

УДК 621.83.062

**В.Б. САМОРОДОВ**, д-р.техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
**О.И. ДЕРКАЧ**, ст. преп. НТУ «ХПИ»;  
**С.А. ШУБА**, ст. преп. НТУ «ХПИ»;  
**В. М. ШЕВЦОВ**, ас., НТУ «ХПИ»;  
**Н. А. МИТЦЕЛЬ**, асп., НТУ «ХПИ».

### **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРООБЪЕМНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ НА КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРАХ ПУТЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРООБЪЕМНОЙ ПЕРЕДАЧИ**

Проведены экспериментальные исследования гидрообъемной передачи, входящей в состав гидрообъемно-механической трансмиссии, и получены основные параметры, характеризующие эффективность ее работы. В результате эксперимента подтверждена эффективность бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии и целесообразность ее использования на колесных тракторах различного тягового класса. Представлена кинематическая схема оригинального испытательного стенда трансмиссии и места подключения регистрирующих контрольно-измерительных приборов.

**Ключевые слова:** трактор, бесступенчатая трансмиссия, гидрообъемная передача, эксплуатационные характеристики, экспериментальный стенд.

**Введение.** В настоящее время в Украине нет серийно выпускаемых тракторов с бесступенчатыми двухпоточными гидрообъемно-механическими трансмиссиями (ГОМТ). Наряду с этим мировой рынок тракторов с каждым годом увеличивает продажи тракторов, оснащенных бесступенчатыми трансмиссиями, основными преимуществами которых являются простота конструкции, высокая эргономичность, удобство управления, возможность выбора оптимальной скорости трактора и режима работы двигателя. В связи с активным развитием этого направления актуальным становится вопрос возможности применения ГОМТ на тракторах отечественного производства.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Основными работами, описывающими и моделирующими процессы в бесступенчатых ГОМТ являются работы [1-5]. В них представлен анализ, синтез и проектирование гидрообъемно-механических трансмиссий, анализ результатов моделирования работы тракторов, оснащенных такими трансмиссиями, а также теоретическое обоснование целесообразности применения таких трансмиссий на базе колесных тракторов [2,3]. Критический обзор отечественных и зарубежных работ в области двухпоточных ГОМТ приводится в научных публикациях [6-7]. Методология проведения натурных экспериментов на лабораторном стенде ГОМТ подробно описана в работах [9-10] и была принята за основу при проведении испытаний.

**Цель и постановка задачи.** Целью данной работы является экспериментальное обоснование возможности применения бесступенчатой ГОМТ с гидрообъемной передачей (ГОП) отечественного производства (ОАО «Гидросила», Кировоград) в колесном сельскохозяйственном тракторе. Это достигается путем определения выходных параметров гидрообъемной передачи (ГОП) при имитации реализации различных уровней эксплуатационной мощности двигателя. Задача исследования – проанализировать экспериментально полученные данные как основные параметры, характеризующие эффективность работы ГОП с регулируемым гидронасосом и

© В.Б. Самородов, О.И. Деркач, С.А. Шуба, В.М. Шевцов, Н. А. Митцель, 2015

нерегулируемым гидромотором.

**Описание проведения испытаний ГОП. Вывод основных эксплуатационных показателей ГОП, входящей в состав ГОМТ.** Для решения поставленной задачи была проведена серия экспериментов на стенде испытания ГОП ОАО "Харьковский тракторный завод им. С.Орджоникидзе" (регулируемый аксиально-поршневой гидронасос NP112 5MHL/D2BCDBY1и нерегулируемый аксиально-поршневой гидромотор MP112 2/D2B35Y1 производства ОАО «Гидросила»).

Все данные записывались и обрабатывались с помощью ЭВМ.

Частота вращения первичного источника на стенде составляла  $W_D = W_H = 1500$  об/мин. Испытания проводились для трех различных уровней нагрузки: 1 – "низкая" нагрузка; 2 – "средняя" нагрузка; 3 – "высокая" нагрузка.

На рис.1 представлена кинематическая схема стенда и места подключения контрольно-измерительных приборов.

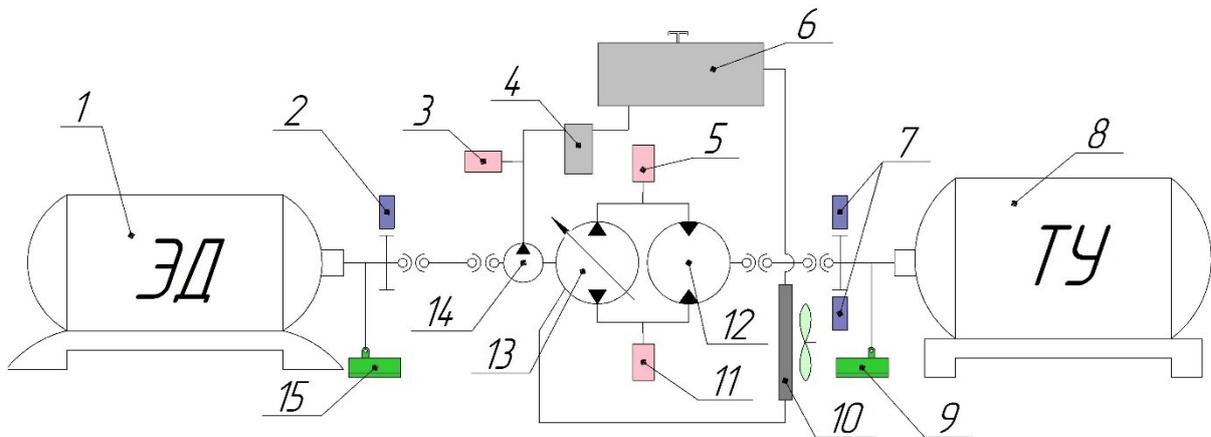


Рисунок 1 – Кинематическая схема стенда исследования ГОП:

1 – приводящий электродвигатель; 2,7 – датчики частоты вращения; 3 – датчик избыточного давления магистрали подпитки; 4 – всасывающий фильтр тонкой очистки; 5,11 – датчики избыточного давления основных силовых магистралей; 6 – бак; 8 – тормозное устройство; 9,15 – датчики крутящего момента; 10 – теплообменник с вентилятором; 12 – неуправляемый аксиально-поршневой гидромотор; 13 – управляемый аксиально-поршневой гидронасос; 14 – насос подпитки шестеренчатого типа

Основным параметром, характеризующим гидропривод, как и любой другой привод, будь то механический, пневматический и т.д., является коэффициент полезного действия ГОП (1). Это характеристика эффективности системы в отношении преобразования или передачи энергии[3], которая определяется отношением полезно использованной энергии к суммарному количеству энергии, полученному системой

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_i , \quad (1)$$

где  $\eta_o$  – объемный КПД ГОП;  
 $\eta_m$  – механический КПД ГОП.

$$\eta_{i i} = 1 - \frac{\sum \Delta M_i}{M_i}, \quad (2)$$

$$\eta_{i i} = 1 - \frac{\sum \Delta Q_i}{Q_i}, \quad (3)$$

где  $M_i$  – теоретический момент на  $i$ -й гидромашине;  
 $\sum \Delta M_i$  – суммарные механические потери момента на  $i$ -й гидромашине;  
 $Q_i$  – теоретический расход рабочей жидкости на  $i$ -й гидромашине;  
 $\sum \Delta Q_i$  – суммарные потери расхода рабочей жидкости на  $i$ -й гидромашине.

Влияние параметра  $\sum \Delta Q_i$  в (3) на потерю оборотов на валу гидромотора хорошо видно на рис. 2, где мы наблюдаем, что при отсутствии нагрузки (линия 0) обороты на валу гидромотора равны оборотам на валу гидронасоса. С увеличением нагрузки (кривые от 1 до 3) потеря оборотов на валу гидромотора возрастает.

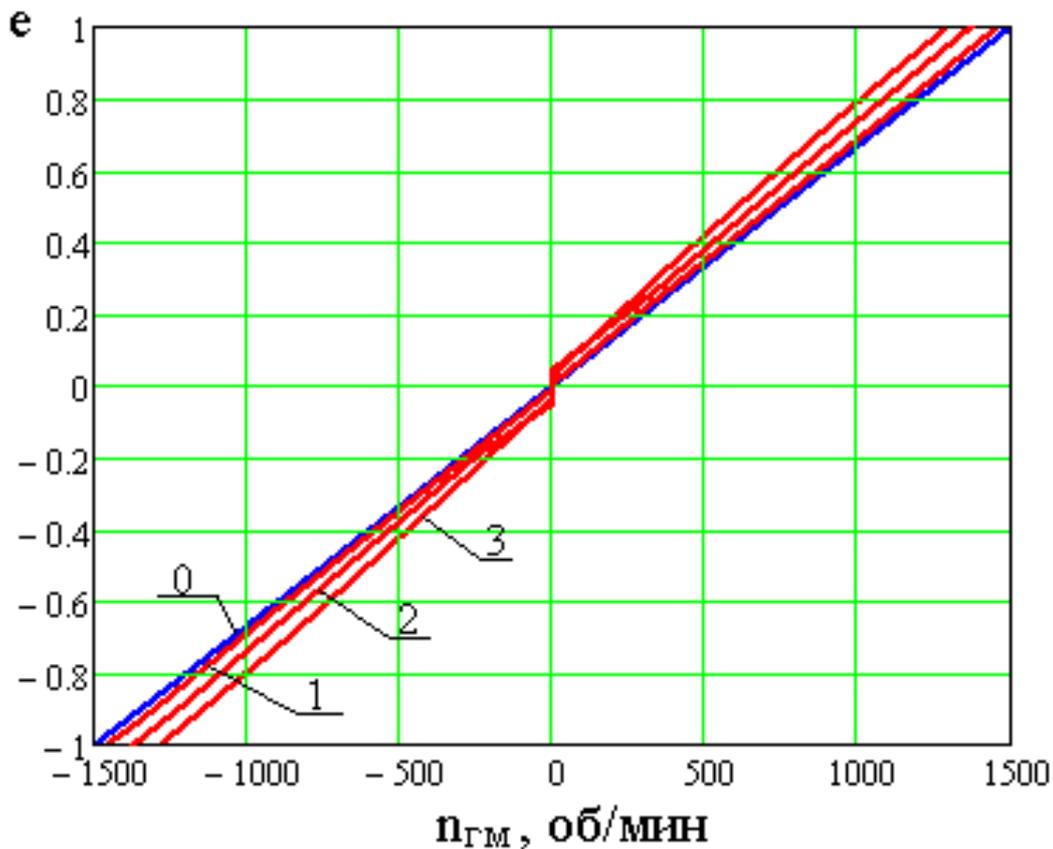


Рисунок 2 – КПД гидрообъемной передачи при различных уровнях нагрузки

Также важной характеристикой является крутящий момент, характеризующий величину нагрузок, которые способна воспринять и преодолеть гидрообъемная передача

$$M = q \cdot e \cdot \Delta P, \quad (4)$$

где  $q$  – подача гидромашины,  $\text{м}^3/\text{рад}$ ;  
 $e$  – относительный параметр регулирования ГОП;  
 $\Delta P$  – перепад давления в основных силовых магистралях.

На рис. 3, 4 представлены КПД гидрообъемной передачи и крутящий момент на валах гидронасоса и гидромотора при различных уровнях нагрузки.

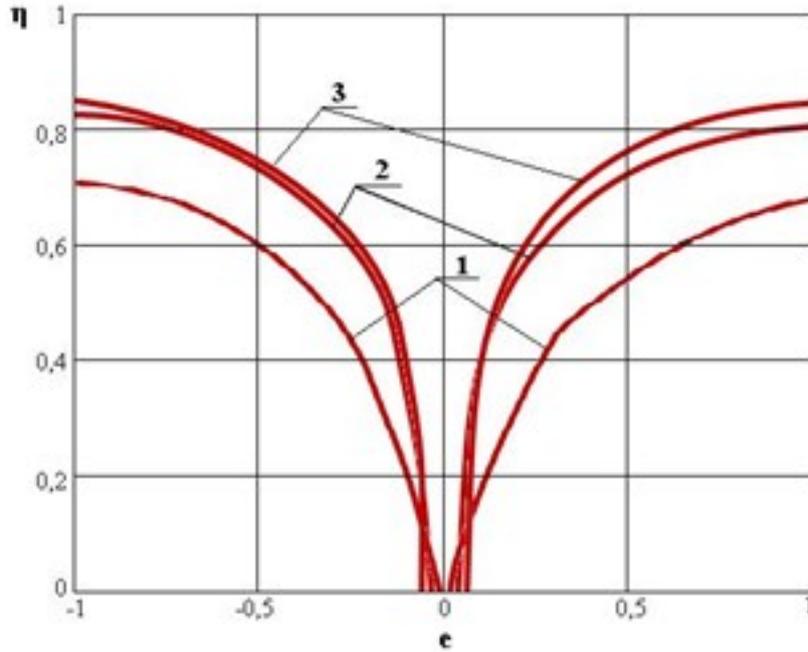


Рисунок 3 – КПД гидрообъемной передачи при различных уровнях нагрузки

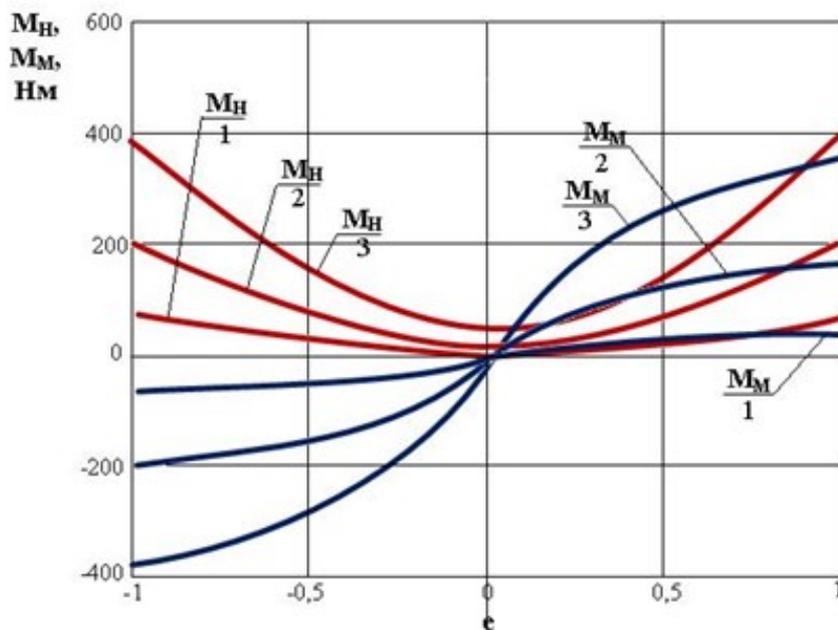


Рисунок 4 – Крутящий момент на валах гидронасоса и гидромотора при различных режимах нагружения

Как видно из рис. 3, 4 при высоких уровнях нагрузки, достигающих 200 – 400 Нм (1, 2 режим нагружения), общий КПД гидрообъемной передачи достаточно высок и достигает 0,83 – 0,85. При этом перепад давления в основных рабочих магистралях ГОП достигает значения 22 МПа, что соответствует режимам работы ГОП в составе двухпоточной ГОМТ трактора [4] при выполнении им основных технологических операций. Следует отметить, что режимы, соответствующие первому уровню нагрузки (давление в ГОП при этом порядка 4 МПа), не характерны для трактора при выполнении им тяговых операций. Таким образом, определенный уровень КПД (рис. 3) позволяет с уверенностью рекомендовать применение ГОП в составе ГОМТ трактора.

#### **Выводы.**

1. Выполнено экспериментальное обоснование применения бесступенчатой ГОМТс гидрообъемной передачей отечественного производства в колесном сельскохозяйственном тракторе классической компоновки.

2. Экспериментально определены основные характеристики ГОП, характеризующие целесообразность применения ГОП в составе ГОМТ.

3. Проведенный анализ подтвердил, что трактор с ГОМТ может выполнять весь комплекс тяговых и технологических операций, свойственных сельскохозяйственному трактору общего назначения тягового класса с механической трансмиссией.

**Список литературы.** 1. *Петров В. А.* Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 248 с. 2. *Бабаев О. М.* Объемные гидромеханические передачи: Расчет и конструирование / *О. М. Бабаев, Л. И. Игнатов, Е. С. Кисточкин, Г. С. Соколов, В. А. Цветков.* – Л.: Машиностроение, 1987. – 256 с. 3. *Александров Е. Е.* Колесные и гусеничные машины высокой проходимости. В 10-ти томах. Том 3: Бесступенчатые трансмиссии: расчет и основы конструирования. / *Е. Е. Александров, В. Б. Самородов, Д. О. Волонцевич, А. С. Палащенко.* – Харьков: ХГПУ, 1997. – 185с. 4. *Александров Е. Е.* Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / *Е. Е. Александров, В. Б. Самородов, А. Т. Лебедев* – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 642 с. 5. *Щельцын Н. А.* Современные бесступенчатые трансмиссии с. х. тракторов / *Н. А. Щельцын, Л. А. Фрумкин, И. В. Иванов* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. – №.11. – С. 18-24. 6. *Самородов В. Б.* Обзор современных трансмиссий многоосных транспортных средств / *В. Б. Самородов, О. И. Деркач, И. В. Яловол, Я. М. Мормило, Н. В. Воловик, В. И. Решетило, А. Е. Павлов* // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – №. 64(970). – С. 31–35. 7. *Самородов В. Б.* Критический обзор работ в области тракторных гидрообъемно-механических трансмиссий / *В. Б. Самородов, А. В. Рогов, М. Б. Бурлыга, Б. В. Самородов* // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск «Автомобилестроение». – 2003. – №. 4. – С. 3–19. 8. *Samorodov V.* Experimental appropriateness verification of K. Gorodetsky's mathematical model for losses determination in hydrostatic transmissions for modern hydrolic machines / *V. Samorodov, S. Shuba, O. Derkach, V. Shevtzov, N. Mittsel* // Eastern European Scientific Journal. – 2014. – №. 6. – P. 285–291. 9. *Самородов В. Б.* Исследование свойств шагового электропривода как системы управления двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссией / *В. Б. Самородов, Н. А. Митцель* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №. 5/7 (70). – С. 52–58. 10. *Митцель Н. А.* Датчик крутящего момента / *Н. А. Митцель* // Вестник НТУ "ХПИ": зб. наук. Праць Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях". – 2014. – №.48(1090). – С. 3–9.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Petrov, V. A.*, Gidroob#jomnye transmissii samohodnyh mashin. Moscow: Mashinostroenie, 1988. 2. *Babaev, O. M., L. I. Ignatov, E. S. Kistochkin, G. S. Sokolov, V. A. Cvetkov.* Ob#emnye gidromehaniicheskie peredachi: Raschet i konstruirovaniye. Leningrad: Mashinostroenie, 1987. 3. *Aleksandrov, E. E., V. B. Samorodov, D. O. Voloncevich, A. S. Palashhenko.* Kolesnye i gusenichnyemashinyvysokojprohodimosti. V 10-ti tomah. Vol 3: Besstupenchatyetransmissii: raschet i osnovy konstruirovaniya. Kharkov: HGPU, 1997. 4. *Aleksandrov E. E., V. B. Samorodov, A. T. Lebedev.* Dinamika transportno-tjagovyh kolesnyh i gusenichnyhmashin. Kharkov: HGADTU, 2001 5. *Shhel'cyn N. A.* "Sovremennye besstupenchatye transmissii s.-h. traktorov". Traktory i sel'skohozjajstvennyye mashiny. No.11. 2011.18–24. Print. 6. *Samorodov V. B., O. I. Derkach, I. V. Jalovol, Ja. M. Mormilo, N. V. Volovik, V. I. Reshetilo, A. E. Pavlov.* "Obzor sovremennyh transmissij mnogoosnyh transportnyh sredstv." Vestnik NTU «KhPI».No. 64 (970). 2012. 31–35. Print. 7. *Samorodov V. B., A. V. Rogov, M. B. Burlyga, B. V. Samorodov.* "Kriticheskij obzor rabot v oblasti traktornyh gidroob#emno-mehaniicheskikh transmissij." Vestnik NTU «HPI».Tematicheskijvypusk «Avtomobile- i traktorostroenie». No. 4.2003. 3–19. Print. 8. *Samorodov V., S. Shuba, O. Derkach, V. Shevtzov, N. Mittsel* "Experimental appropriateness verification of K. Gorodetsky's mathematical model for losses determination in hydrostatic transmissions for modern hydrolic machines "Eastern European Scientific Journal. No. 6. 2014. 285–291. Print. 9. *Samorodov V. B., N. A. Mitcel* "Issledovanie svojstv shagovogo jelektroprivoda kak sistemy upravlenij advuphpotochnojgidroob#emno-mehaniichesknojtransmissiej."Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij. No. 5/7 (70). 2014. 52–58. Print. 10. *Mitcel' N. A.* "Datchik krutjashhego momenta. "Vestnik NTU "KhPI": zb. nauk. prac' Serija: "Novi rishennja v suchasnih tehnologijah". No. 48(1090). 2014. 3–9.Print.

*Поступила(received) 24.02.2015*