1}}}{u_{\text{б.п}} V_{\text{ГМ1}} u_{\text{ргМ2}}} .$$

Рис. 2. Графики зависимости потерь мощности в ГХУ схем I, II и III от частоты вращения ведущих колес



Таким образом, для уменьшения потерь мощности при сохранении диапазона регулирования скорости в ГХУ по схеме II необходимо увеличивать передаточное число между выходным звеном 3 ДМ и ведущими колесами 4, т.е. вносить конструктивные изменения в трансмиссию трактора. Так как в ГХУ по схеме II гидромашина ГМ1 работает в двух режимах — насоса и гидромотора, при этом не годится насос типа НШ, применяемый в ГХУ по схеме I.

В ГХУ по схеме III потери мощности по сравнению со схемой уменьшаются:

$$\Delta P'_{III\max} = \Delta P_{I\max} \frac{V_{ГМ1}}{u_{ргм1} \left( \frac{V_{ГМ1}}{u_{ргм1}} + \frac{V_{ГМ3}}{u_{ргм3}} \right)}$$

при сохранении скоростного диапазона

$$n''_{кIII\max} = n_{кI\max}$$

Таким образом, при использовании ГХУ по схеме III не требуется вносить конструктивные изменения в однодиапазонный ходоуменьшитель (базовую конструкцию) и трансмиссию трактора. Экономичность устройства при этом определяется рабочим объемом гидромашин и передаточными числами их редукторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности гидроходоуменьшителей тракторов "Беларусь" и пути их совершенствования / П.А. Стецко, О.К. Довнар, В.М. Мастеровой // Тракторы и с.-х. машины. 1988. № 7. 2. А. с. 925688 (СССР). Ходоуменьшитель транспортного средства. 3. А. с. 1123900 (СССР). Гидроходопреобразователь транспортного средства. 4. А. с. 1357260 (СССР). Гидроходопреобразователь транспортного средства. 5. Об особенностях, перспективе применения и выборе оптимальных параметров двухдиапазонного тракторного гидроходоуменьшителя / В.М. Мастеровой, Ф.Г. Ворончихин // Тракторы и с.-х. машины. 1985. № 2. 6. Мастеровой В.М. Особенности работы и перспективы применения трехдиапазонного гидроходоуменьшителя // Тракторы и с.-х. машины. 1987. № 3.