

УДК 621.83.062

В. Б. САМОРОДОВ, д-р. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;
М. Б. БУРЛЫГА, асс. КГПУ, Кременчуг;
С. А. ШУБА, ст. преп. НТУ «ХПИ»

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ И СРАВНЕНИЕ ИХ С РАСЧЕТОМ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ

Проведены полевые испытания и выполнено сравнение экспериментальных и расчетных значений основных технико-экономических показателей колесных тракторов, оснащенных штатными ступенчатыми механическими трансмиссиями. В результате численного эксперимента подтверждена эффективность бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии.

Ключевые слова: трактор, бесступенчатая трансмиссия, буксование, эффективность.

Введение. Известно, что в настоящее время в Украине нет серийно выпускаемых тракторов с бесступенчатыми двухпоточными гидрообъемно-механическими трансмиссиями (ГОМТ) или их опытных образцов отечественного производства. Наряду с этим идет активная работа по их созданию. В связи с этим становится вопрос об адекватности математических моделей, применяемых в процессе обоснования схемных решений ГОМТ и при их проектировании в целом.

Анализ последних достижений и публикаций. Математические модели для тракторов со ступенчатыми механическими трансмиссиями (СМТ) проверялись на основании данных полевых испытаний, результаты которых зафиксированы в техническом протоколе испытаний [1]. Результаты моделирования сравнивались с экспериментальными данными, что позволяет судить об адекватности такой математической модели.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является:

1. Сравнение эффективности работы сельскохозяйственных тракторов на тяговых технологиях (конкретно на вспашке) для тракторов, которые оснащены штатными СМТ, и подтверждение адекватности математической модели [2], учитывающей только механические потери в СМТ.

2. Включение в математическую модель объемных и механических потерь в предложенной бесступенчатой двухпоточной ГОМТ и сравнение эффективности СМТ и ГОМТ на тяговых технологиях в результате численного эксперимента ввиду отсутствия тракторов, оснащенных предложенной ГОМТ.

Описание проведения полевых испытаний и моделирование технико-экономических показателей испытуемых тракторов, теоретически оснащенных бесступенчатой двухпоточной ГОМТ. В полевых испытаниях [1] участвовали трактор Т-150К-09 с плугами ПЛН-5-35 и ПН-6-35, оснащенный двигателем ЯМЗ-236Д-3; трактор Т-17021-03 с плугом ПРУН-5-45, оснащенный лицензионным двигателем «Дойц – ТВД226В6» производства Китай; трактор МТЗ-1221 с плугом ПЛН-5-35, оснащенный двигателем Д260.2.

Полигонные испытания проводились в сухую ясную погоду на горизонтальном поле опытного полигона ОАО «ХТЗ» 28.10.2006. Экспериментальные работы

© В. Б. Самородов, М. Б. Бурлыга, С. А. Шуба, 2013

проводились силами опытно-экспериментального цеха и управления Главного конструктора ОАО «ХТЗ» под непосредственным руководством д.т.н., проф. Самородова В.Б. (в то время занимавшего должность заместителя генерального директора ОАО «ХТЗ» по перспективным разработкам и модернизации) и сотрудников кафедры автомобиле- и тракторостроения НТУ «ХПИ».

В процессе полигонных испытаний влажность почвы составляла 16-18%. Фоном испытания была стерня после уборки сои. Вспашка проводилась плугами ПЛН-5-35 и ПРУН-5-45 на глубину $0,25 \div 0,27$ м, а плугом ПН-6-35 – на 0,22 м. Предварительно каждый из МТА прошел наладку плуга на глубину $0,25 \div 0,27$ м (плуг ПН-6-35 – на глубину 0,22 м), припашку и контрольную проверку регулировки навесного оборудования для пахоты на заданную глубину. Контроль глубины пахоты осуществлялся при помощи стандартного бороздомера [1].

Перед началом пахоты в местах трогания в своей загонке топливные баки всех тракторов заправлялись полностью под горловину. По сигналу руководителя испытаний производился одновременный старт всех МТА. В кабине каждого из тракторов находился хронометражист с секундомером, который фиксировал время прохода каждого гона длиной в 1 км и суммарное время пахоты своего участка.

После окончания испытаний (вспашки) трактора останавливались на ровном участке поля возле своего зачетного участка, где методом долива топлива до горловины топливного бака предварительно протарированными мерными емкостями определялся расход топлива.

Средняя скорость и средний коэффициент буксования рассчитывались для каждого МТА следующим образом:

$$V = \frac{L}{n_K} \sum_{i=1}^{n_K} \frac{1}{t_i}; \quad (1)$$

$$\delta = \frac{1}{n_K} \sum_{i=1}^{n_K} \left(1 - \frac{L^*}{2\pi r n_{i,K \text{ ЭКСП}}} \right) \quad (2)$$

где n_K – количество проходов k-м трактором гона; L – длина гона, м; t_i – время прохода k-м трактором гона, ч; r – реальный радиус ведущего колеса k-ого трактора; $n_{i,K \text{ ЭКСП}}$ – обороты меловой метки на колесе k-ого трактора при прохождении участка длиной L^* (внутри гона).

При расчетах принимались следующие исходные данные для математической модели: сопротивление перекачиванию трактора $f^* = 0,08$; для определения буксования по формуле $\varphi = \alpha - \beta \cdot e^{-\lambda \cdot \delta}$ использовались эмпирические коэффициенты $\alpha = 0,7$, $\beta = 0,708$, $\lambda = 7,4$ [3] для тракторов производства ХТЗ и $\alpha = 0,64$, $\beta = 0,64$, $\lambda = 6,82$, которые рекомендованы НАТИ (г. Москва) для определения буксования конкретно тракторов МТЗ. Массы тракторов Т-150К-09, ХТЗ-17021 и МТЗ-1221 – 8200 кг, 8600 кг и 5000 кг соответственно; величина коэффициента к удельного сопротивления почвы – 60000 Н; величина коэффициента трения $f_{\text{пл}}$ почвы по лемешной стали – 0,35 [3]; длина гона L – 1 км; реальный радиус r ведущего

колеса k-ого трактора – 0,72 м (для тракторов ХТЗ) и 0,65 м (для трактора МТЗ); L^* – 200 м.

В таблице представлены – конструктивная ширина захвата плугов, мощность и удельный расход топлива указанных тракторных двигателей и окончательно обработанные результаты эксперимента [1].

Из таблицы следует, что для тракторов класса 3, 4 – то есть для Т-150К-09 и ХТЗ-17021 результаты эксперимента достаточно близко совпадают с расчетными – максимальная ошибка (при моделировании тракторов, оснащенных СМТ) в этом случае не превосходит 8,8% в отдельном единичном случае для погектарного расхода топлива трактором Т-150-09 с плугом ПЛН-5-35, оснащенного двигателем ЯМЗ-236Д-3. Для других показателей ошибки не превосходят 5,4%. Средняя ошибка между расчетом и экспериментом для тракторов с штатными СМТ по производительности – 3,9%, по буксованию – 3,8%.

Для трактора МТЗ-1221 с плугом ПЛН-5-35, оснащенного двигателем Д260.2 ошибки не превосходят 4,5% (четвертая строка табл.), что говорит о важности правильного описания взаимодействия колесного движителя с грунтом, то есть процесса буксования.

Результаты по моделированию технико-экономических показателей испытуемых тракторов, теоретически оснащенных бесступенчатой двухпоточной ГОМТ (рис.), показывают, что производительность на вспашке в случае всех четырех тракторов снижается в интервале от 1,8%-2,0% (табл.) из-за меньшей рабочей скорости МТА, оснащенного бесступенчатой ГОМТ. Прежде всего это объясняется наличием утечек в объемных гидромашинах и некоторой потерей угловой скорости ведущих колес, то есть и теоретической скорости трактора V_T , а следовательно и рабочей скорости с учетом буксования. Поскольку физико-механические свойства почвы одинаковы, то для одинаковой крюковой нагрузки буксование для трактора с СМТ будет большим, чем для трактора с ГОМТ. То есть использование ГОМТ способствует улучшению экологии грунта. В тоже время погектарный расход топлива увеличивается, но не более чем на 2,0%.

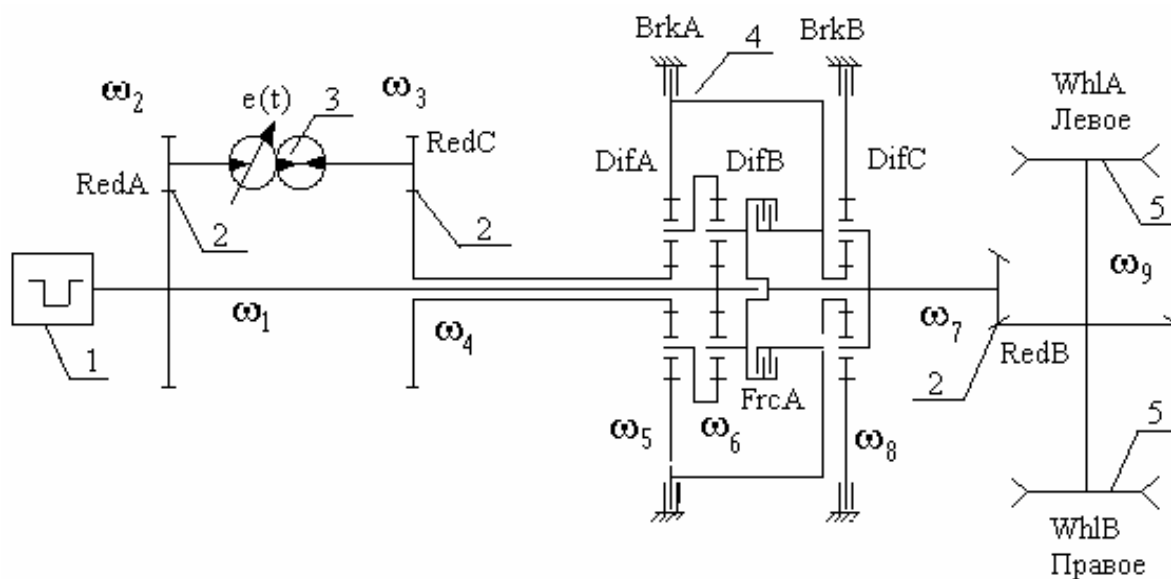


Рисунок – Кинематическая схема двухпоточной ГОМТ колесного трактора: 1 – ДВС; 2 – редуктора; 3 – ГОП; 4 – планетарный механизм передач; 5 – ведущие колеса

Таблица – Результаты сравнительных полевых испытаний тракторов и данных математической модели

Состав МТА (трактор + двигатель + плуг)	Ширина плуга В, м	Мощь-ть дв-ля N _д , кВт	Удельны й расход фн, г/кВт/ч	Произв-ть S _{жсп} (S), га/час		Погектарный расход Q _{жсп} (Q), кг/га		Скорость МТА V _{жсп} (V), км/ч		Буксование δ _{жсп} (δ), %	
				ГОМТ /отклоне ние ΔS, %	СМТ /ошибка ΔS, %	ГОМТ /отклоне ние ΔQ, %	СМТ /ошибка ΔQ, %	ГОМТ	СМТ /ошибка ΔV, %	ГОМТ	СМТ /ошибка Δδ, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Т-150К-09 + ЯМЗ-236Д-3 + ПЛН-5-35	1,75	128,7	220	(1,25) ΔS= -1,9%	1,33 (1,28) /	(25,09) ΔQ=2,0%	26,98 (24,6) /	(7,14)	7,6 (7,35) /	(14,9)	17,1 (16,5) /
ХТЗ-17021 + ТВД226В6 (Китай) + ПРУН 5-45	2,25	132,4 (103*)	217 (200*)	(1,15) ΔS= -1,8%	1,25 (1,18) /	(17,75) ΔQ= 1,95%	16,60 (17,42) /	(5,11)	5,56 (5,25) /	(15,1)	18,5 (17,3) /
Т-150К09 + ЯМЗ-236Д-3 + ПЛН 6-35	2,10	128,7	220	(1,58) ΔS=-2%	1,70 (1,62) /	(20,93) ΔQ=2,0%	20,75 (20,52) /	(7,52)	8,1 (7,7) /	(15,8)	17,1 (17,7) /
МТЗ-1221 + Д260.2 + ПЛН-5-35	1,75	96	226	(0,95) ΔS= -1,9%	0,99 (0,97) /	(26,31) ΔQ=2,0%	26,56 (25,8) /	(5,42)	5,66 (5,55) /	(21,8)	22,0 (23,0) /

* - реальные значения, используемые в эксперименте, соответствующие оборотам двигателя 1750 об/мин [1]

Выводы

1. Объемные и механические потери в ГОМТ на 5-7% превышают «чисто» механические потери в СМТ. В связи с этим, тем не менее, производительность на вспашке падает теоретически до 2%, а погектарный расход примерно настолько же увеличивается.
2. Проведенный анализ подтвердил численно практически одинаковую эффективность ступенчатых механических и гидрообъемно-механических трансмиссий. По крайней мере, теоретически показано, что ни производительность МТА, ни погектарный расход топлива, а следовательно и затраты на обработку 1 га (грн/га) при использовании рационально выбранных кинематических схем бесступенчатых двухпоточных ГОМТ не приведет к заметному (до 5-10%) ухудшению основных технико-экономических показателей, в то же время бесспорно будет эффективным с точки зрения эргономики и экологии.

Список литературы: 1. Сравнительные испытания тракторов производства ОАО „ХТЗ” и трактора МТЗ-1221 производства „Беларусь” на пахоте. Протокол №10477. – ОАО „ХТЗ”. – 2006. – 7с. 2. Самородов В.В. Оптимизационный алгоритм по определению основных технико-экономических показателей трактора с гидрообъемно-механической трансмиссией // Збірник наукових праць Національної гірничої академії. – Дніпропетровськ: НГУ. – 2005. – №21. – С. 169-174. // Вісник НТУ «ХП» “Автомобіле- і тракторобудування”. – 2004. – №16, – с. 63-70. 3. Самородов В.В., Лебедев А.Т. Митропан Д.М., Сергиенко Н.Е. Рациональное агрегатирование тракторов на вспашке // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – №11, – с. 43-55.

Поступила в редколлегию 15.04.2013

УДК 621.83.062

Результаты полевых испытаний и сравнение их с расчетом для основных технико-экономических показателей тракторов / В.В. Самородов, М. Б. Бурлыга, С.А. Шуба // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 30 (1003). – С. 70–74. – Бібліогр.: 3 назв.

Проведено польові випробування й виконано порівняння експериментальних і розрахункових значень основних техніко-економічних показників колісних тракторів, що мають штатні ступінчасті механічні трансмісії. В результаті чисельного експерименту підтверджена ефективність безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії.

Ключові слова: трактор, безступінчаста трансмісія, буксування, ефективність.

They are organized field test and it is executed comparison experimental and design values of the main technical-economic factors wheel tractor, which are equipped staff mechanical gearbox. As a result of the numerical experiment is confirmed efficiency CVT.

Key words: tractor, continuously variable transmission, skidding, efficiency.