

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖОСЕВОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА
НА ТРАКТОРЕ КЛАССА 2

Из-за существенных отличий в условиях работы полноприводных тракторов и автомобилей целесообразность применения межосевых дифференциалов на тракторах 4x4 не была достаточно обоснована. Поэтому в отечественном тракторостроении дифференциальный межосевой привод до сих пор не применялся, хотя за рубежом уже созданы модели энергонасыщенных тракторов 4x4, оснащенных межосевыми блокируемыми дифференциалами [4].

Цель данной работы – оценить и сравнить на стадии проектирования тягово-сцепные свойства полноприводного трактора с заблокированным и дифференциальным межосевыми приводами. После этого можно решать вопрос о целесообразности разработки и изготовления опытных образцов перспективных тракторов 4x4 с дифференциальным межосевым приводом.

В соответствии с поставленной целью были разработаны методики расчета тягово-сцепных свойств трактора 4x4 с дифференциальным [1] и заблокированным [2,3] межосевыми приводами, учитывающие нелинейность зависимости между касательной силой тяги и буксованием, а также перераспределение нормальных нагрузок на колеса в зависимости от крюковой нагрузки. Тягово-сцепные свойства тракторов 4x4 с различными межосевыми приводами оценивались по относительным (η_δ) и абсолютным (N_δ) потерям мощности на буксование в зависимости от основного расчетного параметра трактора – суммарной касательной силы тяги $P_{к.с}$ – и закона распределения $P_{к.с}$ по ведущим мостам. Последний определяется кинематическим несоответствием теоретических окружных скоростей ведущих мостов m и передаточным числом межосевого дифференциала i_d соответственно при заблокированном и дифференциальном межосевых приводах.

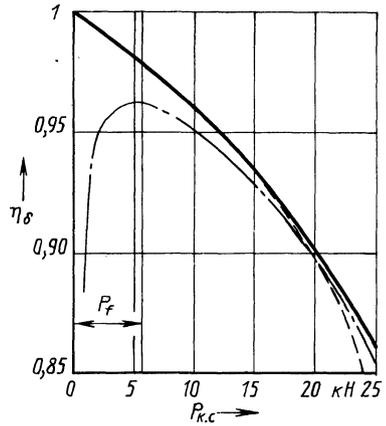
Расчеты проведены применительно к трактору класса 2 при следующих исходных данных: $h_{кр} = 0,75$ м, $L = 2,61$ м – соответственно высота приложения крюковой нагрузки и продольная база трактора; $G_{ст1} = 25,18$ кН, $G_{ст2} = 30,82$ кН – статические нагрузки на передний и задний ведущие мосты; $\varphi_1 = 0,51$, $\varphi_2 = 0,71$, $\kappa_1 = 7,4$, $\kappa_2 = 9,1$ – постоянные коэффициенты эмпирических зависимостей $P_{ки} = \varphi_i (1 - \exp(-\kappa_i \delta_i))$ касательных сил тяги от буксования переднего ($i = 1$) и заднего ($i = 2$) ведущих мостов; $P_f = 5,6$ кН – сила сопротивления движению трактора.

Рассмотрим работу описываемого трактора на поле под посев для следующих трех типов межосевого привода: заблокированный при $m = 0$, дифференциальный при постоянном $i_d = 2$ и заблокированный при $m = 0,04$. При сравнении тягово-сцепных свойств тракторов потери мощности на буксование η_δ и N_δ для этого типа привода приняты за 100 %.

Результаты расчетов приведены на рис. 1 и в табл. 1, откуда следует, что наименьшие потери мощности на буксование имеют место при заблокированном

Рис. 1. Зависимость КПД буксования трактора класса 2 от тяговой нагрузки и типа межосевого привода на поле под посев:

———— блокированный привод, $m = 0$; - - - - дифференциальный привод, $i_D = 2$; - · - · - · - блокированный привод, $m = 0,04$



межосевом приводе и $m = 0$ во всем диапазоне изменения тяговых нагрузок. При малых и средних значениях $P_{к.с.}$, дифференциальном межосевом приводе и $i_D = 2$ потери мощности на буксование практически те же, что и при блокированном межосевом приводе и $m = 0$. Например, с ростом $P_{к.с.}$ от 0 до 14,4 кН нелинейное уменьшение КПД буксования (η_δ) для этих двух типов привода одинаково, а различие в абсолютных значениях N_δ не превышает 0,03 кВт, или 1,2% (см. табл. 1).

При блокированном межосевом приводе и $m = 0,04$ значительно увеличиваются потери мощности на буксование относительно минимально возможных при $m = 0$, особенно при невысоких тяговых нагрузках, когда касательные силы тяги на ведущих мостах могут иметь разные знаки.

Табл. 1. Сравнение потерь мощности на буксование трактора класса 2 в зависимости от силы тяги и типа межосевого привода

$P_{к.с.}$, кН	Блокированный межосевой привод				Дифференциальный межосевой привод	
	$m = 0$		$m = 0,04$		$i_D = 2$	
	η_δ	N_δ , кВт	η_δ	N_δ , кВт	η_δ	N_δ , кВт
0	1	0	0	0,278	1,0	0
2	0,993	0,039	0,945	0,319	0,993	0,039
4	0,985	0,159	0,961	0,444	0,985	0,159
6	0,978	0,369	0,961	0,655	0,978	0,369
8	0,969	0,675	0,957	0,955	0,969	0,676
10	0,960	1,088	0,951	1,364	0,960	1,092
12	0,951	1,620	0,943	1,893	0,951	1,632
14	0,940	2,285	0,934	2,559	0,940	2,316
16	0,929	3,104	0,924	3,379	0,928	3,173
18	0,917	4,099	0,912	4,380	0,915	4,245
20	0,903	5,303	0,899	5,593	0,899	5,603
22	0,888	6,760	0,884	7,062	0,881	7,372
24	0,870	8,531	0,867	8,852	0,856	9,832
26	0,850	10,71	0,846	11,06	0,819	13,84

Дифференциальный межосевой привод при $i_d = 2$ позволяет улучшить тягово-сцепные свойства трактора по сравнению с существующим блокированным межосевым приводом в диапазоне тяговых нагрузок до 20 кН (рис. 1). Так, при движении трактора 4x4 с дифференциальным межосевым приводом при $i_d = 2$ на поле под посев холостым ходом η_δ увеличивается на 1,79 %, а при работе с тяговыми нагрузками 10 и 14 кН η_δ увеличивается соответственно на 0,95 и 0,64 %. Этот диапазон тяговых нагрузок достаточен для преодоления сопротивления большинства агрегируемых с тракторами МТЗ сельскохозяйственных машин и орудий. При $P_{к.с.} > 20$ кН (что характерно лишь для энергоемких технологических операций, доля которых в общем времени работы трактора невелика) потери мощности на буксование при дифференциальном межосевом приводе начинают интенсивно увеличиваться и межосевой дифференциал необходимо блокировать. В этом случае также обеспечиваются меньшие потери мощности на буксование, чем у существующего блокированного привода, поскольку блокирование межосевого дифференциала не ведет к возникновению конструктивного кинематического несоответствия теоретических окружных скоростей ведущих мостов.

Отметим, что для более твердых опорных поверхностей диапазон изменения тяговых нагрузок, при которых возможно использование дифференциального межосевого привода без его принудительного блокирования, расширяется.

Таким образом, расчетным путем на стадии проектирования, путем оценки и сравнения тягово-сцепных свойств трактора 4x4 класса 2 с блокированным и дифференциальным межосевым приводами с учетом нелинейности зависимости между касательной силой тяги и буксованием, перераспределения нормальных нагрузок на колеса в зависимости от крюковой нагрузки, различных массо-геометрических параметров трактора и конструктивных параметров его межосевого привода установлено, что наименьшие потери мощности на буксование соответствуют режиму равенства буксований ведущих мостов. В случае блокированного межосевого привода такой режим достигается при отсутствии кинематического несоответствия. В общем случае дифференциального межосевого привода для получения наименьших потерь мощности на буксование необходимо обеспечить регулирование распределения тяговых нагрузок и буксований по ведущим мостам. Применение на тракторе класса 2 дифференциального межосевого привода с постоянным передаточным числом, равным двум, позволяет не только улучшить поворачиваемость трактора, но и повысить его тягово-сцепные свойства по сравнению с существующим блокированным межосевым приводом в диапазоне малых и средних крюковых нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стригунов С.И., Лефаров А.Х. Потери на буксование машины типа 4x4 с дифференциальным приводом. – В кн.: Автотракторостроение. Минск, 1982, вып. 17, с. 73–77.
2. Стригунов С.И., Лефаров А.Х. Распределение тяговых нагрузок и буксований по ведущим мостам трактора 4x4 с автоматизированным межосевым приводом. – В кн.: Автотракторостроение. Минск, 1983, вып. 18, с. 87–93.
3. Лефаров А.Х., Стригунов С.И. Потери мощности трактора типа 4x4 при нелинейной зависимости между силой тяги и буксованием. – В кн.: Механизация лесозаготовки и транспорт леса. Минск, 1981, вып. 11, с. 131–134.
4. Dohne E. Schlüter nat der DLG-Ausstellung – Landtechnik, 1974, 29, N 10, p. 448–452.