

УДК 629.114.2

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ АГРЕГАТИРОВАНИЯ КОСИЛКИ-ПЛЮЩИЛКИ НАВЕСНОЙ КПН-6-Ф С ТРАКТОРОМ «БЕЛАРУС-2022»

В. Б. ПОПОВ, А. В. ГОЛОПЯТИН

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

Введение

Среди кормоуборочной техники, произведенной ПО «Гомсельмаш», известна косилка-плющилка навесная ротационная двухсекционная КПН-6-Ф (рис. 1), предназначенная для кошения зеленых сеяных и естественных трав с одновременным плющением и укладкой скошенной массы на стерню в два валка на равнинных полях с уклоном до 9°. Она была разработана 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.». Для кормоуборки были созданы навесной кормоуборочный комбайн КНК-420 и косилка-плющилка КПН-6-Ф, агрегируемые с универсальными энергетическими средствами энергонасыщенностью от 210 до 280 л. с.



Рис. 1. Косилка-плющилка навесная ротационная КПН-6-Ф

Обязательство по разработке УЭС-210/280 российской стороной не было выполнено, поэтому КПН-6-Ф обычно агрегируется с серийным универсальным энергосредством УЭС-2-280А. Использование в качестве энергоносителя других мобильных энергетических средств (МЭС), и, в частности, колесных тракторов «Беларус-3022», «Беларус-2022», позволит навешивать КПН-6-Ф на тракторы, имеющиеся как в отечественных, так и в зарубежных хозяйствах.

Целью работы является оценка возможности агрегатирования «Беларус-2022» и КПН-6-Ф в режиме ее перевода из рабочего в транспортное положение по результатам вычислительного эксперимента.

Основная часть

Энергетическая обеспеченность агрегатирования КПН-6-Ф с трактором «Беларус-3022» очевидна, поскольку мощность его ПНУ на 49,4 % больше, чем у равных по мощности ПНУ «Беларус-2022» и «УЭС-290/450». При этом запас грузоподъемности ПНУ последнего при подъеме КПР-9 составляет 49,8 % [1], а момент нагрузки, создаваемый КПР-9 относительно оси подвеса механизма навески трактора, на 10,7 % больше, чем у КПН-6-Ф. Колесный трактор «Беларус-2022» оборудован подъемно-навесным устройством (ПНУ) с грузоподъемностью на оси подвеса механизма навески – $G_m = 65$ кН, но для положительного заключения о возможности агрегатирования этой информации недостаточно.

Необходимыми и достаточными условиями агрегатирования МЭС и навесной машины (НМ) является выполнение совокупности требований:

- по расчетной минимальной грузоподъемности ПНУ МЭС, определенной для заданных максимальных веса и координат центра тяжести НМ, при этом грузоподъемность ПНУ должна превышать вес НМ;
- по обеспечению управляемости машинно-тракторного агрегата;
- по обзорности рабочих органов НМ с рабочего места оператора и выполнению компоновочных ограничений для транспортного положения НМ.

Для подтверждения энергетической обеспеченности подъема КПН-6-Ф из рабочего в транспортное положение были выполнены проверочные расчеты с помощью разработанной функциональной математической модели (ФММ) [1] и выполнен анализ выходных параметров нагруженного ПНУ и его основного компонента – механизма навески для его плоского аналога (рис. 2).

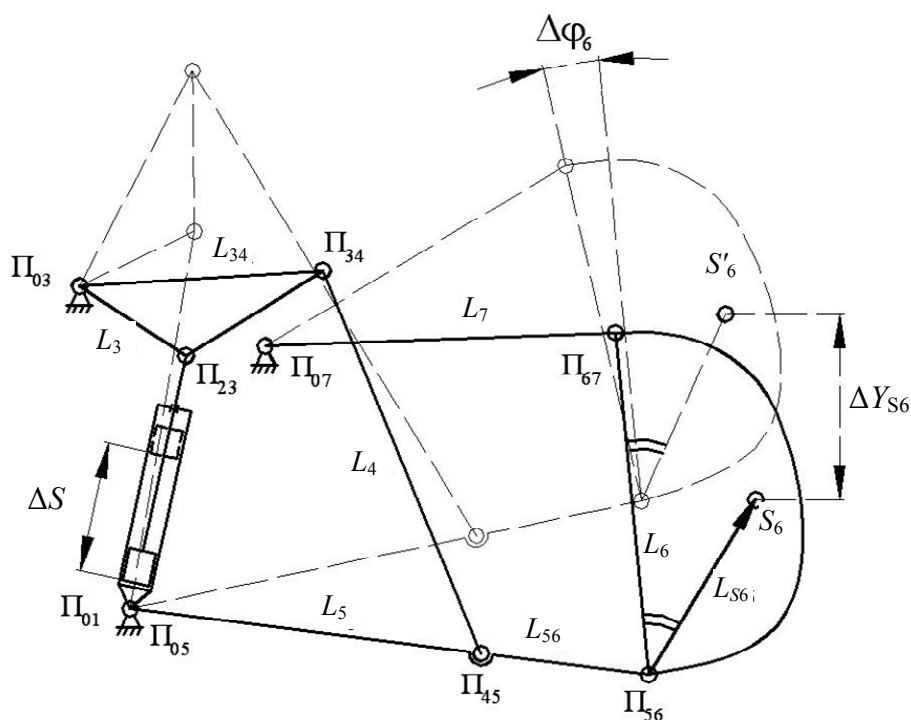


Рис. 2. Кинематическая цепь, состоящая из плоского аналога механизма навески ПНУ трактора «Беларус-2022» и аналога навесной машины КПН-6-Ф – L_6

Результаты расчета основных геометрических, кинематических и силовых параметров ПНУ трактора «Беларус-2022» в процессе перевода КПН-6-Ф в транспортное положение представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Основные выходные параметры ПНУ трактора «Беларус-2022» при агрегатировании с КПП-6-Ф ($P_6 = 33$ кН)

| S [м] | Y_{56} [м] | ϕ_6 [град] | ϕ_3' [1/м] | U_{63} [-]** | I_m [-] | I_{56} [-] | F [кН] | $P_{гц}$ [МПа] |
|------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------|-------------|-------------------|
| 0,440 | * | – | – | – | – | – | – | – |
| 0,465 | 0,593 | 90,670 | 4,526 | 0,211 | 3,059 | 4,109 | 135,6 | 12,893 |
| 0,490 | 0,668 | 92,164 | 4,403 | 0,258 | 2,971 | 4,211 | 139,0 | 13,214 |
| 0,515 | 0,741 | 93,935 | 4,352 | 0,309 | 2,893 | 4,355 | 143,7 | 13,665 |
| 0,540 | 0,813 | 96,035 | 4,357 | 0,366 | 2,817 | 4,537 | 149,7 | 14,236 |
| 0,565 | 0,882 | 98,529 | 4,410 | 0,430 | 2,736 | 4,756 | 156,9 | 14,921 |
| 0,590 | 0,949 | 101,492 | 4,511 | 0,499 | 2,644 | 5,005 | 165,2 | 15,705 |
| 0,615 | 1,014 | 105,013 | 4,665 | 0,573 | 2,537 | 5,273 | 174,0 | 16,546 |
| 0,640 | 1,076 | 109,182 | 4,882 | 0,646 | 2,408 | 5,529 | 182,5 | 17,351 |
| 0,665 | 1,134 | 114,073 | 5,183 | 0,709 | 2,250 | 5,716 | 188,6 | 17,936 |
| 0,690 | 1,188 | 119,708 | 5,606 | 0,746 | 2,056 | 5,738 | 189,4 | 18,006 |

*Подсоединение КПП-6-Ф выполняется, когда высота оси подвеса МН – (Y_{56}) составляет 0,55 м.

**Безразмерная величина.

Здесь: S – обобщенная координата, отражающая ход поршня гидроцилиндра (ΔS); Y_{56} – вертикальная координата оси подвеса (Π_{56}); ϕ_6 – угол наклона звена L_6 ; ϕ_3' – аналог угловой скорости поворотного рычага (L_3, L_{34}); I_m, I_{56} – 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 гидроцилиндре.

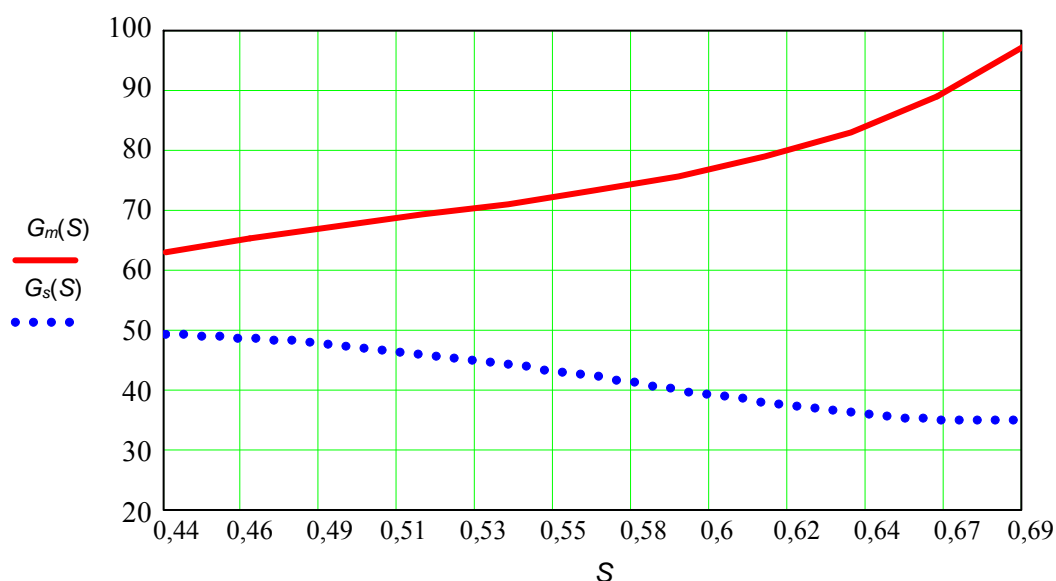


Рис. 3. Грузоподъемность ПНУ «Беларус-2022» на оси подвеса механизма навески и при агрегатировании с КПП-6-Ф ($G_m = 64,1$ кН, $G_s = 34,8$ кН, $\Delta G_s = 0,05P_6$)

Анализ результатов

Энергетический аспект возможности агрегатирования с косилкой-плющилкой навесной КПП-6-Ф ($P_6 = 33$ кН) был просчитан на ФММ. При этом запас грузоподъемности ΔG_s составляет 5 % от веса КПП-6-Ф (P_6) (рис. 3), а максимум угла наклона стойки $\Delta \phi_6 = 29,7$ град, что не удовлетворяет требованиям по стандарту [2].

С целью улучшения этих показателей в соответствии с методикой, изложенной в работе [3], была выполнена модернизация исходных параметров механизма навески данного ПНУ. В результате параметрической оптимизации были получены результаты, представленные в табл. 2 и на рис. 4. Требуемое изменение $\Delta\varphi_6 = 12,9$ и $\Delta G_s = 36$ % достижимо при увеличении Y_{07} (неподвижный шарнир Π_{07}) на 100 мм и L_5 (нижняя тяга МН) на 50 мм (рис. 2).

Таблица 2

Основные выходные параметры модернизированного ПНУ трактора «Беларус-2022» при агрегатировании с КПП-6-Ф ($P_6 = 33$ кН)

| S | Y_{56} | φ_6 | φ_3' | U_{63} | I_m | I_{S6} | F | $P_{гц}$ |
|-------|----------|-------------|--------------|----------|-------|----------|--------|----------|
| [м] | [м] | [град] | [1/м] | [-]** | [-] | [-] | [кН] | [МПа] |
| 0,440 | * | – | – | – | – | – | – | – |
| 0,465 | 0,578 | 90,039 | 4,526 | 0,039 | 2,750 | 2,944 | 97,16 | 9,239 |
| 0,490 | 0,646 | 90,381 | 4,403 | 0,068 | 2,682 | 3,013 | 99,44 | 9,455 |
| 0,515 | 0,712 | 90,908 | 4,352 | 0,101 | 2,622 | 3,102 | 102,43 | 9,735 |
| 0,540 | 0,777 | 91,642 | 4,357 | 0,136 | 2,564 | 3,211 | 106,01 | 10,077 |
| 0,565 | 0,840 | 92,613 | 4,410 | 0,174 | 2,503 | 3,343 | 110,32 | 10,489 |
| 0,590 | 0,902 | 93,862 | 4,511 | 0,217 | 2,434 | 3,500 | 115,50 | 10,984 |
| 0,615 | 0,962 | 95,443 | 4,665 | 0,265 | 2,354 | 3,688 | 121,73 | 11,574 |
| 0,640 | 1,019 | 97,423 | 4,882 | 0,315 | 2,261 | 3,910 | 129,01 | 12,270 |
| 0,665 | 1,075 | 99,883 | 5,183 | 0,368 | 2,150 | 4,164 | 137,42 | 13,068 |
| 0,690 | 1,127 | 102,909 | 5,606 | 0,416 | 2,018 | 4,439 | 146,51 | 13,928 |

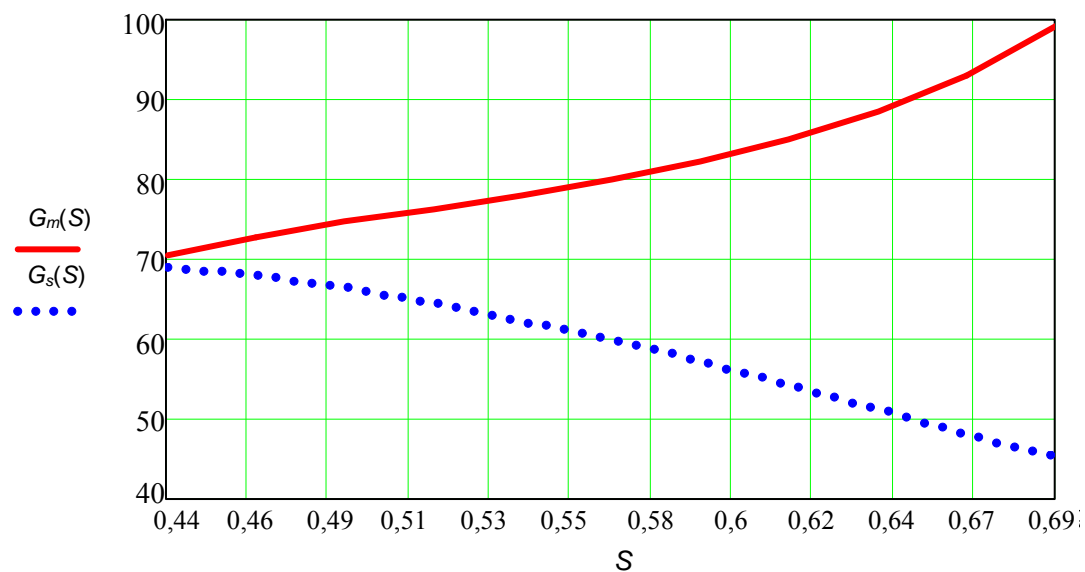


Рис. 4. Грузоподъемность модернизированного ПНУ «Беларус-2022» на оси подвеса МН и при агрегатировании с КПП-6-Ф ($G_m = 71,8$ кН, $G_s = 45,0$ кН, $\Delta G_s = 0,36P_6$)

Для устойчивого управления движением МТА во время транспортного переезда часть его веса, приходящаяся на мост управляемых колес МЭС, должна составлять не менее 20 % от общего веса МТА [4].

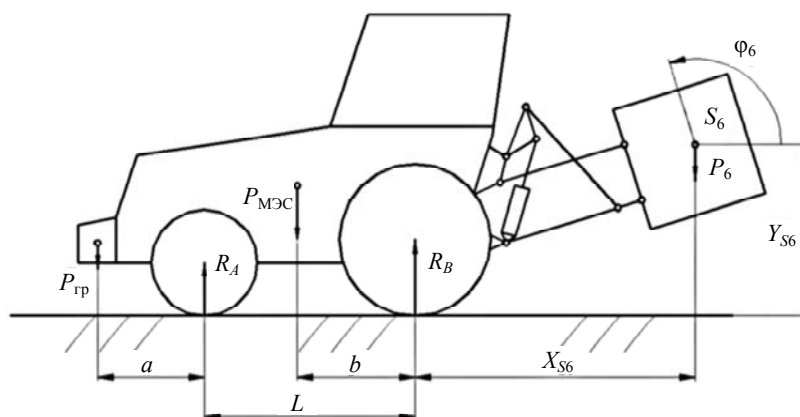


Рис. 5. Схема сил, действующих на машинно-тракторный агрегат с навесной машиной в транспортном положении

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

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

где $P_{гр}$ – вес балласта; $P_{МЭС}$ – вес МЭС; P_6 – вес НМ; 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. Для МТА с «Беларус-3022» $P_{гр} = 13,5$ кН. $P_{МЭС} = 115$ кН. Для МТА с «Беларус-2022» $P_{гр} = 8,1$ кН. $P_{МЭС} = 69$ кН.

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

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

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 | | МЭС+КПН-6-Ф в транспортном положении | |
| | R_A | R_B | R'_A | R'_B |
| «Беларус-3022» | 46,43 | 53,57 | 19,0*/28,03 | 81,0*/71,97 |
| «Беларус-2022» | 47,94 | 52,06 | 20,09 | 79,71 |

*Развесовка без балласта.

Во всех вариантах на управляемые колеса МТА с НМ в транспортном положении приходится более 20 % его общего веса (табл. 3), поэтому требования по управляемости МЭС в основном удовлетворяются.

Заключение

В энергетическом аспекте агрегатирование «Беларус-2022» с КПП-6-Ф посредством модернизированного ПНУ вполне осуществимо. Требования по управляемости МТА при переводе КПП-6-Ф в транспортное положение удовлетворяются.

Заключение об обзорности рабочих органов навесной косилки-плющилки КПП-6-Ф с рабочего места тракториста и выполнении компоновочных ограничений можно будет сделать после дополнительных исследований.

В целом проведенная работа полезна для рационального выбора и соответствующей настройки параметров ПНУ «Беларус-2022», так как расширяет возможности агрегатирования КПП-6-Ф.

Литература

1. 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.
2. ГОСТ 10677–2001. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6-8. Типы, основные параметры и размеры (Межгосударственный стандарт). – Минск, 2002. – С. 8.
3. 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.
4. ГОСТ 12.2.111–85. Система стандартов безопасности труда. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности (Межгосударственный стандарт). – Минск, 2006. – С. 10.

Получено 09.09.2013 г.