

## Результати експериментальних досліджень картоплезбиральних машин з новим підкопувально-сепаруючим робочим органом

В.М. Корнюшин

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» (смт. Глеваха, Україна)  
email: korn\_vik@ukr.net ORCID: 0000-0002-1974-307X*

Мета. Підвищення якості збирання картоплі картоплезбиральними машинами. Методи. Експериментальні лабораторно-польові дослідження картоплекопача і картоплекопача-навантажувача з розробленим підкопувально-сепаруючим робочим органом, що включає розподільник вороху, виконані за методикою діючих стандартів з випробування картоплезбиральних машин. Результати. Під час експериментальних лабораторно-польових досліджень визначені показники якості збирання бульб і енергетичні характеристики машин з новим робочим органом. Встановлено, що встановлений на машинах підкопувально-сепаруючий робочий орган з розподільником вороху забезпечує зменшення втрат і підвищення чистоти збирання бульб. Висновки. Встановлено, що картоплекопач з розробленим підкопувально-сепаруючим робочим органом, що включає розподільник вороху, при збиранні картоплі з врожайністю 30,6 т/га, яка була посаджена гребневим способом з міжряддями 0,7 м, забезпечує зменшення втрат бульб в 3,1 разів (втрати 0,8% з розподільником і 2,5% – без розподільника), при цьому пошкодження бульб складало 4,8%, що відповідає агротехнічним вимогам. Встановлено, що копач-навантажувач з розробленим підкопувально-сепаруючим робочим органом, що включає розподільник вороху, забезпечує повноту збирання бульб – до 99,4 %, при цьому чистота бульб у тарі становить – 97,4% (без розподільника – 85,8%) при допустимому пошкодженні бульб 4,6%. Витрати пального при збиранні картоплі на швидкості 3,2-4,7 км/год були в межах 13,7-17,1 кг/га.

**Ключові слова:** *підкопувально-сепаруючий робочий орган, розподільник, картоплезбиральні машини, втрати бульб, чистота бульб.*

**Постановка проблеми.** Картоплярство є важливою галуззю сільськогосподарського виробництва в Україні. Кабінет Міністрів 21 жовтня 2020 року ухвалив концепцію державної цільової програми розвитку промислового картоплярства на період до 2025 року. Очікується, що реалізація програми дасть змогу наростити обсяг виробництва високоякісної насінневої та продовольчої картоплі на промислових площах у сільськогосподарських підприємствах. Відмічається, що в середньому за останні п'ять років сільськогосподарськими підприємствами картоплі виробляється до 0,428 млн. тонн, або 2 відсотки загального виробництва, і до 21 млн. тонн, або 98 відсотків загальної кількості її виробництва, у господарствах населення. Одна з причин малої долі виробництва картоплі у сільськогосподарських підприємствах полягає у тому числі і у відсутності ефективної вітчизняної картоплезбиральної техніки при високих цінах на іноземні аналоги.

Збирання картоплі є найбільш трудомісткий технологічний процес у виробництві картоплі. Досвід експлуатації картоплезбиральних машин показує, що вони не завжди забезпечують якісне збирання картоплі, мають низьку надійність виконання технологічного процесу. Для зменшення втрат і

отримання бульб необхідної чистоти доводиться працювати на знижених швидкостях і виконувати доочищення врожаю на картоплесортувальних пунктах, що призводить до збільшення витрат на виробництво картоплі, оскільки вимагає значних додаткових затрат праці, в тому числі і ручної.

В даній роботі показаний шлях вирішення проблеми підвищення якості збирання картоплі картоплезбиральними машинами за допомогою нового підкопувально-сепаруючого робочого органу з розподільником вороху на сепаруючому транспортері.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Проблемі підвищення якості і продуктивності картоплезбиральних машин присвячені праці багатьох вчених [1-4]. Враховуючі їх досягнення було розроблено і проведено дослідження підкопувально-сепаруючого робочого органу, який включає пруткові барабани і розподільник вороху, встановлений над основним сепаруючим транспортером картоплезбиральної машини [5]. Він був включений у конструкцію дослідних зразків картоплекопача КРК-2 і картоплекопача-навантажувача ККН-2. Нижче приведені результати випробування і дослідження якості роботи цих машин у польових умовах.

**Мета досліджень –** підвищення якості збирання картоплі картоплезбиральними машинами.

**Методи досліджень.** Експериментальні лабораторно-польові дослідження картоплекопача КРК-2 і картоплекопача-навантажувача ККН-2 з розробленим підкопувально-сепаруючим робочим органом, що включає розподільник вороху, виконані за методикою діючих стандартів з впробування картоплезбиральних машин [6-7].

**Результати досліджень.** Картоплекопач КРК-2 призначений для викопування картоплі, відокремлення ґрунту від бульб і укладання їх на поверхню поля. Машина розрахована для роботи на всіх типах ґрунтів, в тому числі, на важких суглинних ґрунтах з вологістю в межах 10-27%. Технічні дані приведено в табл. 1.

На рис. 1 показаний експериментальний зразок картоплекопача КРК-2 в агрегаті з трактором МТЗ-82, а на рис. 2 процес його роботи.

Картоплекопач складається з рами, опорних котків, лемешів, барабанів пруткових, основного сепаруючого елеватора, розподільника, бадилля-відокремлюючого пристрою, каскадного елеватора, шасі, причіпного пристрою, механізму приводу робочих органів та обрізних дисків.

В таблиці 2 наведена характеристика картоплі, яку збирали картоплекопачем, а в таблиці 3 – умови проведення польових експериментальних досліджень.

**Таблиця 1.** Технічна характеристика картоплекопача, оснащеного новим підкопувально-сепаруючим робочим органом

Назва показника	Значення або характеристика показника
Агрегується з тракторами класу	1,4 і 2,0
Тип	причіпний
Робоча ширина захвату, м	1,4
Робоча швидкість, км/год	2,0-2,5
Кількість підкопаних рядків, шт.	2
Глибина підкопування бульб, м	0,27
Ширина смуги розкидання бульб, м	1,0-1,1
Продуктивність за годину основного часу, га/год	0,28-0,35
Число обертів ВВП трактора, об/хв.	540
Число обертів пруткових барабанів, об/хв.	57
Діаметр пруткових барабанів, мм	570
Кількість елеваторів, шт.	2
Ширина елеваторів, см	1250
Габаритні розміри копача, мм:	
– довжина	5100
– ширина	1850
– висота	1500
Маса, кг	1550



а)



б)

Рис. 1. Загальний вигляд картоплекопача КРК-2 під час проведення польових експериментальних досліджень: а) – вид збоку, б) – вид позаду



а)



б)

Рис. 2. Розподільник вороху картоплекопача під час роботи (а) і вигляд викопаних двох рядків картоплі

**Таблиця 2.** Характеристики картоплі при польових експериментальних дослідженнях картоплекопача з новим підкопувально-сепаруючим робочим органом

Назва показника	Значення або характеристика показника
Сорт картоплі	«Славянка»
Спосіб посадки	гребневий
Стан бадилля	зелене
Висота гребенів, см	18,3
Висота бадилля, см	14,7
Характеристика гнізда: - ширина, см	17,2
- глибина залягання нижньої бульби, см	18,3
Урожайність бульб картоплі, т/га	30,6
Ширина міжрядь, см	70,5
Розмірно-масова характеристика бульби:	59,3
- середня довжина, мм	59,3
- середня ширина, мм	38,4
- середня товщина, мм	31,4
- коефіцієнт форми бульби	1,7
Масова доля бульб по фракціям, %:	
від 20 до 50 мм включно	21,3
від 50 до 80 мм включно	73,4
більше 80 мм	5,3

**Таблиця 3.** Умови проведення польових експериментальних досліджень

Назва показника	Значення або характеристика показника
Тип ґрунту та назва по механічному складу	чорнозем
Рельєф:	
- поперечний уклон, °	2,0
- поздовжній уклон, °	1,5
Мікрорельєф	Вирівняний
Вологість ґрунту, % в шарах, см:	
від 0 до 10	13,6
від 10 до 20	14,2
від 20 до 30	15,3
Твердість ґрунту, МПа	1,142
Температура повітря, °С	18
Засміченість ділянки бур'янами, г/м <sup>2</sup>	170,2
Засміченість ділянки камінням, шт./м <sup>2</sup>	-

В таблиці 4 наведені результати досліджень експериментального зразка картоплекопача.

Аналіз результатів лабораторно-польових досліджень, наведених в таблиці 4, показує, що за показниками якості роботи картоплекопача КРК-2 задовольняє агро-вимогам. При глибині ходу лемешів 21,4 см і глибині залягання бульб 18,3 см втрати бульб склали 2,5 %, а пошкодження – 4,8 %, що знаходиться в допустимих межах. Суттєво на якість роботи вплинув розподільник вороху, який при включенні його у роботу рівномір-

но розподіляв картопляний ворох по площині основного пруткового елеватора, покращував умови сепарації вороху, зменшував присипання бульб ґрунтом, що дозволило знизити загальні втрати бульб з 2,5% до 0,8% (табл.4), тобто в 3,1 разів. Зменшується присипання бульб ґрунтом, що призводить до збільшення продуктивності праці робітників-збирачів.

**Таблиця 4.** Показники якості викопування бульб картоплекопачем КРК-2, оснащеним новим підкопувально-сепаруючим робочим органом

Назва показника	Значення або характеристика показника		
	з розподільником	без розподільника	по агро-вимогам
Робоча швидкість, км/год	2,1	2,1	2-4
Глибина ходу лемешів, см	21,4	21,4	до 25
Втрати бульб, %	0,8	2,5	до 3 %
Пошкодження бульб всього по масі, %	4,8	4,8	до 7 %
Число пошкоджених на 100 бульб, шт.:			
- зідрана шкіра від 1/4 до 1/2 поверхні бульби	2	2	-
- зідрана шкіра більш 1/2 поверхні бульби	0	0	-
- вириви м'якуші глибиною більше 5 мм	2	2	-
- тріщини довжиною більше 20 мм	1	1	-
- роздавлені бульби	2	2	-
- різані бульби	1	1	до 1,5 %
Ширина смуги викопаних бульб, см	110,0	58,0	-

Визначено раціональний режим роботи копача, який в даних умовах забезпечує допустимі значення втрат та пошкодження бульб. Встановлено, що при швидкості агрегату 2,1 км/год продуктивність складала 0,29 га/год.

Копач-навантажувач напівнавісний дворядний КРН-2 (рис. 3) призначений для підкопування двох рядків картоплі з міжряддями 70 см, відокремлення бульб від ґрунту, бадилля і інших рослинних домішок та подачі картоплі в транспортний засіб, що рухається поруч. Особливістю конструкції копача-навантажувача є наявність підкопувально-сепаруючого робочого органу з розподільником (рис. 4), який служить для рівномірного розподілу вороху по основному сепаруючому транспортері, що сприяє підвищенню інтенсивності сепарації ґрунтових і рослинних домішок. Конструкція розподільника дозволяє включати його в роботу, або переводити в неробочий стан. Це потрібно було для визначення впливу цього робочого органу на показники роботи машини.



Рис. 3. Загальний вигляд копача-навантажувача

Технічна характеристика копача-навантажувача надана в таблиці 5.

Умови при яких відбувалися випробування копача-навантажувача та характеристика культури представлені в таблицях 6 і 7.

Таблиця 5. Технічна характеристика копача-навантажувача

Назва показників	Значення показників
Марка машини	ККН-2
Тип агрегаткування	напівнавісний
Агрегується з тракторами, клас	1,4
Робоча швидкість, км/год	1-6
Продуктивність за годину основного часу, га	0,45-0,65
Кількість викопуваних рядків, шт.	2
Ширина міжрядь, см	70
Маса комбайна, кг:	3500
Габаритні розміри, мм:	
– в робочому стані:	
довжина	8300
ширина	5400
висота	2900
Максимальна глибина підкопування, см	25

Умови випробування були типовими для важких ґрунтів, про що свідчить твердість ґрунту в шарі залягання бульб від 1,35 до 3,0 МПа. Показники якості роботи визначались на робочих швидкостях 3,2-4,8 км/год. Під час випробувань копачем-навантажувачем ККН-2 було зібрано картоплю на площі 10,1 га. Проведено оцінку якості роботи машини (табл. 8) з включеним і виключеним розподільником.

На рис. 4 а показано технологічний процес копача навантажувача з відключеним розподільником, а на рис. 4 б – з включеним розподільником. Візуально бачимо, що при включеному розподільнику кількість домішок на другому елеваторі значно менше, ніж при відключеному розподільнику. Це зумовлює покращення показника чистоти бульб у тарі.

Таблиця 6. Умови проведення випробувань копача-навантажувача ККН-2

Назва показників	Значення показників
Виконувана робота	Збирання картоплі
Тип ґрунту	чорнозем суглинковий
Рельєф	рівний
Твердість ґрунту, МПа в шарах ґрунту:	
0-5 см	1,35
5-10 см	2,35
10-15 см	2,9
15-20 см	3,0
Вологість ґрунту, % в шарах ґрунту:	
0-5 см	16,1
5-10 см	18,0
10-15 см	17,8
15-20 см	17,0
Інші показники:	
– кількість бур'янів на 1м <sup>2</sup> , шт.	6
– маса бур'янів і залишків бадилля, т/га	1,56
– температура повітря, °С	12
– температура ґрунту на глибині залягання бульб, °С	10
– попередній обробіток	Скошування бадилля

Таблиця 7. Характеристика культури при лабораторно-польових випробуваннях

Назва показників	Значення показників
Сорт картоплі	“Невський”
Спосіб садіння	гребеневий
Ширина міжрядь, см	70
Біологічний урожай бадилля, т/га	скошене
Біологічний урожай картоплі, т/га	24,3
Стан бадилля	скошене
Висота гребенів, см	19,2
Кількість кущів, тис.шт./га	39,1
Характеристика гнізда:	
– ширина, см	22
– глибина залягання нижньої бульби, см	18,2
Розмірно-масова характеристика бульб:	
– довжина, мм	68,8
– ширина, мм	50,8
– товщина, мм	35,2
– середня маса бульби, г	88,6
Склад бульб, % по масі, г:	
– до 50	52,9
– 50-80	17,6
– більше 80	29,5



а)



б)

Рис. 4. Загальний вигляд копача-навантажувача ККН-2 в роботі: а) – з відключеним розподільником; б) – з включеним розподільником

Позитивний вплив розподільника вороху на якість роботи машини: чистота бульб в тарі досягла 97,4% (без розподільника вона становила - 85,8 %). Тобто, застосування розподільника підвищує такий важливий показник роботи картоплезбиральної машини, як чистота бульб в тарі не менше, ніж на 10%.

Визначені енергетичні показники агрегату наведені в таблиці 9. Встановлено, що витрати пального при збиранні картоплі агрегатом МТЗ-82+ККР-2 на швидкості 3,2-4,7 км/год були в межах 13,7-17,1 кг/га, тяговий опір 11,7-12,6 кН, споживана потужність трактора 19,8-26,5 кВт.

**Висновки.**

Встановлено, що картоплекопач з розробленим новим підкопувально-сепаруючим робочим органом, що включає розподільник вороху, при збиранні картоплі з врожайністю 30,6 т/га, яка була посаджена гребневим способом з міжряддями 0,7 м, забезпечує зменшення втрат бульб в 3,1 разів (втрати 0,8% з розподільником і 2,5% – без розподільника), при цьому пошкодження бульб складало 4,8%, що відповідає агрономогам.

**Таблиця 8.** Показники роботи копача-навантажувача ККН-2 при лабораторно-польових випробуваннях

Назва показників	Значення показників	
	без розподільника	з розподільником
1. Марка трактора	МТЗ-82	МТЗ-82
2. Робоча швидкість руху:	км/год,	2,8-3,6
	м/с	0,78-1,0
3. Глибина підкопування, см	19,3	19,3
4. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1 (тракторист)	1 (тракторист)
5. Чистота картоплі в тарі, %		
– бульби	85,8	97,4
– ґрунт сипкий	2,2	0,9
– грудки (розміром до 50 мм)	11,8	1,7
– рослинні домішки	0,2	0
– інші домішки	0	0
6. Повнота збирання бульб, %		
– зібрано в тару	98,6	99,4
– залишено на поверхні	1,4	0,6
– залишено в ґрунті	0	0
– всього втрат, %	1,4	0,6
кг	340	146
7. Пошкодження бульб, %:		
– сумарні	4,6	4,6
– різані лемешами	1,6	1,6
– тріщини довжиною більше 20 мм	0,8	0,8
– вириви м'якуша глибиною більше 5 мм	2,2	2,2
– поштучно (із 100 бульб)	6,0	6,0

**Таблиця 9.** Енергетична оцінка роботи копача-навантажувача ККН-2

Назва показників	Значення показників		
1. Робоча швидкість руху, км/год	3,24	3,95	4,68
2. Продуктивність, га/год	0,45	0,55	0,65
3. Тяговий опір, кН	11,7	12,6	12,3
4. Крутний момент, Нм	185	216	210
5. Потужність на ВВП трактора (на привід комбайна), кВт	9,5	11,1	10,8
6. Використовувана потужність, кВт	19,8	24,7	26,5
7. Коефіцієнт завантаження двигуна трактора	0,315	0,411	0,441
8. Питома витрата пального за годину основної роботи, кг/га	13,68	15,42	17,09

Встановлено, що копач-навантажувач з розробленим підкопувально-сепаруючим робочим органом, що включає розподільник вороху, забезпечує повноту збирання бульб – до 99,4 %, при цьому чистота бульб у тарі становить – 97,4 % (без розподільника – 85,8 %) при допустимому пошкодженні бульб 4,6%. Витрати пального при збиранні картоплі на швидкості 3,2 - 4,7 км/год були в межах 13,7 - 17,1 кг/га.

#### Література:

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. М.: Машиностроение, 1984. – 320с.
2. Верещагин Н.И., Пшеченков К.А., Герасимов В.С. Уборка картофеля в сложных условиях. М.: Колос, 1983. - 208 с.
3. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Ружило З.В., Головач І.В., Ігнат'єв Є.І. Експериментальне дослідження та обґрунтування параметрів сепаратора картопляного вороху. Вісник аграрної науки. 2020. №7. С.60-66.
4. Завгородний А.Ф., Шумило М.М. Комбинированный подкапывающе-сепарирующий орган картофелеуборочных комбайнов.-Техника в сельском хозяйстве, 1986, №10, с.60-61.
5. Пат. № 63436А Україна, МПК А01D 17/00. Підкопувально-сепаруючий пристрій картоплеуборочної машини. Корнюшин В.М.; заявник і патентовласник Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН. №2003043510; заявл. 18.04.2003; опубл. 15.01.2004, бюл. №1, 2004р.
6. ДСТУ 7572:2014 Машини картоплеуборочні. Загальні технічні вимоги. Київ, УкрНДНЦ, 2018. 8 с.

7. ДСТУ 7794:2015 Машини картоплеуборочні. Методи випробування. Київ, УкрНДНЦ, 2016., 14 с.

#### References:

1. Petrov G.D. Kartofeleuborochnye mashiny. M.: Mashinostroenie, 1984. – 320 p.
2. Vereshchagin N.I., Pshechenkov K.A., Gerasimov V.S.. Uborka kartofelya v slozhnyh usloviyah. M.: Kolos, 1983. - 208 p.
3. Bulgakov V.M., Adamchuk V.V., Ruzhilo Z.V., Golovach I.V., Ignat'yev Ye.I. Eksperymental'ne doslidzhennya ta obg`runtuvannya parametriv separatora kartoplyanogo voroxu. Visny`k agrarnoyi nauky`. 2020. #7. pp.60-66.
4. Zavgorodnij A.F., SHumilo M.M. Kombi-nirovannyj podkapyvayushche-separiruyushchij organ kartofeleuborochnyh kombajnov.-Tekhnika v sel'skom hozyajstve, 1986, №10, pp.60-61.
5. Pat. # 63436A Ukrayina, MPK A01D 17/00. Podkopuval'no-separuyuchy`j pry`strij kartoplezby`ral'noyi mashy`ny`. Korniyushy`n V.M.; zayavny`k i patentovlasny`k Nacional'ny`j naukovy`j centr «Insty`tut mexanizatsiyi ta elektryfikatsiyi sil'skogo gospodarstva» NAAN. #2003043510; zayavl. 18.04.2003; opubl. 15.01.2004, byul. #1, 2004.
6. DSTU 7572:2014 Mashy`ny` kartoplezby`ral'ni. Zagal'ni texnichni vy`mogy`. Ky`yiv, UkrNDNCz, 2018. 8 p.
7. DSTU 7794:2015 Mashy`ny` kartoplezby`ral'ni. Metody` vy`probuvannya. Ky`yiv, UkrNDNCz, 2016., 14 p.

#### Аннотация

### Результаты экспериментальных исследований картофелеуборочных машин с новым подкапывающе-сепарирующего рабочего органа

В.М. Корнюшин

Цель. Повышение качества уборки картофеля картофелеуборочными машинами. Методы. Экспериментальные лабораторно-полевые исследования картофелекопалки и картофелекопалки-погрузчика с разработанным подкапывающе-сепарирующего рабочим органом, включая распределитель вороха, выполненные по методике действующих стандартов по испытанию картофелеуборочных машин. Результаты. Во время экспериментальных лабораторно-полевых исследований определены показатели качества сборки клубней и энергетические характеристики машин с новым рабочим органом. Установлено, что установлен на машинах подкапывающе-сепарирующее рабочий орган с распределителем вороха обеспечивает уменьшение потерь и повышение чистоты сбора клубней. Выводы. Установлено, что картофелекопалка разработанному подкапывающе-сепарирующего рабочим органом, включая распределитель вороха, при уборке картофеля с урожайностью 30,6 т / га, которая была посажена коньковым способом с междурядьями 0,7 м, обеспечивает уменьшение потерь клубней в 3,1 раз (потери 0,8% с распределителем и 2,5% - без распределителя), при этом повреждения клубней составляло 4,8%, что соответствует агротехническим требованиям. Установлено, что копатель-погрузчик с разработанным подкапывающе-сепарирующего рабочим органом, включая распределитель вороха, обеспечивает полноту сбора клубней - до 99,4%, при этом чистота клубней в таре составляет - 97,4% (без распределителя - 85,8% ) при допустимом повреждении клубней 4,6%. Расход топлива при уборке картофеля на скорости 3,2-4,7 км / ч были в пределах 13,7-17,1 кг / га.

**Ключевые слова:** подкапывающе-сепарирующее рабочий орган, распределитель, картофелеуборочные машины, потери клубней, чистота клубней.

**Abstract****The results of experimental studies of potato harvesters with a new digging-separating working body****V.M. Kornyushin**

**Purpose.** Improving the quality of potato harvesting by potato harvesters. **Methods.** Experimental laboratory and field studies of potato harvester and potato harvester-loader with developed digging-separating working body, including heap distributor, performed according to the method of current standards for testing potato harvesters. **The results.** During the experimental laboratory and field studies, the quality indicators of tuber assembly and energy characteristics of machines with a new working body were determined. It is established that the digging-separating working body with the heap distributor established on cars provides reduction of losses and increase of purity of collecting of tubers. **Conclusions.** It was found that the potato digger developed by the digging-separating working body, including the heap distributor, when harvesting potatoes with a yield of 30.6 t / ha, which was planted by ridge method with rows of 0.7 m, reduces the loss of tubers by 3.1 times (losses 0.8% with a distributor and 2.5% - without a distributor), while the damage to the tubers was 4.8%, which meets the agronomic requirements. It is established that the digger-loader with the developed digging-separating working body, including the heap distributor, provides completeness of collecting of tubers - to 99,4%, thus purity of tubers in a container makes - 97,4% (without the distributor - 85,8%) at admissible damage of tubers of 4,6%. Fuel consumption during potato harvest at a speed of 3.2-4.7 km / h was in the range of 13.7-17.1 kg / ha.

**Keywords:** *digging-separating working body, distributor, potato harvesters, loss of tubers, purity of tubers.*

**Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard**

Kornyushin, V. M. (2021) 'The results of experimental studies of potato harvesters with a new digging-separating working body', *Engineering of nature management*, (2(20)), pp. 57 - 63.

*Подано до редакції / Received: 09.01.2021*