

УДК 629.114.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ТРАКТОРА «ХТЗ-16131-05», ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЕГО АГРЕГАТИРОВАНИЕ С КОСИЛКОЙ-ПЛЮЩИЛКОЙ НАВЕСНОЙ КРН-6-Ф

**В. Б. ПОПОВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### Введение

Универсальное энергетическое средство УЭС-2-280А создано для агрегатирования с адаптерами, предназначенными для уборки кормов. В их числе для уборки трав широко используется навесная ротационная косилка КРП-9. Косилка-плющилка навесная ротационная двухсекционная КРН-6-Ф предназначена для кошения зеленых сеяных и естественных трав с одновременным плющением и укладкой скошенной массы на стерню в два вала на равнинных полях с уклоном до  $9^\circ$  [1]. Она была разработана в Научно-техническом центре комбайностроения (бывшее РКУП «ГСКБ») в соответствии с заданием программы Союзного государства «Создание и организация серийного производства комплексов высокопроизводительных сельскохозяйственных машин на базе универсального мобильного энергосредства мощностью 200–450 л. с.». Российская сторона не выполнила обязательства по разработке универсального энергетического средства с двигателем мощностью от 210 до 280 л. с. (УЭС-210/280), предназначенного для агрегатирования, в том числе и с КРН-6-Ф, поэтому она агрегируется с отечественным УЭС-2-280А.



Рис. 1. Колесный трактор «ХТЗ-16131-05», агрегируемый с косилкой-плющилкой навесной ротационной

Другие мобильные энергетические средства (МЭС), в частности трактора «Беларус», уже используются для агрегатирования с КРП-9. Поэтому использование в качестве энергоносителя интегрального колесного трактора «ХТЗ-16131-05» (рис. 1) позволит навешивать КРН-6-Ф на МЭС как отечественного, так и зарубежного производства.

Целью работы является оценка по результатам вычислительного эксперимента возможности агрегатирования ХТЗ-16131-05 и КПН-6-Ф в режиме ее подъема (перевода из рабочего в транспортное положение).

**Основная часть**

Интегральный колесный трактор «ХТЗ-16131-05» оборудован задним подъемно-навесным устройством (ПНУ) с грузоподъемностью на оси подвеса механизма навески равной  $G_m = 50$  кН [2], что существенно превышает вес КПН-6-Ф ( $P_6 = 33$  кН). Несмотря на этот факт, энергетическая обеспеченность подъема КПН-6-Ф при помощи ПНУ трактора «ХТЗ-16131-05» не очевидна, поскольку определяется как параметрами ПНУ, так и НМ [3]. Таким образом, паспортной информации по грузоподъемности ПНУ трактора для положительного заключения о возможности агрегатирования с КПН-6-Ф недостаточно.

Необходимыми и достаточными условиями, обеспечивающими агрегатирование ХТЗ-16131-05 и КПН-6-Ф, является одновременное выполнение следующих требований:

- расчетная минимальная грузоподъемность ПНУ МЭС, определенная для заданных веса и координат центра тяжести НМ, с учетом гидромеханических потерь в ПНУ, должна превышать вес НМ;
- управляемость машинно-тракторного агрегата во время транспортного переезда с полностью поднятой КПН-6-Ф должна быть обеспечена;
- в рабочем положении КПН-6-Ф обзор ее секций с рабочего места тракториста ХТЗ-16131-05 должен быть обеспечен;
- компоновочные ограничения для транспортного положения КПН-6-Ф, связанные с углом завала стойки, подлежат выполнению.

Для оценки энергетической обеспеченности подъема КПН-6-Ф из рабочего в транспортное положение были выполнены многовариантный анализ и синтез ПНУ на основе функциональной математической модели (ФММ) [3]. В результате выполнения этих процедур были получены расчетные значения для выходных параметров нагруженного ПНУ и его основного компонента – механизма навески (рис. 2).

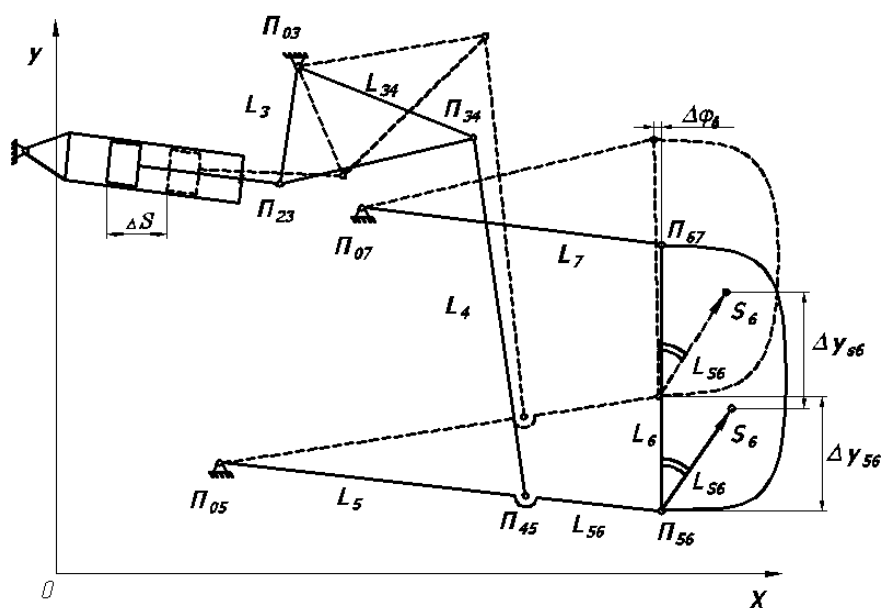


Рис. 2. Кинематическая цепь, состоящая из плоского аналога механизма навески ПНУ трактора «ХТЗ-16131-05» и аналога навесной машины КПН-6-Ф – L<sub>6</sub>

Результаты расчета основных геометрических, кинематических и силовых параметров ПНУ трактора «ХТЗ-16131-05» в процессе перевода КПН-6-Ф в транспортное положение представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Основные выходные параметры ПНУ трактора «ХТЗ-16131-05» при агрегатировании с КПН-6-Ф ( $P_6 = 33$  кН)

$S$ , м	$Y_{56}$ , м	$\varphi_6$ , °	$\varphi_3'$ , 1/м	$U_{63}$ **	$I_m$	$I_{S6}$	$F$ , кН	$p_{гц}$ , МПа
0,560	*	—	—	—	—	—	—	—
0,585	0,552	89,997	5,494	-0,015	4,072	3,985	131,5	12,81
0,610	0,653	89,933	5,320	-0,001	4,029	4,021	132,7	12,92
0,635	0,754	89,976	5,263	0,013	3,992	4,063	134,1	13,06
0,660	0,853	90,133	5,302	0,029	3,951	4,112	135,7	13,21
0,685	0,951	90,425	5,426	0,048	3,899	4,171	137,6	13,40
0,710	1,048	90,895	5,650	0,072	3,825	4,249	140,2	13,65
0,735	1,142	91,620	6,003	0,104	3,717	4,368	144,1	14,04
0,760	1,233	92,747	6,545	0,150	3,556	4,578	151,1	14,71
0,785	1,319	94,579	7,421	0,222	3,308	5,006	165,2	16,09
0,810	1,397	97,808	9,034	0,338	2,916	6,005	198,2	19,30

\*Подсоединение КПН-6-Ф выполняется, когда высота оси подвеса МН – ( $Y_{56}$ ) составляет 0,55 м;  
\*\*безразмерная величина.

Здесь  $S$  – обобщенная координата, отражающая ход поршня гидроцилиндра ( $\Delta S$ );  $Y_{56}$  – вертикальная координата оси подвеса ( $\Pi_{56}$ );  $\varphi_6$  – угол наклона звена  $L_6$  (стойки);  $\varphi_3'$  – аналог угловой скорости поворотного рычага  $L_3, L_{34}$ ;  $I_m, I_{S6}$  – передаточные числа МН на оси подвеса и в центре тяжести НМ;  $U_{63}$  – передаточное отношение угловых скоростей звеньев ( $L_6, L_3$ );  $F$  – приведенная к гидроцилиндру полезная нагрузка;  $p_{гц}$  – давление в рабочем гидроцилиндре.

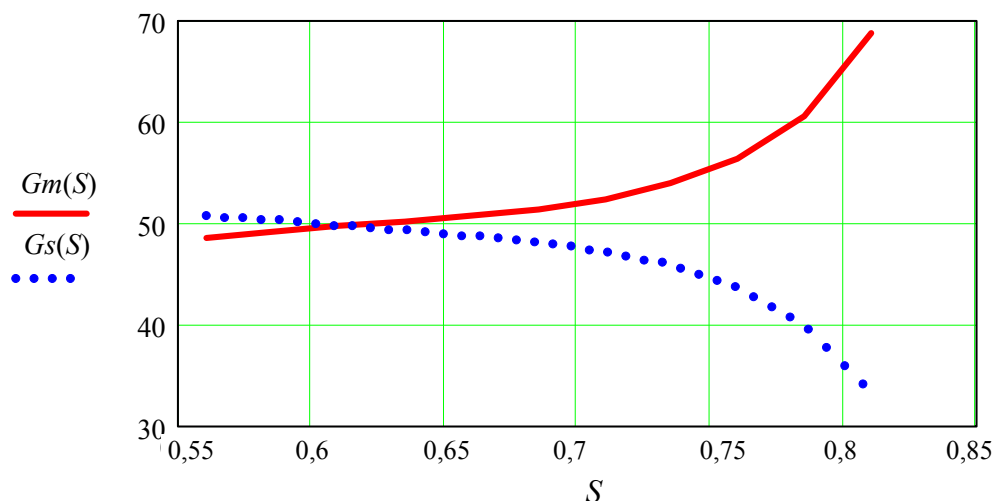


Рис. 3. Грузоподъемность базового ПНУ ХТЗ-16131-05 на оси подвеса механизма навески и при агрегатировании с КПН-6-Ф ( $G_m = 49,19$  кН,  $G_s = 33,34$  кН;  $\Delta G_s = 0,01P_6$ )

**Анализ результатов**

Как было отмечено выше, возможность агрегатирования трактора «ХТЗ-16131-05» с косилкой-плющилкой навесной КПП-6-Ф ( $P_6 = 33$  кН) была просчитана с помощью ФММ на ПЭВМ. В базовом варианте ПНУ запас грузоподъемности составил  $\Delta G_S = 1,0$  % от веса косилки (рис. 3), а максимум угла наклона стойки в транспортном положении  $\Delta \varphi_6 = 7,8^\circ$ , что, с одной стороны, гарантирует полный подъем НМ, а с другой – удовлетворяет требованиям по стандарту [4]. Однако запас грузоподъемности явно недостаточен из-за известной нестабильности параметров ПНУ в процессе эксплуатации, и в первую очередь его КПД.

С целью повышения запаса грузоподъемности в соответствии с методикой, изложенной в работе [5], была выполнена модернизация исходных параметров механизма навески данного ПНУ. В результате параметрической оптимизации были получены результаты, представленные в табл. 2 и на рис. 4.

Таблица 2

**Основные выходные параметры модернизированного ПНУ трактора «ХТЗ-16131-05» при агрегатировании с КПП-6-Ф ( $P_6 = 33$  кН)**

$S, \text{ м}$	$Y_{56}, \text{ м}$	$\varphi_6, ^\circ$	$\varphi_3', 1/\text{м}$	$U_{63}^{**}$	$I_m$	$I_{S6}$	$F, \text{ кН}$	$p_{\text{гн}}, \text{ МПа}$
0,560	*	–	–	–	–	–	–	–
0,585	0,550	89,999	5,494	–0,015	3,911	3,827	126,3	12,30
0,610	0,648	89,934	5,320	–0,002	3,878	3,866	127,6	12,43
0,635	0,744	89,968	5,263	0,011	3,848	3,909	129,1	12,56
0,660	0,840	90,106	5,302	0,026	3,814	3,957	130,6	12,72
0,685	0,935	90,367	5,426	0,043	3,769	4,011	132,4	12,89
0,710	1,028	90,784	5,650	0,063	3,705	4,080	134,6	13,11
0,735	1,120	91,420	6,003	0,091	3,613	4,180	137,9	13,43
0,760	1,209	92,338	6,545	0,127	3,478	4,347	143,4	13,97
0,785	1,293	93,914	7,421	0,182	3,281	4,675	154,3	15,03
0,810	1,372	96,494	9,034	0,265	2,998	5,439	179,5	17,48

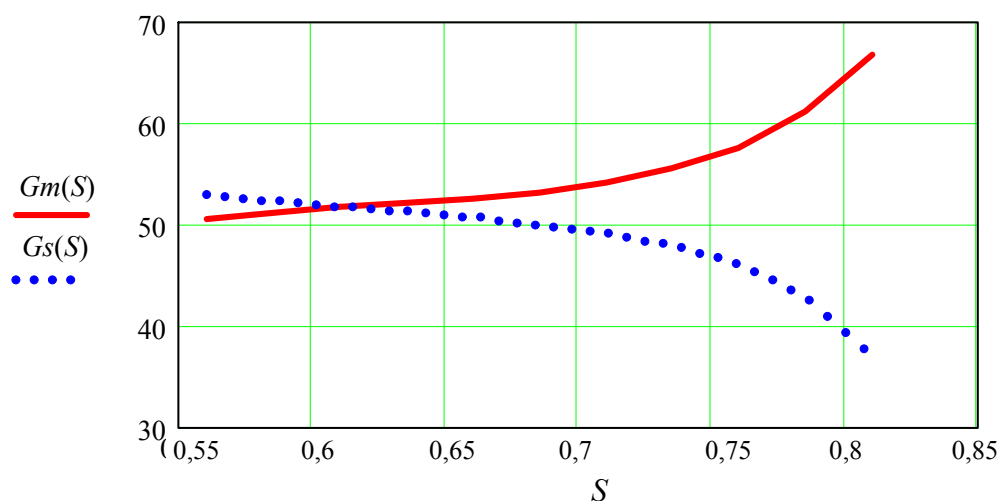


Рис. 4. Грузоподъемность модернизированного ПНУ ХТЗ-16131-05 на оси подвеса МН и при агрегатировании с КПП-6-Ф ( $G_m = 51,19$  кН;  $G_s = 36,82$  кН;  $\Delta G_S = 0,116P_6$ )

При увеличении размера  $L_5$ , представляющего длину нижней тяги МН до ее контакта с раскосом до 750 мм, что больше чем у базового исполнения на 25 мм (рис. 2), и при высоте стойки  $L_6 = 560$  мм был достигнут необходимый рост грузоподъемности до  $G_S = 36,82$  кН. При этом ее запас составил  $\Delta G_S = 11,6\%$ , а завал стойки несколько уменьшился и составил  $\Delta\phi_6 = 6,49^\circ$ . Дальнейшее увеличение  $L_5$  сопровождается уже не столь интенсивным ростом грузоподъемности.

Для устойчивости движения МТА во время транспортного переезда часть его веса, приходящаяся на мост управляемых колес МЭС, должна составлять не менее 20% от общего веса МТА [6].

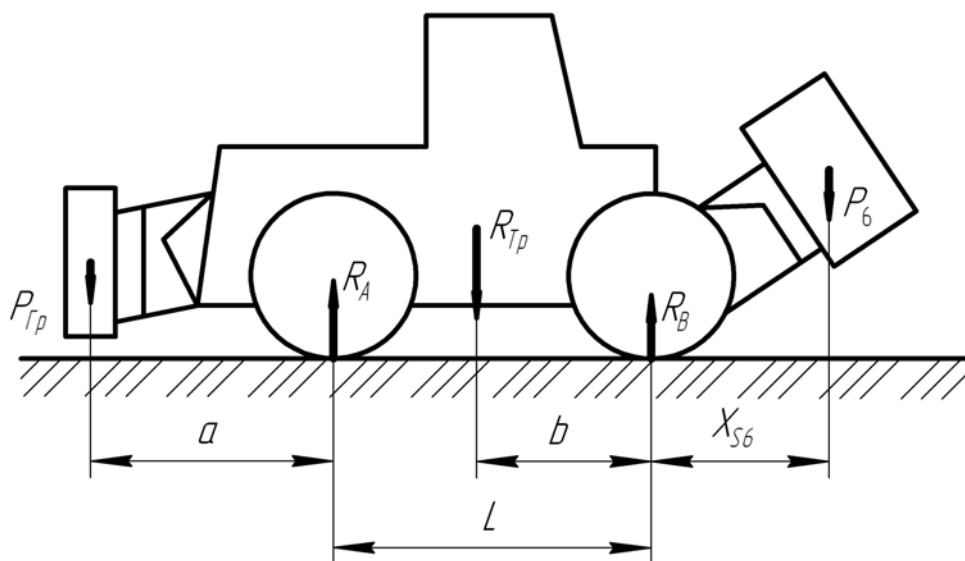


Рис. 5. Схема сил, действующих на машинно-тракторный агрегат с навесной машиной (КПН-6-Ф) в транспортном положении

Для расчета управляемости МЭС (рис. 5) было составлено уравнение равновесия моментов сил, действующих на компоненты МТА относительно точки опоры ведущих колес:

$$\sum M_B = P_{Tp}(a+L) + P_{Tp}b - P_6X_{S6} - R_A L = 0,$$

где  $P_{Tp}$  – вес балласта;  $P_{Tp}$  – вес ХТЗ-16131-05;  $P_6$  – вес КПН-6-Ф;  $R_A$  – нагрузка, приходящаяся на мост управляемых колес;  $X_{S6}$  – горизонтальная координата центра тяжести НМ в транспортном положении;  $L$  – база МЭС;  $a$  и  $b$  – расстояние от вертикальной проекции центра тяжести МЭС до вертикальных проекций центра тяжести балласта и оси моста ведущих колес, соответственно.

Разрешив уравнение моментов сил относительно реакции на управляемом колесе  $R_A$ , получим:

$$R_A = \frac{P_{Tp}(a+L) + P_{Tp}b - P_6X_{S6}}{L}.$$

Результаты расчетов по распределению веса МЭС и МТА на ведущие и управляемые колеса МЭС представлены в табл. 3.

Таблица 3

Развесовка МЭС и МТА по управляемому и ведущему мостам, %

МТА	КПН-6-Ф			
	МЭС		ХТЗ-16131-05 + КПН-6-Ф в транспортном положении	
Реакции на колесах МЭС	$R_A$	$R_B$	$R'_A$	$R'_B$
ХТЗ-16131-05	60,53	39,47	21,86	78,14

Во всех вариантах на управляемые колеса ХТЗ-16131-05 с КПН-6-Ф в транспортном положении приходится более 20 % от его общего веса (табл. 3), даже без использования балласта ( $P_{гр}$ ), поэтому требования по управляемости МЭС удовлетворяются.

**Заключение**

Полный подъем КПН-6-Ф при навеске на ХТЗ-16131-05 вполне осуществим, т. е. в энергетическом аспекте агрегатирование ХТЗ-16131-05 с КПН-6-Ф с помощью минимально модернизированного ПНУ обеспечено.

Существующие требования по управляемости МТА с КПН-6-Ф в транспортном положении, связанные с перераспределением нагрузки на мостах ХТЗ-16131-05, удовлетворяются.

Компоновочные ограничения, касающиеся угла завала стойки в транспортном положении КПН-6-Ф, удовлетворяются как в базовом, так и модернизированном вариантах.

Заключение об обзорности секций навесной косилки-плющилки КПН-6-Ф с рабочего места тракториста в ее рабочем положении можно будет сделать после дополнительных исследований.

В целом проведенная работа полезна для рационального выбора и наладки параметров механизма навески ПНУ ХТЗ-16131-05, так как расширяет возможности агрегатирования как интегрального трактора, так и навесной косилки-плющилки КПН-6-Ф.

**Литература**

1. Косилка-плющилка ротационная двухсекционная навесная КПН-6-Ф «Палессе СН-60F». Руководство по эксплуатации. – Гомель : Гомсельмаш, 2009. – С. 78.
2. ХТЗ-16131-05. Характеристики трактора. – 2012. – Режим доступа: <http://www.xtz.ua/tractor/xtz-16131-05>.
3. Попов, В. Б. Расчет грузоподъемности подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства третьего поколения / В. Б. Попов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2012. – № 3. – С. 43–48.
4. ГОСТ 10677–2001. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6–8. Типы, основные параметры и размеры (Межгосударственный стандарт). – Минск, 2002. – С. 8.
5. Попов, В. Б. Параметрическая оптимизация подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства УЭС 290/450 «Полесье», агрегируемого с навесным кормоуборочным комбайном КНК-500 / В. Б. Попов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2013. – № 1. – С. 35–43.
6. ГОСТ 12.2.111–85. Система стандартов безопасности труда. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности (Межгос. стандарт). – Минск, 2006. – С. 10.

Получено 05.09.2014 г.