

УДК 631.316

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ БЕЗЗЧІПОЧНИХ КУЛЬТИВАТОРІВ ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБКУ ҐРУНТУ

Вершков О.О., к.т.н.,

Коломієць С.М., к.т.н.,

Антонова Г.В., ст. викл.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42–11–72

Анотація – стаття присвячена вибору оптимальних параметрів беззчіпочних культиваторів до основних типів тракторів і відповідних їм експериментальних значень критеріїв оптимізації, які дозволяють визначити загальні тенденції зміни параметрів залежно від умов зон та типу тракторів.

Ключові слова – культиватор, ширина захвату, параметри оптимізації, енергонасичений трактор.

Постановка проблеми. Різноманітність ґрунтово-кліматичних зон нашої країни і оснащення сільського господарства мобільними енергетичними засобами різного класу тяги викликає необхідність в подальшій оптимізації параметрів культиваторів для суцільного обробку ґрунту.

Аналіз останніх досліджень. В даний час певна оптимізація досягається використанням універсальних зчіпок СП-11, СП-16 з культиваторами КПС-4, що дозволяє складати агрегати шириною захвату 8...16 м. Проте, великий ступінь регулювання ширини захвату (4 м), кратний ширині захвату одного культиватора, не дозволяє, у ряді випадків, раціонально використовувати ті, що випускаються, і перспективні трактори.

В даний час в нашій країні і за кордоном визначилася тенденція створення, так званих, «беззчіпочних» культиваторів, однією з відмінних особливостей яких є спеціалізоване використання з тракторами певного класу тяги. Це пов'язано з конструктивною відмінністю беззчіпочних культиваторів, які складаються, як правило, з секцій, зв'язаних між собою. Тому діапазон зміни ширини захвату беззчіпочних культиваторів залежить від ширини захвату окремої секції і їх кількості в культиваторі. Узв'язку з цим питання вибору оптимальних параметрів беззчіпочних культиваторів набуває особливої актуальності.

Формулювання цілей статті. Відомо, що вибір оптимальних параметрів агрегатів може бути здійснений за максимальною продуктивністю і мінімальними приведеними витратами. Проте, такий підхід не повністю відображає техніко - економічну ефективність роботи агрегату.

Певний об'єм робіт в задані терміни може бути практично виконаний як широкозахватними агрегатами, так і агрегатами з меншою шириною захвату, але з більшою робочою швидкістю руху.

З погляду використання потужності трактора доцільний агрегат такої ширини захвату, який давав би максимальну продуктивність. Разом з тим можливі випадки, коли економічно доцільно використовувати трактор з невеликою за шириною захвату машиною, але з більшою швидкістю руху. Проте, з одного боку, надмірне збільшення швидкості руху агрегату може бути обмежене зниженням якості роботи і погіршенням умов праці механізатора. З іншого, надмірне збільшення ширини захвату агрегату і зниження швидкості руху пов'язане зі збільшенням маси культиватора і його вартості.

В той же час велике різноманіття ґрунтово-кліматичних зон нашої країни вимагає диференційованого підходу до вибору параметрів агрегату з метою раціонального використання парку тракторів і культиваторів.

Основна частина. Для вирішення завдання оптимізації параметрів культиваторів за основу була прийнята методика, розроблена спільно ВІСХОМ і НАТІ. Математична модель дослідження оптимальних параметрів в загальному вигляді представлена таким чином:

- характеристика процесу:

$$P_T = f_1(G_{\text{ет}}, B, V, K_{\text{шт}});$$

$$\delta = f_2(P_{\text{кр}}, G_{\text{ет}});$$

$$N = f_3(P_T, G_{\text{ет}}, V, \delta);$$

$$W = f_4(B, V, \tau),$$

- функція мети (критерії, за якими проводиться оптимізація параметрів):

$$C_{\text{пр}} = f_5(W, B, V, Z, \dots);$$

$$M = f_6(B, G_K, G_M);$$

$$G_{\text{II}} = f_7(N, \tau).$$

- обмеження:

$$V \leq V_{\text{max}}; \quad \delta \leq \delta_{\text{max}};$$

$$N_e - 1,47 \leq N_i \leq N_e + 1,47.$$

Згідно математичної моделі характеристикою процесу є:

- тяговий опір культиватора (P_T) при заданій експлуатаційній масі трактора ($G_{ет}$), ширині захвату (B), питомому опорі ґрунту ($K_{пит}$) і швидкості руху агрегату;

- буксування двигунів тракторів (δ) залежно від зусилля крюка трактора ($P_{кр}$) і його експлуатаційної маси;

- використовувана потужність двигуна трактора (N) залежно від тягового опору культиватора, експлуатаційної маси, швидкості руху і буксування двигунів;

- продуктивність агрегату (W) залежно від ширини захвату, швидкості руху і коефіцієнта використання часу зміни (τ).

Функцією мети є розрахунок приведених витрат ($C_{пр}$), матеріаломісткості (M) і витрати пального ($G_{п}$) для кожного варіанта ширини захвату і швидкості руху агрегату, при заданій масі трактора і його потужності, і вибір оптимальних параметрів агрегату за їхніми мінімальними значеннями.

На всіх етапах проведення розрахунку відбувається перевірка агрегату на допустиму величину буксування двигуна трактора (для колісних - $\delta_{max} = 18\%$, гусеничних - $\delta_{max} = 5\%$) і величину використовуваної потужності, яка не повинна перевищувати номінальну потужність двигуна на величину $\pm 1,47$ кВт.

Крім того, до вказаної методики додатково введені:

- розрахунок використовуваної маси трактора, що визначається з виразу:

$$G_B = \frac{P_T}{K_G \cdot \mu_{max}},$$

де P_T - тяговий опір культиватора, кН;

K_G - коефіцієнт зчеплення двигуна трактора з ґрунтом;

μ_{max} - максимальне значення коефіцієнта використання зчіпної маси трактора;

$$\mu_{max} = \frac{P_{Tmax}}{G_{ет}},$$

де P_{Tmax} - максимальне значення тягового опору, кН;

- розрахунок витрати пального, що визначається з виразу:

$$G_{п} = q_{п} \cdot N_e \cdot \tau,$$

де $q_{п}$ - питома витрата пального при даній потужності двигуна, кг/кВт·год.

$$q_{п} = q_{e} \left[1 + \gamma \left(1 - \frac{N_{e}}{N_{н}} \right)^{\gamma_1} \right],$$

де q_e - питома витрата пального при номінальній потужності двигуна трактора, кг/кВт·год.;

γ, γ_1 - коефіцієнти, які дорівнюють: $\gamma = 1,2386$; $\gamma_1 = 2,3753$ (для дизельних тракторних двигунів).

Розрахунок оптимальних параметрів проводився для чотирнадцяти типів тракторів, що випускаються, і перспективних. При цьому технічна характеристика перспективних - за результатами попередніх випробувань дослідних і макетних зразків.

Розрахункові оптимальні параметри культиваторів до основних типів тракторів і відповідні їм експериментальні значення критеріїв оптимізації приведені в таблицях (1–4).

Таблиця 1 - Ширина захвату B (м) і швидкість руху V (м/с), що забезпечують мінімальну питому матеріаломісткість M (кг/га)

Марка трактора	I			II			III			IV			V		
	B	V	M	B	V	M	B	V	M	B	V	M	B	V	M
Беларус-80.1	3	4,0	1,65	4	3,4	1,36	4	3,2	1,41	4	3,2	1,33	4	3,0	1,43
ХТЗ-121	6	4,2	1,69	6	4,2	1,16	7	3,8	1,23	6	4,0	1,16	5	4,2	1,27
Т-151К	6	4,0	2,35	7	3,8	1,59	8	3,4	1,59	8	3,4	1,56	8	3,2	1,69
ХТЗ-17221	6	4,2	2,33	8	3,8	1,56	9	3,6	1,51	8	3,8	1,46	7	4,0	1,52
Коваль-5300	8	3,6	3,22	11	3,0	2,03	11	3,0	1,92	11	3,0	1,86	11	2,8	2,03
Коваль-5350	8	4,2	2,87	12	3,6	1,8	12	3,6	1,71	10	4,0	1,62	10	3,8	1,74
Беларус-2522ДВ	16	4,2	3,24	24	3,8	1,61	19	4,2	1,52	19	4,2	1,47	20	4,0	1,57
ДТ-75	4	2,2	3,58	5	2,0	2,65	5	2,0	2,56	6	1,8	2,54	4	2,2	2,62
ДТ-75Д	4	3,0	2,94	6	2,4	2,26	6	2,4	2,17	6	2,4	2,13	4	2,8	2,32
ХТЗ-153Б	4	3,2	2,77	6	2,6	2,09	5	2,6	2,06	6	2,4	2,13	6	2,4	2,17
ВТ-150	6	4,2	2,21	8	3,6	1,57	7	3,8	1,51	7	3,8	1,48	8	3,4	1,58
ВТ-150Д	8	3,2	2,66	8	3,2	1,68	7	3,4	1,57	8	3,2	1,57	7	3,4	1,61
ТЯ-200	9	4,2	2,22	13	3,6	1,45	9	4,2	1,31	9	4,9	1,38	9	4,2	1,27
КТ-5701- 01	20	4,2	3,49	23	3,8	1,79	19	4,2	1,57	18	4,2	1,54	17	4,2	1,61

Таблиця 2 - Ширина захвату B (м) і робоча швидкість V (м/с), що забезпечують максимальну продуктивність W (га/га)

Марка трактора	I			II			III			IV			V		
	B	V	M	B	V	M	B	V	M	B	V	M	B	V	M
Беларус-80.1	5	3,0	3,04	5	3,0	4,24	5	2,8	4,09	5	2,8	4,13	5	2,6	3,82
ХТЗ-121	6	4,2	4,63	7	3,8	6,99	7	3,8	7,24	6	4,0	6,7	7	3,4	6,57
Т-151К	12	2,8	4,5	12	2,8	8,15	12	2,6	8,14	12	2,6	8,27	12	2,4	7,60
ХТЗ-17221	11	3,2	4,89	12	3,0	9,14	13	2,8	9,24	13	2,8	9,32	13	2,6	8,68
Коваль-5300	14	2,6	4,47	18	2,2	8,86	18	2,2	9,72	18	2,2	9,94	19	2,0	9,35
Коваль-5350	12	3,6	5,64	21	2,6	11,29	21	2,6	12,43	18	2,8	12,01	19	2,6	11,58
Беларус-2522ДВ	20	4,2	7,67	27	3,6	16,90	25	3,6	17,68	25	3,6	18,14	24	3,6	17,26
ДТ-75	6	1,8	2,09	7	1,6	3,15	9	1,4	3,65	9	1,4	3,7	10	1,2	3,47
ДТ-75Д	7	2,2	2,77	11	1,6	4,60	11	1,6	4,92	11	1,6	5,0	11	1,6	4,93
ХТЗ-153Б	8	2,2	2,97	11	1,8	5,13	12	1,6	5,3	10	1,8	5,12	12	1,6	5,31
ВТ-150	8	3,6	4,69	17	2,2	8,52	15	2,4	9,08	12	2,6	8,27	14	2,4	8,6
ВТ-150Д	7	3,6	4,38	13	2,4	7,56	15	2,2	8,44	11	2,6	7,7	14	2,2	7,99
ТЯ-200	10	4,2	5,99	16	3,2	11,2	15	3,2	11,48	15	3,2	11,7	14	3,2	10,91
КТ-5701- 01	21	4,2	7,78	30	3,4	17,09	28	3,4	18,2	25	3,6	18,14	29	3,2	17,86

Таблиця 3 - Ширина захвату B (м) і робоча швидкість V (м/с), що забезпечують мінімальні приведені витрати $C_{п}$ (грн/га)

Марка трактора	I			II			III			IV			V		
	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$
Беларус-80.1	4	3,4	2,14	5	3,0	1,56	5	2,8	1,62	5	2,8	1,6	5	2,6	1,72
ХТЗ-121	6	4,2	2,35	7	3,8	1,61	7	3,8	1,68	6	4,0	1,66	7	3,4	1,71
Т-151К	7	3,8	2,67	12	2,8	1,65	11	2,8	1,65	11	1,8	1,62	11	2,6	1,74
ХТЗ-17221	11	3,2	2,89	12	3,0	1,69	12	3,0	1,70	12	3,0	1,66	12	2,8	1,78
Коваль-5300	11	3,0	3,31	16	2,4	1,88	16	2,4	1,75	16	2,4	1,71	19	2,0	1,84
Коваль-5350	9	4,0	3,57	15	3,2	2,03	20	2,6	1,9	17	3,0	1,86	19	2,6	1,96
Беларус-2522ДВ	20	4,2	4,31	27	3,6	2,10	25	3,6	1,98	23	3,8	1,95	24	3,6	2,03
ДТ-75	5	2,0	2,61	6	1,8	1,84	9	1,4	1,73	9	1,4	1,70	8	1,4	1,85
ДТ-75Д	6	2,4	2,5	8	2,0	1,69	11	1,6	1,62	8	2,0	1,60	9	1,8	1,66
ХТЗ-153Б	6	2,6	2,43	8	2,2	1,62	9	2,0	1,57	9	2,0	1,55	12	1,6	1,61
ВТ-150	8	3,6	2,53	15	2,4	1,60	12	2,8	1,58	11	2,8	1,55	14	2,4	1,55
ВТ-150Д	8	3,2	2,58	11	2,6	1,62	13	2,4	1,55	11	2,6	1,53	14	2,2	1,55
ТЯ-200	10	4,2	2,74	16	3,2	1,60	14	3,4	1,60	12	3,6	1,59	14	3,2	1,62
КТ-5701- 01	21	4,2	4,08	27	3,6	2,01	28	3,4	1,88	25	3,6	1,85	29	3,2	1,92

Таблиця 4 - Ширина захвату B (м) і швидкість руху V (м/с), що забезпечують мінімальну витрату пального $G_{п}$ (кг/га)

Марка трактора	I			II			III			IV			V		
	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$	B	V	$C_{п}$
Беларус-80.1	6	2,2	4,08	6	2,2	2,78	6	2,0	2,75	5	2,8	3,08	5	2,6	3,19
ХТЗ-121	8	3,0	5,2	8	3,0	3,18	7	3,8	3,71	7	3,8	3,47	7	3,4	3,70
Т-151К	10	3,0	6,27	12	2,8	3,57	12	2,6	3,43	12	2,6	3,37	11	2,6	3,61
ХТЗ-17221	11	3,2	6,72	14	2,8	3,65	13	2,8	3,58	13	2,8	3,5	12	2,8	3,76
Коваль-5300	10	3,0	7,17	18	2,2	3,68	20	2,0	3,46	18	2,2	3,44	16	2,2	3,70
Коваль-5350	10	3,8	8,04	19	2,6	4,01	21	2,6	3,90	18	2,8	3,89	19	2,6	4,02
Беларус-2522ДВ	16	4,2	10,22	28	3,4	5,11	26	3,4	4,81	24	3,6	4,79	23	3,6	5,13
ДТ-75	7	1,6	4,39	9	1,4	2,67	9	1,4	2,66	9	1,4	2,57	8	1,4	2,83
ДТ-75Д	8	2,0	4,91	11	1,6	2,83	11	1,6	2,79	11	1,6	2,73	11	1,6	2,88
ХТЗ-153Б	7	2,4	4,48	11	1,8	2,91	12	1,6	2,90	12	1,6	2,89	12	1,6	2,91
ВТ-150	9	3,2	6,14	16	2,2	3,27	15	2,4	3,30	12	2,6	3,3	14	2,4	3,43
ВТ-150Д	8	3,2	5,84	14	2,2	3,19	14	2,2	3,33	11	2,6	3,27	14	2,2	3,29
ТЯ-200	8	4,2	6,85	18	2,6	3,59	15	3,2	3,8	12	3,6	3,93	14	3,2	3,98
КТ-5701- 01	25	3,6	11,73	28	3,4	5,14	30	3,2	4,79	25	3,6	4,86	29	3,2	4,99

Отримані результати дозволяють визначити загальні тенденції зміни параметрів залежно від умов зон та типу тракторів. Так, наприклад, порівняємо ефективність використання культиваторного агрегату з трактором Беларус-80.1 в зонах №1 і №2; базовою будемо рахувати зону №2. Використання культиваторного агрегату в зоні №1 з трактором Беларус-80.1 дає приріст приведених витрат на 37%, матеріаломісткості - на 21,3%, витрати пального - на 46,8% і зниження продуктивності на - 28%, а з трактором Коваль-5350, відповідно, на 75%; 59,4%; 100,5% і 50%. Як видно, інтенсивніший характер зміни екстремальних значень критеріїв оптимізації спостерігається при використанні агрегату з трактором К-701. В той же час порівняння екстремальних значень критеріїв оптимізації цих складів при використанні в інших зонах, показує їх однакову ефективність. Це вказує на необхідність правильного вибору складу агрегату при їх використанні в зонах з малими розмірами польових ділянок.

Значний вплив на зміну екстремальних значень критеріїв оптимізації чинить питомий опір ґрунтів. Наприклад, використання агрегату з трактором Т-151К в зоні №5 приводить до приросту приведених витрат на 7%, матеріаломісткості - на 8,3%, витрати пального - на 7,1% і зниження продуктивності - на 8,1%, в порівнянні з зоною №4,

питомий опір якої на 7% нижчий. Це слід враховувати при екстраполяції результатів розрахунку стосовно умов конкретних зон.

Окрім цього, з аналізу результатів розрахунку встановлено вплив співвідношення довжини гону польових ділянок і їх ширини на параметри МТА. Так, в зоні №2, де довжина польових ділянок в середньому складає 300 м ($L = 300$ м), при ширині 800 м, ширина захвату культиватора в середньому на 1...2 м більша, ніж, наприклад, в зоні №4, де довжина гону складає 1500 м, при тій же ширині польової ділянки. Проте, швидкість руху при цьому вища у агрегатів, що працюють в зоні №4. Пояснюється це, перш за все, величиною коефіцієнта використання часу зміни. На польових ділянках з невеликою довжиною, при достатньо великій ширині, вигідніше працювати агрегатом з більшою шириною захвату, але з меншою швидкістю. В той час, на великій довжині краще більше значення швидкості при меншій ширині захвату культиватора.

Висновки. Таким чином, аналіз результатів розрахунку показує, що величина основних параметрів МТА залежить від розмірів польових ділянок, співвідношення між довжиною гону і його шириною та питомого опору ґрунтів. Ці три чинники повинні враховуватися при виборі складу МТА (клас трактора і ширина захвату культиватора) для роботи в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. В той же час загальна ширина захвату беззчіпочних культиваторів залежить від ширини захвату окремої секції і їх кількості в культиваторі. В результаті розрахунку визначена загальна ширина захвату культиватора, без визначення її складових. Це пояснюється тим фактом, що при виборі ширини захвату окремої секції необхідно враховувати здатність секцій культиватора копіювати рельєф поля і забезпечувати якісне виконання технологічного процесу.

Література

1. *Китаев Н.А.* Оптимизация основных параметров культиваторных агрегатов / Н.А. Китаев // Сб. научн. тр. ВИСХОМ. - М.: ВИСХОМ, 1982.- 120 с.
2. *Коломієць С.М.* Шляхи зменшення енергетичних витрат при використанні беззчіпочних широкозахватних культиваторів / С.М. Коломієць // Національний науковий центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства": міжвідомчий тематичний науковий збірник. - Вип. 83. Механізація та електрифікація сільського господарства. - Глеваха, 2000.-С.217-220.
3. *Вершков А.А.* Робота ґрунтообробного посівного комплексу з колісними і гусеничними тракторами / А.А. Вершков, С.М. Коломієць, Г.В. Антонова // Праці Таврійського державного агротехнологічно-

го університету: наукове фахове видання. Вип. 8.-Т.3.-Мелітополь:
ТДАТУ, 2008.-С.78-84.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ БЕССЦЕПОЧНЫХ КУЛЬТИВАТОРОВ ДЛЯ СПЛОШНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Вершков А.А., Коломієць С.М., Антонова Г.В.

Аннотація – стаття посвящена вибору оптимальних параметрів бессцепочных культиваторов для основных типов тракторов и соответствующих им экспериментальных значений критериев оптимизации, которые позволят определить общие тенденции изменения параметров в зависимости от условий зон и типов тракторов.

CHOICE OF PARAMETERS OF CHAINLESS CULTIVATORS FOR CONTINUOUS TREATMENT OF SOIL

O. Vershkov, S. Kolomiyets, G. Antonova

Summary

The article is devoted to the choice of optimum parameters of chainless cultivators to the basic types of tractors and the experimental values of criteria are proper them optimizations which allow to define the general tendencies of change of parameters depending on the terms of areas and as tractors.