

УДК 631.352.2

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПРИВОДА СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА

Бабій М.В., к.т.н., Бабій А.В., к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

Виконано аналіз ефективності роботи модернізованого приводу сегментно-пальцевого різального апарата косарки, яка обладнана регульованим пружинним пристроєм. Наведено основні результати досліджень при зміні регульованих параметрів пристрою, що будуть використовуватися для практичного налаштування приводу в польових умовах.

Постановка проблеми. Розвиток тваринницької галузі народного господарства прямо залежить від якісного і кількісного складу кормової бази. Тварини повинні бути в повній мірі та безперебійно забезпеченими кормами протягом року. Основу раціону тварин складають корми рослинного походження, склад і поживність яких залежить від умов і технологій вирощування, збирання та зберігання. Зрозумілим також є те, що терміни заготівлі окремих культур є вузько регламентованими, це пов'язано з біологічним розвитком рослин, і тому без механізації технологічних процесів цього домогтися вкрай складно.

Практично всі такі процеси розпочинаються зі скошування заданої культури, де важливу роль відіграють різного роду косарки. До цього класу сільськогосподарських машин висувуються особливі вимоги – висока продуктивність, задана висота та якість зрізування, надійність при експлуатації, енергоощадність приводу тощо. Не завжди існуючі машини ці вимоги забезпечують. Причиною можуть бути відмінні умови їх експлуатації, порушений кінематичний режим роботи і т.д.

Питання підвищення продуктивності машин тісно пов'язані з витратою енергії на їх привод. Для косарок одним з прогресивних способів підвищення продуктивності є одночасне збільшення поступальної швидкості машини та відносної швидкості руху різального апарата, а це, в свою чергу, викликає підвищене енергоспоживання та знижує надійність елементів різального апарата та деталей приводного механізму. Вирішення вказаної проблематики є актуальним і на сьогоднішній день.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанням роботи різальних апаратів, зокрема підпорного зрізування, присвятили свої праці багато дослідників даного спрямування: Алферов С.А., Босой Є.С., Героніmus Я.Л., Горячкін В.П., Желіговський В.А., Карпенко В.Д., Лістопад Г.Є. [1-4] та ін. За аналізом роботи

сегментно-пальцевих різальних апаратів, підвищення відносної швидкості руху ножа призводить до значного збільшення інерційних сил, що викликає динамічну незрівноваженість елементів різального апарата. Ці фактори значно знижують експлуатаційну надійність збиральних машин і тому дослідники вишукують різні способи та пропагують підходи щодо зменшення цього негативного ефекту.

Мета досліджень. Провести аналіз ефективності роботи модернізованого приводу косарки сегментно-пальнової з метою збільшення відносної швидкості руху ножа та зменшення шкідливого впливу динамічної незрівноваженості на елементи приводу косарки, а також зниження пікових значень моментів приводу.

Результати досліджень. Розроблений регульований пружинний пристрій (РПП) введено в конструкцію приводу косарки, який виступає в ролі "пружних гальм", що має здатність накопичувати кінетичну енергію рухомих мас, перетворювати її в потенціальну енергію деформації пружних елементів та віддавати в момент переходу ножа через крайні положення, рис. 1. Детальний опис конструкції та принципу роботи даного пристрою описано в працях [5-6]. Характерним ефектом є зниження максимальних моментів на приводі косарки про що засвідчують проведені експериментальні дослідження, а також виконані теоретичні розрахунки. Кореляція результатів лежить в допустимих межах, відносна похибка не перевищує 12% [7].

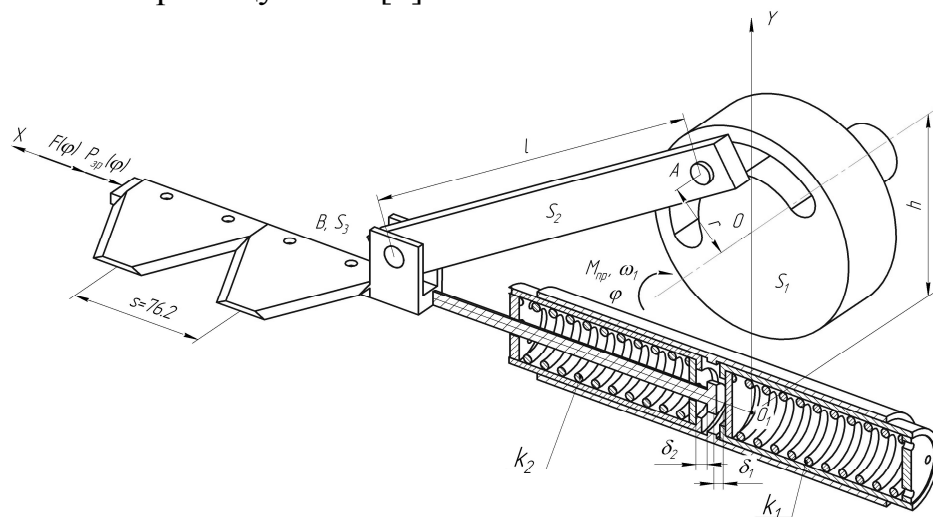


Рисунок 1 – Енергозберігаючий приводний механізм косарки сегментно-пальнової: k_1, k_2 – жорсткості першого та другого пружних елементів, Н/м; δ_1, δ_2 – зазори між штоком та упорними шайбами пружних елементів, м; h – дезаксіал, м; M_{np} – момент приводу, Н·м; ω_1 – кутова швидкість кривошипа, c^{-1} ; φ – кут повороту кривошипа, рад; r – радіус кривошипа, м; l – довжина шатуна, м; S_i – центри мас елементів приводу; $F(\varphi), P_{zp}(\varphi)$ – сили тертя та опору різуванню, Н

Виконано аналіз ефективності роботи модернізованого приводу косарки з метою формулювання практичних рекомендацій щодо експлуатації РПП. Нижче приведено ряд порівняльних таблиць та графіків, на яких представлено зміну моменту на приводі протягом одного оберту кривошипа на усталеному режимі [7], що дозволить виконати раціональне регулювання пристрою у польових умовах.

Дослідження виконано для найбільш поширених частот ВВП трактора 540, 1000 об/хв, а також 724 об/хв – раціональна робоча частота ВВП мінітрактора, на базі якого було проведено експериментальні дослідження.

З метою уніфікації деталей регульованого пружинного пристрою, в ролі пружних елементів прийнято пружини стиску (розтягу) 1 класу, 3 розряду за ГОСТ 13768–68. Жорсткість даних елементів сформована при наявності десяти витків, рис.1. Результати розрахунків за різними варіантами поєднань значень регульованих параметрів та режимів роботи косарки зведено до табл. 1-3.

Таблиця 1 – Зниження максимальних значень моменту приводу косарки з частотою ВВП 540 об/хв у порівнянні з базовим варіантом

Частота обертання ВВП 540 об/хв							
№ п/п	№ пружин	Жорсткість пружин, Н/м	Зазор, м	Зниження максимальних значень моменту приводу у порівнянні з базовим варіантом, %			
				Питома робота зрізування, $H \cdot m / m^2$			
				$\varepsilon = 150$	$\varepsilon = 200$	$\varepsilon = 250$	$\varepsilon = 0$
1	136	21680	0	29,2	23,0	18,8	68,1
			0,002	25,4	19,6	16,1	72,3
			0,004	21,4	16,3	13,2	80,5
2	140	26340	0	25,6	21,3	17,6	51,2
			0,002	23,5	19,0	15,1	57,5
			0,004	19,5	15,8	12,5	63,8
3	144	20240	0	21,9	19,4	16,9	37,2
			0,002	25,6	20,0	16,1	44,4
			0,004	21,2	16,5	13,4	51,5
4	148	34790	0	15,0	15,4	13,7	21,4
			0,002	20,4	20,2	16,1	31,8
			0,004	19,7	17,1	16,1	42,4
5	165	39450	0	7,3	8,9	9,6	2,1
			0,002	13,5	14,5	14,2	13,1
			0,004	19,7	15,8	12,5	23,9
6	169	45790	0	-6,0	0,3	3,4	-7,7
			0,002	1,2	6,4	8,9	-9,2
			0,004	8,2	6,4	14,1	4,8*

*Примітка: при збільшенні зазору (мм) за варіантом ($\varepsilon = 0$) піковий момент приводу (%) зменшується: 6 – 18,3%, 8 – 32,1%, 10 – 37,5%, 12 – 48,5%.

Таблиця 2 – Зниження максимальних значень моменту привода косарки з частотою ВВП 724 об/хв у порівнянні з базовим варіантом

Частота обертання ВВП 724 об/хв							
№ п/п	№ пружини	Жорсткість пружин, Н/м	Зазор, м	Зниження максимальних значень моменту привода у порівнянні з базовим варіантом, %			
				Питома робота зрізування, $H \cdot m / m^2$			
				$\varepsilon = 150$	$\varepsilon = 200$	$\varepsilon = 250$	$\varepsilon = 0$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	136	21680	0	30,6	26,3	23,1	56,9
			0,002	27,0	23,2	20,4	52,7
			0,004	23,3	20,1	17,6	48,3
2	140	26340	0	37,4	32,9	29,0	69,2
			0,002	32,9	29,1	25,7	64,0
			0,004	28,5	25,3	22,4	58,7
3	144	20240	0	42,6	36,7	32,2	79,4
			0,002	37,7	32,4	28,5	73,5
			0,004	32,5	28,0	24,6	67,4
4	148	34790	0	46,7	42,2	37,1	78,1
			0,002	43,3	37,3	32,7	83,0
			0,004	37,4	32,2	28,3	78,5
5	165	39450	0	42,6	38,2	35,2	67,7
			0,002	46,4	39,4	36,9	73,7
			0,004	39,7	35,9	34,0	77,2
6	169	45790	0	32,7	31,1	29,4	53,6
			0,002	40,2	37,6	34,1	60,8
			0,004	39,2	35,9	29,0	67,7
			0,006	–	–	–	75,5

Таблиця 3 – Зниження максимальних значень моменту привода косарки з частотою ВВП 1000 об/хв у порівнянні з базовим варіантом

Частота обертання ВВП 1000 об/хв							
№ п/п	№ пружини	Жорсткість пружин, Н/м	Зазор, м	Зниження максимальних значень моменту привода у порівнянні з базовим варіантом, %			
				Питома робота зрізування, $H \cdot m / m^2$			
				$\varepsilon = 150$	$\varepsilon = 200$	$\varepsilon = 250$	$\varepsilon = 0$
1	136	21680	0	28,1	27,1	20,6	30,8
			0,002	26,0	25,0	18,2	28,5
			0,004	23,7	22,9	15,7	26,1
2	140	26340	0	33,9	27,2	18,6	37,4
			0,002	31,3	24,0	15,5	34,6
			0,004	28,8	20,9	12,4	31,8

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8
3	144	30240	0	38,9	30,1	28,0	43,0
			0,002	36,0	26,6	28,0	38,2
			0,004	33,0	22,9	21,3	36,4
4	148	34790	0	43,0	36,7	32,2	49,4
			0,002	39,0	32,8	28,4	45,7
			0,004	34,7	22,9	24,5	41,9
5	165	39450	0	48,4	42,0	37,3	56,7
			0,002	43,7	37,5	32,9	52,3
			0,004	39,0	33,0	28,4	48,0
6	169	45790	0	55,0	48,6	42,7	66,0
			0,002	49,5	43,3	37,5	60,8
			0,004	43,8	37,8	32,2	55,8

Ілюстрацію отриманих результатів виконано для умов, що були реалізовані в ході проведення експерименту [7], рис.2. Суцільна лінія змін моменту на приводі при спільній роботі з РПП, пунктирна – базовий варіант (без РПП).

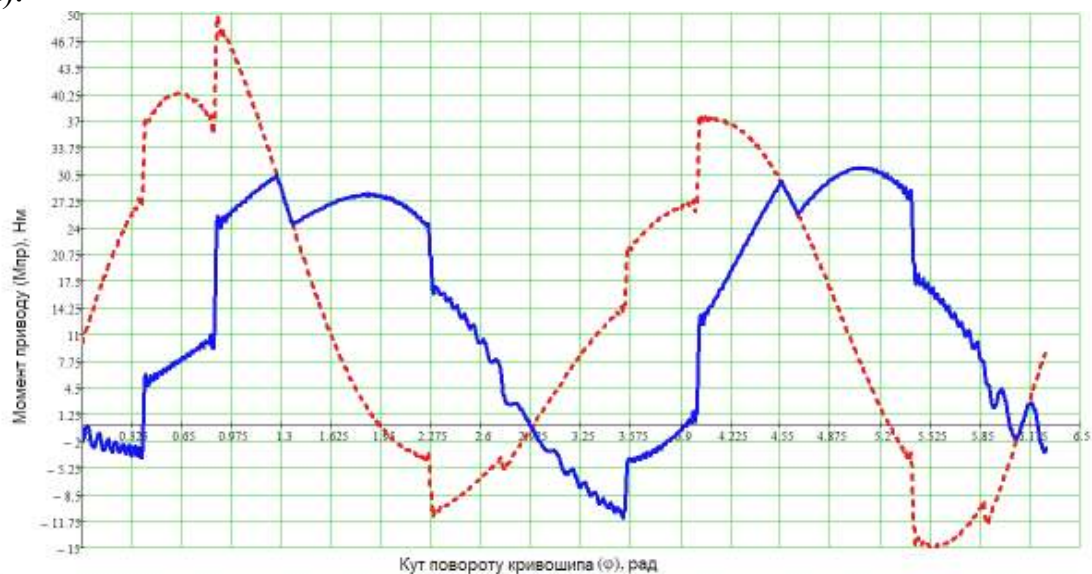


Рисунок 2 – Графіки зміни моменту на приводі косарки при середньому навантаженні різального апарата

Виконуючи цілу низку такого роду досліджень, встановили, що при питомій роботі різального апарата, яка витрачається на зрізування рослин з одиниці площі $\varepsilon = 200 \text{ (Н}\cdot\text{м)/м}^2$, максимальне згладжування моменту привода спостерігається при таких раціональних параметрах пристрою: жорсткість першого та другого пружного елементів становить $k_1 = k_2 = 45790 \text{ Н/м}$ (пружина № 169, десять з половиною витків), параметр, що характеризує момент початку (закінчення) роботи пружного елемента – $\delta = 0,002 \text{ м}$.

Аналізуючи пікові значення передаваного моменту, можна констатувати, що такі значення знижуються на 37,6%. Даний кінематичний режим різального апарата забезпечено при частоті обертання кривошипа $n_1 = 724$ об/хв, поступальній швидкості агрегату – $\mathcal{G}_m = 2,2$ м/с (7,92 км/год).

Звичайно, обраний середній режим навантаження різального апарата є пріоритетним, але потрібно проаналізувати роботу привода і на інших режимах. Наприклад, на холостому ході різального апарата максимальні значення приводного моменту модернізованого привода знижуються на 60,8% у порівнянні з базовим варіантом.

Отримані результати свідчать про високу ефективність застосування РПП в конструкції привода косарки. В табл. 1-3 наведено цілий ряд значень зниження пікових моментів на приводі (у %) для різних режимів та навантажень різального апарата експериментального зразка косарки.

Висновки. Якщо підвищення продуктивності здійснювати шляхом одночасного збільшення поступальної швидкості агрегату та відносної швидкості ходу ножа, то зростають динамічні навантаження на елементи приводу, що знижує їх довговічність. В даній роботі це негативне явище усувається використанням регульованого пружинного пристрою, який приймає на себе надлишок кінетичної енергії при прямому ході ножа і живить систему енергією при зворотному його ході. Цей коливний контур дозволяє знизити пікові значення моменту приводу і тим самим розвантажити кінематичні пари та самі елементи приводу, що значно підвищує їх ресурс роботи. Конкретні значення зниження пікових моментів приводу наведено в табл. 1-3 та графічно проілюстровано на графіку, рис. 2. Масив значень у таблицях – це можливі варіанти налаштування даного пристрою, якими повинен користуватися механізатор, регулюючи РПП косарки, при роботі на конкретній площі та з відповідним енергозасобом.

Список літератури

1. Алферов С. А. Динамика зерноуборочного комбайна / С. А. Алферов. – М.: «Машиностроение», 1973. – 256 с.
2. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Босой Е. С., Верняев О. В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. – М.: Машиностроение, 1980. – 565 с.
3. Карпенко В. Д. Скоростная уборка зерновых / В. Д. Карпенко и др. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 40 с.
4. Листопад Г. Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / [Листопад Г. Е., Семенов А. Н., Демидов Т. К. и др.]. – М.: Колос, 1976. – 751 с.
5. Бабій А.В. Обґрунтування конструктивних особливостей енергозберігаючого приводного механізму косарки / Бабій А.В., Рибак Т.І.,

Бабій М.В. // Вісник ХНТУСГ. – Випуск 134 “Технічний сервіс машин для рослинництва”. – Харків, 2013. – С.116–122.

6. Бабій А.В. Привідний механізм косарки / Бабій А.В., Бабій М.В. Деклараційний патент на корисну модель 92982 А01D 34/00 (2014.01); заявлено 10.09.2014 u201404200, опубліковано 10.09.2014, бюл. № 17.

7. Бабій М. Дослідження роботи енергозберігаючого приводного механізму косарки / М.В. Бабій, А.В. Бабій // Вісник ТНТУ. Випуск 1 (77), 2015. – С.149–161.

Аннотация

Анализ эффективности работы модернизированного привода сегментно-пальцевого режущего аппарата

Бабий М.В., Бабий А.В.

Выполнен анализ эффективности работы модернизированного привода сегментно-пальцевого режущего аппарата косилки, которая оборудована регулируемым пружинным устройством. Приведены основные результаты исследований при изменении регулируемых параметров устройства, которые будут использоваться для практической настройки привода в полевых условиях

Abstract

Analysis of work efficiency of the modernized drive of segment-finger cutting apparatus

M. Babii, A. Babiy

The work efficiency analysis of the modernized drive of mower segment-finger apparatus which equipped adjustable spring device is done. There are shown basic research results of changing device adjustable parameters, which will be used for the practical drive setting in the field conditions