

RESEARCH RESULTS OF HARVESTING HAULM REMNANTS OF ROOT CROPS /

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРІЗУВАННЯ ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ

MSC Eng. Storozhuk I.M.¹⁾, MSC Eng. Pankiv V.R.²⁾

¹⁾National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony 15, Kiev/ Ukraine

²⁾ Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ruska str., 56, Ternopil/ Ukraine

E-mail: 8455865@ukr.net

Abstract: In this work it is presented the description of technological process of the improved machine for cutting haulm at root crops and the results of experimental research of beets haulm with three constructions of the cutter. The research it was made for three re-cutting constructions conducted on the principle of "passive knife - copier".

Keywords: fodder beet, haulm remnants, technological process, re-cutter of root crops heads, copier, sprung-loaded knife, polyfactorial experiment, empirical model, knocked out root crops.

INTRODUCTION

Sustainable development of manufacturing is possible on the basis of further modern mechanization of all production processes. This can be achieved by ensuring the development and introduction of highly efficient crop harvesting technologies, including fodder beet roots [1].

The mechanized harvesting of fodder beet roots is one of the most labour intensive and of energy intensive operations in the overall context of the agricultural production not only in Ukraine but also in highly developed countries of the world community [2].

Haulm harvesting is one of the most intensive labor operations in the technological process of fodder beet production. Modern directions for the development of single-phase propelled root crops machines provide block-modular principle of their construction. Two-stage method of haulm harvesting is the first stage of single-phase technology of harvesting root crops – cutting the main body of haulm by rotary haulm cutter followed by cutting the remnants of haulm by a «passive copier-passive knife» re-cutter [3].

The problem of improving of haulm-cleaning modules technical level, cutting haulm quality indicators are their assessment criteria, remains particularly relevant in terms of further development of root crops technique.

There are a lot of design and layout schemes for cutting and harvesting haulm and working bodies of beet harvesting machines: from haulm cutting rotors to fodder root re-cutters. This is related to both the harvesting technologies and agro-technical requirements for haulm cleaning and roots vegetables quality indicators [4, 5].

Since the first development and application of the technical devices and facilities for mechanical harvesting of root crops extensive experience in the establishment of relevant working bodies and machines has been gained in the world practice. The agrobiological and mechanical properties of root crops and haulm of fodder beets, their location relative to the surface of the soil largely influence the work conditions modules of harvesting haulm. These

Резюме. У статті наведено опис технологічного процесу роботи удосконаленої гичкозбиральної машини та результати експериментальних досліджень обрізування головок буряків трьома конструкціями дообрізників, виконаних за принципом «пасивний копір–ніж».

Ключові слова: кормові буряки, залишки гички, технологічний процес, дообрізник головок коренеплодів, копір, підпружинений ніж, багатофакторний експеримент, емпірична модель, вибиті коренеплоди.

ПЕРЕДМОВА

Сталий розвиток виробництва продукції агропромисловим комплексом України можливий на основі подальшої сучасної механізації всіх виробничих процесів шляхом забезпечення розробки та впровадження високоєфективних технологій збирання сільськогосподарських культур, у тому числі і коренеплодів кормових буряків [7].

Механізоване збирання коренеплодів кормових буряків є однією з найбільш трудомістких і енергозатратних операцій в загальному контексті виробництва продукції сільськогосподарського виробництва не тільки в Україні, але й у високорозвинутих державах світової спільноти [2].

У технологічному процесі виробництва коренеплодів кормових буряків, однією з найбільш трудомістких операцій є збирання гички. Сучасні напрями розвитку однофазних самохідних коренезбиральних машин передбачають блочно-модульний принцип їх побудови. Першим етапом однофазної технології збирання коренеплодів є збирання гички двостадійним способом – зрізування основного масиву гички роторним гичкорізом з наступним зрізуванням залишків гички дообрізником типу «пасивний копір–пасивний ніж» [8].

Проблема підвищення технічного рівня гичкозбиральних модулів, критеріями оцінки яких є показники якості зрізування гички, залишається особливо актуальною в плані подальшого розвитку коренезбиральної техніки.

Велика різноманітність конструктивних та компоувальних схем гичкозріувальних і гичковидальючих пристроїв і робочих органів бурякозбиральних машин, від гичкозріувальних роторів до дообрізників головок коренеплодів, пов'язана як з технологіями збирання, так і з агротехнічними вимогами до показників якості збирання гички та коренеплодів [14, 5].

З часу розробки та застосування перших технічних пристроїв і засобів для механізованого збирання коренеплодів у світовій практиці накопичено великий досвід з створення відповідних робочих органів і машин, у тому числі для збирання гички. Агробіологічні та механічні властивості коренеплодів і

indicators accordingly regulate construction features of working bodies for harvesting the main array of haulm and cutting off its remnant from root crops heads [6, 7, 8].

Taking into account specific mechanical and technological properties of the root crops and haulm and the world tendency of single-phase haulm cleaning method, it can be concluded that the technological process of haulm cleaning is expediently carried out with a two-stage method. It includes cutting the main body of haulm followed by removal of haulm remnants on the heads of root crops by re-cutter «passive copier-passive knife» re-cutter [4, 9].

Therefore, the improvement of the structural and layout schemes and working bodies of the machines for haulm harvesting or haulm harvesting modules and substantiation parameters of their working bodies should be carried out taking into account the specific properties of this process. This is particularly important and actually in providing the necessary quality indicators of the work according to the agrotechnical requirements [5, 10].

The work objective is to increase technological process indicators of haulm harvesting of fodder beet root crops, through the development and substantiation of working parameters of haulm harvesting machines.

There are many ways of mechanical haulm removal of root crops such as cutting, beating down, tear off and etc. Cutting and beating down of haulm are the most common ones.

Based on the study of technological processes of cutting haulm and constructive-technological schemes of haulm harvesting modules and haulm harvesting machines of domestic and foreign production one can be stated the following. At present haulm-cutting devices typically cut haulm only on the principle "on the root". In such case, main body haulm harvesting occurs without copying the heads of root crops and haulm remnants cutting - with copying of root crops heads by different mechanisms [4, 11, 12, 13].

The devices that carry out haulm cutting on the root by the cutting method are divided into machines for single-phase haulm cleaning method and machines for the two-phase method of haulm harvesting, which in turn are divided according to the type of job.

The cutting, during which haulm cleaning is the result of knife blade cutting, is applied both for the bulk haulm harvesting and its remnants while cutting heads of the root crops. And the knives, which can be active or passive, carry out haulm cutting without anti-cutting elements or counter movement of the knives.

Primarily it is caused by root crops properties, fodder beet haulm and harvesting or using haulm technology – using haulm for fodder or as an organic fertilizer by spreading it on a harvested field [14, 15].

Reduction of the root crops yield during the harvesting is caused by their losses during digging up and haulm harvesting. This is due to the significant number of root crops knocked out from the soil (1.5...2.0%) and damaged root crops (15...20%) of these by chipping surface of heads cutting - up to 10%.

At the same time the wastes of cutted root crops

гички кормових буряків, їх розміщення відносно поверхні ґрунту в значній мірі впливають на умови роботи гичкозбиральних модулів і, відповідно, регламентують особливості конструкції робочих органів для збирання основного масиву гички та дообрізування її залишків з головок коренеплодів [3, 16, 12].

Враховуючи специфічні механіко-технологічні властивості зв'язків гички з коренеплодами та світову тенденцію однофазного способу збирання коренеплодів, можна зробити висновок, що технологічний процес збирання гички доцільно здійснювати двостадійним способом, який включає в собі зрізування основного масиву гички з наступним видаленням залишків гички на головках коренеплодів дообрізником типу «пасивний копір-пасивний ніж» [14, 18].

Тому вдосконалення конструктивно-компонувальних схем та робочих органів машин для збирання гички, або гичкозбиральних модулів коренезбиральних машин і обґрунтування параметрів їх робочих органів необхідно проводити з урахуванням специфічних властивостей даного процесу, що є особливо важливим і актуальним у плані забезпечення необхідних показники якості роботи згідно з агротехнічними вимогами [5, 11].

Метою роботи є підвищення показників технологічного процесу збирання гички коренеплодів кормових буряків шляхом розробки та обґрунтування параметрів робочих органів гичкозбиральних машин.

При всій різноманітності способів механічного видалення гички коренеплодів (зрізування, збивання, відривання тощо) найбільш поширеними, є зрізування та збивання.

На основі дослідження технологічних процесів зрізування гички кормових буряків і конструктивно-технологічних схем гичкозбиральних модулів корене-та гичкозбиральних машин вітчизняного і зарубіжного виробництва, можна констатувати, що на сучасному етапі гичкозрізувальні пристрої, як правило зрізують гичку тільки за принципом «на корені». При цьому збирання основного масиву гички відбувається без копіювання головок коренеплодів (безкопійний зріз), а дообрізування залишків гички – з копіюванням головок коренеплодів різноманітними механізмами [14, 9, 13, 20]. Пристрої, які здійснюють зрізування гички на корені, за способом виконання процесу зрізування поділяються на апарати для однофазного способу збирання гички та апарати для двофазного способу збирання гички, які у свою чергу поділяють за типом робочих органів.

Зрізування, під час якого видалення гички відбувається в результаті різання лезом ножа застосовується, як для збирання основної маси гички, так і її залишків під час обрізування головок коренеплодів. Причому ножі, які можуть бути активні чи пасивні, виконують різання гички без підпору, тобто без протирізальних елементів чи зустрічного руху ножів. Це зумовлено, в першу чергу властивостями коренеплодів і гички кормових буряків та технологією збирання або використання гички – використання гички на корм або у якості органічних добрив шляхом розкидання її на зібране поле [15, 6].

Зменшення урожаю коренеплодів під час збирання обумовлені їх втратами як під час викопування, так і під час збирання гички за рахунок значної кількості вибитих з ґрунту (1,5...2,0%) та пошкоджених (15...20%) коренеплодів, із них за рахунок сколів

heads with haulm to the total mass are within 5...8%, and the pollution of root crops thresh by remnants of haulm amounts to 3...5% [16, 17, 18, 19, 20].

The operating indicators obtained of machines for haulm cleaning or their harvesting modules are unsatisfactory. They do not correspond to the established parameters in accordance with the agrotechnical requirements on the basis of their imperfection constructive and technical decisions the main working bodies - rotary haulm cutters and of the haulm remnants re-cutters of the root crops heads.

MATERIAL AND METHOD

Development of modern perspective assembly schemes and new constructions of working bodies of machines for haulm harvesting and their modules must be based on world experience, taking into account the peculiarities of local agronomic, technical, economic, environmental and other requirements.

Based on the analysis of quality work indicators and technological parameters of haulm harvesting, we proposed an improved machine for haulm harvesting that is used according to the chosen haulm harvesting technology or method of haulm usage.

Constructive scheme of the improved machine for haulm harvesting is shown in Figure 1. The machine for haulm harvesting consists of frame 1, on which support wheel 2, horizontal rotor 3, auger 4, re-cutters of root crops heads 5 are consistently adjusted. Horizontal rotor 3 is designed as a drum 6. Knives for haulm cutting 7 are placed in drum of spiral. They are pivotally installed by means of supporting plates, are fixed on a drum rotor 3 and finger. Rotor 3 rotates the opposite direction of the machine for harvesting root crops haulm. Height of cutting of the main haulm array is regulated by moving of supporting wheels 2. Auger 4 is installed in horizontal gutter 8 and made in the form of drum 9 on which winds 10 are fixed. The top part of knives for haulm cutting 7 and auger 4 is closed by casing 11.

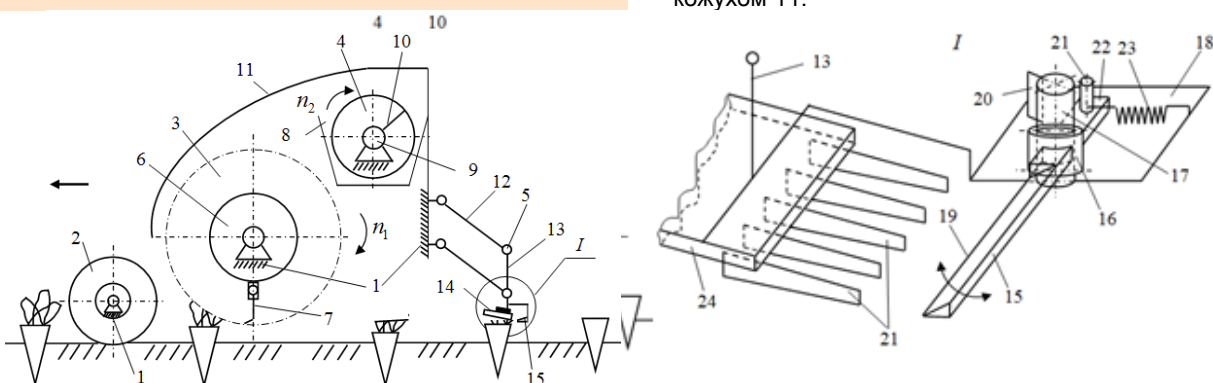


Fig. 1 - Constructive scheme of the improved machine for haulm cutting:

1 – chassis frame, 2 – support (reference) wheel, 3 – rotor, 4 – auger, 5 – cutter of heads root crops, 6, 9 – drum, 7 – knife, 8 – chute, 10 – spiral, 11 – casing, 12 – parallelogram hinged suspension; 13 – bracket, 14 – copier, 15 – knife, 16 – two-arm lever, 17 – finger, 18 – fixed support, 19 – knife blade, 20 – support, 21 – stop, 22 – arm of lever, 23 – spring, 24 – shock absorber blow

The cutter of root crops heads 5 is mounted behind the chute 8, each of them is designed as a parallelogram hinged suspension 12. Passive comb copier 14 and knife 15 are mounted sequentially on the bracket 13 of parallelogram hinged suspension 12.

поверхні зрізування головки – до 10%. При цьому відходи маси обрізаних головок коренеплодів із гичкою до їх загальної маси знаходяться в межах 5...8%, а забрудненість вороху коренеплодів залишками гички становить 3...5% [17, 19, 4, 10, 2].

Одержані незадовільні показники якості роботи гичкозбиральних машин, або їх збиральних модулів не відповідають встановленим показникам згідно з агротехнічними вимогами за ознаками недосконалості їх конструктивно-технічних рішень основних робочих органів – роторних гичкорізів і дообрізників залишків гички з головок коренеплодів.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА

Розробку сучасних перспективних конструвальних схем та нових конструкцій робочих органів гичкозбиральних машин і їх модулів, повинні базуватися на світовому досвіді, враховуючи при цьому особливості вітчизняних агротехнічних, техніко-економічних, екологічних та інших вимог.

На основі проведеного аналізу одержаних показників якості роботи та технологічних показників збирання гички, нами запропоновано удосконалені гичкозбиральні машини, які застосовують до вибраної технології збирання гички, або способу використання гички.

На рис. 1 наведено конструктивну схему удосконаленої гичкозбиральної машини. Гичкозбиральна машина складається з рами 1, на якій послідовно встановлено опорні колеса 2, горизонтальний ротор 3, шнек 4, дообрізники 5 головок коренеплодів. Горизонтальний ротор 3 виконано у вигляді барабана 6, на якому по гвинтовій лінії розміщено гичкозрізувальні ножі 7, які за допомогою опорних пластин, що закріплені на барабані 6 ротора 3 і пальця, встановлено шарнірно. Ротор 3 обертається зустрічно напрямку руху гичкозбиральної машини, а висоту зрізування основного масиву гички регулюють переміщенням опорних коліс 2. Шнек 4 встановлено у горизонтальному жолобі 8 та виконано у вигляді барабана 9 на якому закріплено витки 10. Верхня частина гичкозрізувальних ножів 7 і шнека 4 закрита кожухом 11.

Позаду жолоба 8 змонтовано дообрізники 5 головок коренеплодів, кожен з яких виконано у вигляді паралелограмної шарнірної підвіски 12, на кронштейні 13 якої послідовно змонтовано пасивний гребінчастий копір 14 і ніж 15.

Кожен ніж 15 виконано у вигляді двоплечевого

Each knife 15 is designed as two-arm lever 16. The lever is installed at its finger 17 pivotally. The finger rigidly is fixed on a support 18, which is connected to the bracket 13 rigidly. Working stroke of the blade 19 of the cutting edge of the knife 15, in the horizontal plane is limited to support 20 which is mounted on the vertical finger 17 and support 21. The knife 15 is spring-loaded through a spring 23, one end of which is fixed on a two-arm lever 16, and the second - on the fixed support 18. Shock absorber blow is made in the form of gasket 24 of elastic material, or, for example, compression spring. It is installed between the bracket 13 parallelogram suspension 12 and copier 14.

RESULTS

When the machine for haulm harvesting is moving along the root crops rows knives 7 cut off the main bulk of haulm and move it so that it put in the chute 8 or auger 4. The spiral 10 of auger 4 transports the haulm along the axis of rotation of auger 4, in the direction of its output part. The copier 14 of cutter 5 collides with the head of root crop and then knife 15 cuts off the head of root crop by blade cutting edge 19 at given height of cut. In the process of cutting of root crop head knife 15 and support 20 reclaim from vertical fingers 17 to 21 stops, thus carrying out the cutting by method of sliding.

Moreover, during a meeting of the copier 21 with the of root crops head there is a blow interaction of working surface of copier and the head of root crops. It results to the beating out from the soil or damage of root crops. Due to the shock absorber blow that is made in the form of gasket 24 impact force of copier is significantly reduced. A part of the impact energy is spent on the deformation of the shock absorber, or compensated for deformation gaskets and it reduces beating out from the soil or damage of root crops.

To determine use efficiency of improved re-cutter construction mounted on the machine field comparative experimental studies of the number knocked out root crops from the soil of three types re-cutters: a standard re-cutter of root crops heads (firms «Kleine», «Moreau», «Tim» etc.), re-cutter of root crops heads which has a spring-loaded knife and a cutter of root crops heads which has a spring-loaded knife and copier is installed on shock absorber in the form of an elastic plate.

The variable factors of two-factor experiment implemented in three levels of factors variation (lower (-1), zero (0), top (1)) were accepted: machine speed; root crops height relative to the surface of the soil level. The results of coding and numerical values of levels of factors variation are shown in the table 1 below.

важеля 16, встановленого шарнірно на своєму пальці 17, який жорстко закріплений на опорі 18, жорстко зв'язаною з кронштейном 13. Робочий хід леза 19 ріжучої кромки ножа 15 в горизонтальній площині обмежено упором 20, який закріплено на вертикальному пальці 17 і упором 21, закріпленим на плечі 22 двоплечевого важеля 16. Ніж 15 виконано підпружиненим завдяки пружині 23, один кінець якої закріплено на плечі 22 двоплечевого важеля 16, а другий – на опорі 18. Між кронштейном 13 паралелограмної підвіски 12 і копіром 14 встановлено амортизатор удару, який виконано у вигляді прокладки 24 з пружного матеріалу, або, наприклад, пружини стиску.

РЕЗУЛЬТАТИ

Під час переміщення гичкозбиральної машини вздовж рядків коренеплодів ножі 7 зрізують основний масив гички та подають її по траєкторії направлення кожуха 18 так, щоб вона попадала в жолоб 14, або на шнек 4. Витки 16 шнека 4 транспортують гичку вздовж осі обертання шнека 4 в сторону його вихідної частини 17. Гребінчастий копір 21 обрізувача 5 наїжджає на головку коренеплодів, а ніж 22 лезом 23 ріжучої кромки обрізує головку коренеплодів на заданій висоті зрізу. У процесі зрізування головки коренеплодів ніж 22 і упор 28 відхиляється на вертикальному пальці 25 до упора 27, виконуючи різання методом ковзання.

Крім того, під час зустрічі копіра 21 з головкою коренеплодів відбувається ударна взаємодія робочої поверхні копіра 21 та головки коренеплодів, що призводить до їх вивалювання з ґрунту, або пошкодження. Завдяки виконанню копіра пружним, або наявності амортизатора удару, виконаного у вигляді прокладки 31, сила удару копіра значно зменшується за рахунок того, що частина енергії удару витрачається на деформацію амортизатора, або компенсується на деформацію прокладки 31. Це знижує вивалювання коренеплодів з ґрунту та їх пошкодження.

Для визначення ефективності використання вдосконаленої конструкції дообрізнака, який встановлено на машину, були проведено польові порівняльні експериментальні дослідження кількості вибитих коренеплодів з ґрунту для трьох типів дообрізнаків - серійного дообрізнака (фірми «Kleine», «Moreau», «Tim» та ін.), дообрізнака, ніж якого виконаний підпружиненим і дообрізнака, у якого ніж виконаний підпружиненим, а копір встановлений на амортизаторі, виконаним у вигляді пружної пластини.

Змінними факторами двофакторного експерименту, реалізованого на трьох рівнях (нижній (-1), нульовий (0), верхній (+1)) варіювання факторами, приймали: швидкість руху дообрізнака (машини) V_M ; висоту розташування коренеплодів відносно поверхні рівня ґрунту h_k . Результати кодуювання та числові значення рівні варіювання факторами наведено у табл. 1.

Table 1

Results of the coding of factors and their variation levels

Factors	Designation of factors		The interval of variation	Levels of factors variation, Natural / Coding		
	Coding	Natural				
Machine speed, m/s	x_1	V_M	0,3	1,4/-1	1,8/0	2,2/+1
The height of placement of root crops in relation to soil level, cm	x_2	h_k	3	3/-1	6/0	9/+1

The average numeric values of general sample handling the experiments (the sample size was 100 units) number knocked out root crops from the soil were inscribed in the corresponding boxes of plan-matrix conducting two-factor experiments (Tab.2). The regression equations which were received after processing of numeric values Tab.2.

Середні числові значення обробки генеральної вибірки проведених експериментів (обсяг генеральної вибірки становив 100 шт.) кількості вибитих коренеплодів з ґрунту занесли у відповідні графі план-матриці проведення двофакторних експериментів (табл. 2).

Table 2

Plan Matrix and medium numeric values of two-factor experiments

№ n/n	Factors		Of the number of root crops			Of the root crops total mass		
	Machine speed, V_M , m/s	The height of placement of root crops in relation to soil level, h_k , cm	B_{1k} , %	B_{2k} , %	B_{3k} , %	B_{1m} , %	B_{2m} , %	B_{3m} , %
1	1.4	3	2	1	0	0,3	0,2	0
2	1.8	3	6	4	0	0,7	0,5	0
3	2.2	3	9	6	2	1,1	0,9	0,3
4	1.4	6	7	3	0	0,9	0,4	0
5	1.8	6	17	11	3	2,1	1,3	0,5
6	2.2	6	21	14	7	2,5	1,7	0,9
7	1.4	9	29	17	15	3,3	2,0	1,7
8	1.8	9	43	29	23	5,1	3,5	2,6
9	2.2	9	54	42	35	6,7	5,1	4,0

They describe the dependence of change of the number of partially root crops knocked out from the soil for three types performing of cutter heads of haulm remnants on the heads of fodder beet root crops:

- as a percentage of the number of root crops:

Після обробки числових значень табл. 2 отримані рівняння регресії, які характеризують залежність зміни кількості вибитих коренеплодів з ґрунту для трьох типів виконання дообрізника залишків гички на головках коренеплодів кормових буряків:

- в процентах від кількості коренеплодів

$$B_{1k} = -12.64 + 34.17V_M - 12.47h_k + 3.75V_M h_k - 10.42V_M^2 + 0.98h_k^2 \quad (1)$$

$$B_{2k} = 10.26 + 10.83V_M - 12.78h_k + 4.17V_M h_k - 5.21V_M^2 + 0.8h_k^2 \quad (2)$$

$$B_{3k} = 57.93 - 36.7V_M - 15.03h_k + 3.75V_M h_k + 7.29V_M^2 + 1.2h_k^2 \quad (3)$$

where B_{1k} – number knocked out root crops from the soil by a standard re-cutter of root crops heads, %;

B_{2k} – number knocked out root crops from the soil by re-cutter of root crops heads which has a spring-loaded knife, %;

B_{3k} – number knocked out root crops from the soil by cutter of root crops heads which has a spring-loaded knife and copier is installed on shock absorber in the form of an elastic plate, %;

V_M – machine speed, m/s;

h_k – the height of placement of root crops in relation to surface of the soil, cm.

- as a percentage of the root crops total mass

де B_{1k} – кількість вибитих коренеплодів з ґрунту серійним дообрізником, %;

B_{2k} – кількість вибитих коренеплодів з ґрунту дообрізником, ніж якого виконано підпружиненим, %;

B_{3k} – кількість вибитих коренеплодів з ґрунту дообрізником, ніж якого виконано підпружиненим, а копир встановлено на амортизаторі, %;

V_M – швидкість руху машини, м/с.

h_k – висота розміщення головок коренеплодів відносно рівня поверхні ґрунту, см

- в процентах від загальної маси коренеплодів:

$$B_{1m} = -0.13 + 2.92V_M - 1.63h_k + 0.54V_M h_k - 1.04V_M^2 + 0.12h_k^2 \quad (4)$$

$$B_{2m} = 2.33 + 0.25V_M - 1.6h_k + 0.5V_M h_k - 0.31V_M^2 + 0.1h_k^2 \quad (5)$$

$$B_{3m} = 5.83 - 3.67V_M - 1.6h_k + 0.42V_M h_k + 0.73V_M^2 + 0.11h_k^2 \quad (6)$$

where B_{1m} – number knocked out root crops from the soil by a standard re-cutter of root crops heads, %;

B_{2m} – number knocked out root crops from the soil by re-cutter of root crops heads which has a spring-loaded knife, %;

B_{3m} – number knocked out root crops from the soil by cutter of root crops heads which has a spring-loaded knife and copier is installed on shock absorber in the form of an elastic plate, %;

Based on the analysis of regression equations (1)-(6) and the response surfaces (Fig. 2-3), it was established that the character change of the number, B_{ik} , B_{im} , of the

де B_{1k} – кількість вибитих коренеплодів з ґрунту серійним дообрізником, %;

B_{2k} – кількість вибитих коренеплодів з ґрунту дообрізником, ніж якого виконано підпружиненим, %;

B_{3k} – кількість вибитих коренеплодів з ґрунту дообрізником, ніж якого виконано підпружиненим, а копир встановлено на амортизаторі, %.

На основі проведеного аналізу рівнянь регресії (1)-(6) та поверхонь відгуку (рис. 2-3) встановлено, що характер зміни кількості вибитих коренеплодів з ґрунту B_{ik} , B_{im} для трьох типів виконання дообрізника однаковий - зі збільшенням швидкості руху машини V_k

knocked out root crops from the soil for the three types re-cutters constructions is the same. With increasing the machine speed, V_k , and the root crops height h_k relatively to the soil level, the values of B_{ik} , B_{im} increase as a percentage of root crops (B_{1k} , B_{2k} , B_{3k} , Fig. 2) and as a percentage of root crops total mass (B_{1m} , B_{2m} , B_{3m} , Fig. 3). Moreover the largest number of knocked out root crops from the soil, as a percentage of root crops B_{ik} , and as a percentage of root crops total mass B_{im} it is observed at the standard re-cutter, whose values are in the range of $B_{1k} = 5...53\%$, $B_{1m} = 1,0...6,5\%$. Accordingly, the minimum values of number of knocked out root crops from the soil $B_{3k} = 4...34\%$, $B_{3m} = 0,5...3,9\%$ are inherent for the re-cutter, in which the knife is made spring-loaded and copier rigidly is fixed on the shock absorber which is designed as an elastic plate.

і висоти розташування коренеплодів щодо рівня ґрунту h_k , значення B_{ik} , B_{im} збільшуються, як у відсотках від кількості коренеплодів (B_{1k} , B_{2k} , B_{3k} , рис. 2), так і у відсотках від загальної маси коренеплодів (B_{1m} , B_{2m} , B_{3m} , рис. 3). При цьому найбільша кількість вибитих коренеплодів з ґрунту B_{ik} , як у відсотках від кількості коренеплодів, так і у відсотках від загальної маси коренеплодів B_{im} спостерігається у серійного дообрізка, значення яких знаходяться у діапазоні $B_{1k} = 5...53\%$, $B_{1m} = 1,0...6,5\%$. Відповідно, мінімальні значення кількості вибитих коренеплодів з ґрунту $B_{3k} = 4...34\%$, $B_{3m} = 0,5...3,9\%$ притаманні дообрізнику, у якого ніж виконаний підпружиненим, а копир жорстко встановлено на амортизаторі, виконаного у вигляді пружної пластини.

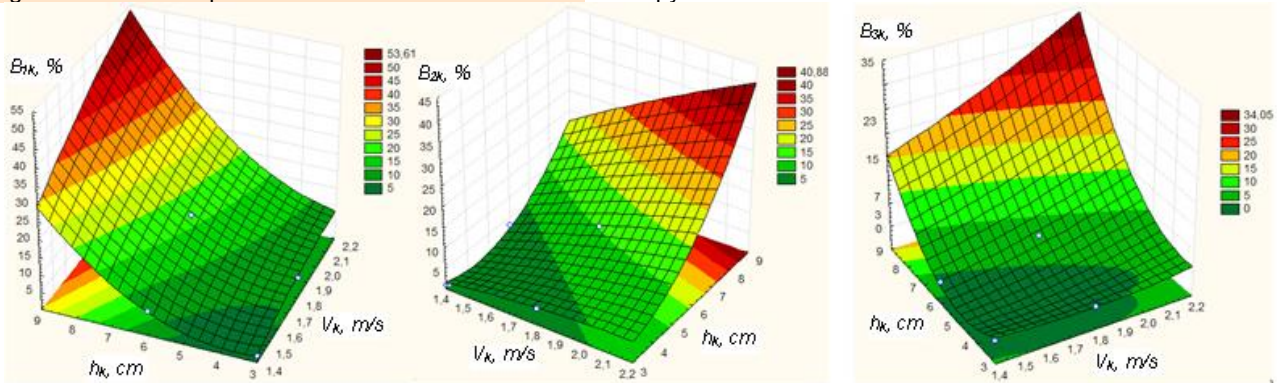


Fig. 2 - The response surface as a functional of $B_{ik} = f(V_k, h_k)$

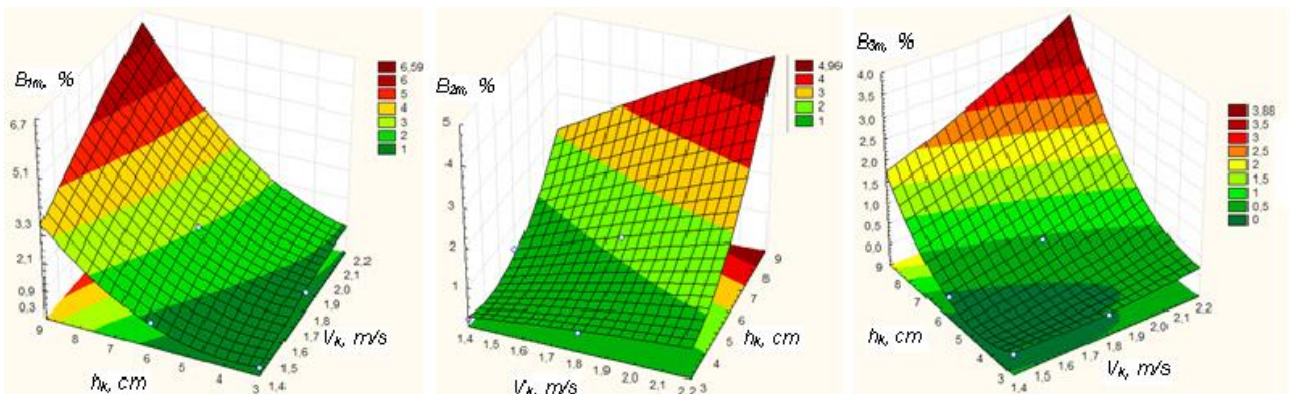


Fig. 3 - The response surface as a functional of $B_{im} = f(V_k, h_k)$

The significant decrease of the number of root crops knocked out from the soil, B_{3k} (B_{3m}) relatively B_{1k} (B_{1m}), it is reached by replacing rigid processes of the haulm cutting at the process of cutting by method of sliding the blade cutting edge of the spring-loaded knife and partial compensation of the horizontal component of knocked out root crops through shock absorber.

The placement height of the root crops heads in relation with the soil level is the dominant factor, which influence the parameter optimization indicators or the number of knocked out roots h_k from the soil (Fig. 4).

Within the limits of increasing of this factors from 3 to 9 cm, the number of root crops knocked out from the soil of the working organs of all types re-cutter are increasing: B_{ik} - on average in 6 times, B_{im} - on average in 4 times

Значне зменшення кількості вибитих коренеплодів з ґрунту B_{3k} (B_{3m}) відносно B_{1k} (B_{1m}) досягається за рахунок заміни жорсткого процесу «зрубання» черешків гички на процес різання методом ковзання леза ріжучої кромки підпружиненого ножа дообрізка та частковою компенсацією амортизатором горизонтальної складової сили вивалювання коренеплодів.

Домінуючим фактором, який впливає на показник параметра оптимізації або кількості вибитих коренеплодів з ґрунту являється висота розташування головок коренеплодів відносно рівня ґрунту h_k (рис. 4).

В межах збільшення даного фактору від 3 до 9 см кількість вибитих коренеплодів з ґрунту робочими органами всіх типів виконання дообрізка збільшуються: B_k – у середньому в 6 раз; B_{im} – у середньому в 4 рази.

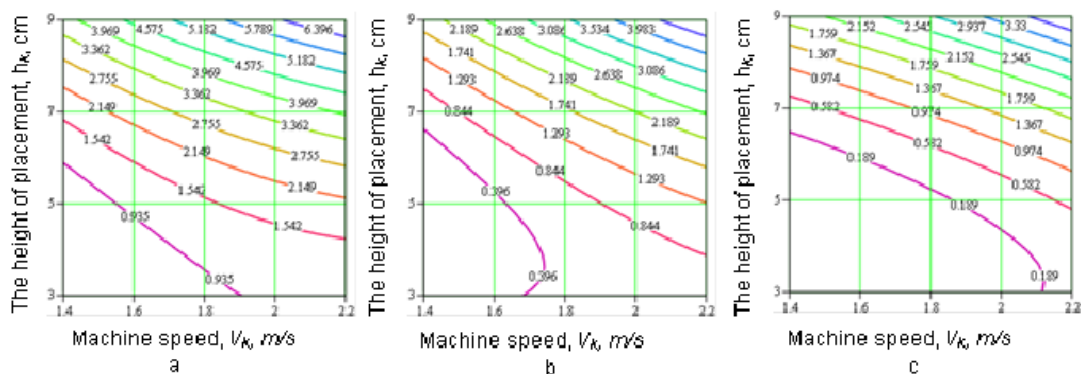


Fig. 4 - The change dependence of the number of knocked out root crops from V_k and h_k :
 $a - B_{1k} = f(V_k, h_k)$; $b - B_{2k} = f(V_k, h_k)$; $c - B_{3k} = f(V_k, h_k)$.

CONCLUSIONS

The empirical mathematical models (1)-(6) by the results of comparable experimental researches were obtained. They describe the number of knocked out root crops by working bodies by three types re-cutter of root crops haulm remnants. The use of mathematical models can empirically determine the number root crops knocked out from the soil within the established limits change of factors.

Thus, the improved design of machine for haulm remnants re-cutter of root crops of fodder beet consists in the re-cutter, which is designed as a passive copier and it is mounted on shock absorbers and with spring-loaded knife. Using this design is allowed to intensify the process of removing haulm remnants, while the number of root crops knocked out from the soil is reduced by about 1.5 ... 2.0 times.

REFERENCES

- [1]. Adamchuk V, Bulgakov V, Ivanyshyn V (2002) - *About the development and creation in Ukraine of modern agricultural machinery*, Scientific works of Vinnytsia National Agricultural University. Series: Engineering, Volume 66, Issue 11, pp. 8-14;
- [2]. Berezovyi M (2007) - *Justification of technological and structural parameters of the working machine for harvesting sugar beet tops*. PhD dissertation, University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kiev, Ukraine;
- [3]. Bulgakov V (2009) - *The theory of beet machines*. Monograph, "CODE" Publishing, Kirovograd – Ukraine;
- [4]. Bulgakov V (2013) - *A mathematical model of contact interaction of a new working body for cleaning sugar beet tops*. MOTROL - Engineering Sciences, vol.15, no.3/2013, ISSN 1730-8658, pp.202-207;
- [5]. *Beet harvester. General specifications*. Ukraine State Standard. GOST 2258-93 93, Kyiv – Ukraine;
- [6]. Helemendik N (1968) - *Research and working process of sugar beet harvesting in Western steppe USSR*. PhD dissertation, University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kiev, Ukraine;
- [7]. Dubrovin V, Golub G, Baranovskiy V, Teslyuk V (2013) - *Identification of the development process adapted machines for harvesting root crops*. MOTROL - Engineering Sciences, vol.15, no.3/2013, ISSN 1730-8658, pg.243-255;
- [8]. Klimchuk M (2002) - *Overview machines for removing tops of the heads of sugar beet roots*, Scientific notes,

ВИСНОВОК

За результатами проведених експериментальних порівняльних досліджень одержано емпіричні математичні моделі (1)-(6), які характеризують кількість вибитих коренеплодів робочими органами трьома типами дообрізників залишків гички. Використання математичних моделей дозволяє на емпіричному рівні визначати кількість вибитих коренеплодів з ґрунту в встановлених межах зміни факторів.

Таким чином, використання удосконаленої конструкції дообрізника залишків гички з головок коренеплодів кормових буряків, який виконаний у вигляді пасивного копіра, встановленого на амортизаторі, а ніж - підпружинений, дозволяє інтенсифікувати процес видалення залишків гички, при цьому кількість вибитих коренеплодів з ґрунту зменшується приблизно в 1,5 ... 2,0 рази.

БІБЛІОГРАФІЯ

- [1]. Адамчук В, Булгаков В, Іванишин В (2002) - *Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного*, Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Том 66, Випуск 11, с.: 8–14;
- [2]. Березовий М (2007) - *Обґрунтування технологічних і конструктивних параметрів робочих органів машини для збирання гички цукрового буряку*. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна;
- [3]. Булгаков В (2009) - *Теория свеклоуборочных машин*. Монография, "КОД" Видавництво, Кіровоград – Україна;
- [4]. Булгаков В (2013) - *Математическая модель контактного взаимодействия нового рабочего органа для уборки ботвы сахарной свеклы*. MOTROL - Engineering Sciences, vol. 15, no.3/2013, ISSN 1730-8658, pg.202-207;
- [5]. *Машины бурякозбиральні. Загальні технічні умови*. Держстандарт України. ДСТУ 2258-93 93, Київ – Україна;
- [6]. Хелемендик Н (1968) - *Исследование технологического процесса и рабочих органов для уборки сахарной свеклы в условиях Западной степи УССР*. Диссертація на соискание ученой степени кандидата технических наук, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина;
- [7]. Дубровин В, Голуб Г, Барановский В, Теслюк В (2013) - *Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины*. MOTROL

Lutsk - Ukraine, Issue 11, pg.182-186;

[9]. Klimchuk M (2003) - *Justification rotor options of machine for cutting haulm*, Herald of the Ternopil State University, Ternopol - Ukraine, vol. 8, pg. 64-68;

[10]. Kravchuk V (2004) - *Modern trends in agricultural machinery [Text]*, "Agricultural Science" Publishing, Kyiv – Ukraine;

[11]. Martynenko V (1997) - *Machines for cleaning haulm*, LLC "Poligrafist", Ternopil – Ukraine;

[12]. Pogoreliy L, Koval S, Shurinov V et al (1999) - *Modular block harvesting and transport of new generation machines*, "Technics of agroindustrial complex" Publishing", Ternopil – Ukraine;

[13]. Onishchenko V, Teslyuk V, Storozhuk I et al (2013) - *Directions improvement process remove residual tops of the heads of roots*, Proceedings of the 35 International Science-Technical Conference XIV "Modern problems of agricultural mechanics" dedicated to the memory of Acad. Vasilenko P, Glevaha - Ukraine, pg.207-213;

[14]. Pogoreliy L, Tatyanko N (2004) - *Beet machines: history, design, theory, forecast*, "Phoenix" Publishing, ISBN 966-651-167-3, Kyiv – Ukraine;

[15]. Pogoriliy L (2003) - *Modern problems of agricultural mechanics and machine in creating a new generation of agricultural machinery*. Mechanization of agricultural production, Kharkiv - Ukraine, Issue 20, pg.10-28;

[16]. Smal M (2012) - *Mathematical model of process of copying root heads copier passive residual re-cutter of haulm*, Scientific works of Vinnytsia National Agricultural University. Series: Engineering, Vinnytsia - Ukraine, Issue 11, Volume 65, p.: 206-212;

[17]. Smal M (2014) - *Rationale parameters re-cutter of tops residues*. Journal "Scientific Review", Issue 2 (3), Vol.1, ISSN 2312-4466, pg. 163-172;

[18]. Herasymchuk O (2014) - *Structural and technological analysis cutter heads sugar beet roots*, INNOVATION TECHNOLOGIYLAR. Qarshi muchandislik-igtisodivot instituti, Qarshi – Uzbekistan, Issue 2 (14), pg. 29–36;

[19]. Smal M (2014) - *Experimental studies harvesting root crops tops*, Scientific bulletin of National Agricultural University of Ukraine - Agricultural Engineering, vol.196, pg. 323-330;

[20]. Smal M (2014) - *Study of rotary cutter of haulm*, Fundamental and Applied Studies in EU and CIS Countries: The 1st International Academic Conference, Oxford - United Kingdom, Vol. 1 "Oxford IADCES Press" (Proceedings of the Conference are located in the databases Scopus),pg.14-21.

- Инженерные науки, Т. 15, № 3/2013, ISSN: 1730-8658, с. 243-255;

[8]. Клімук М (2002) - *Огляд машин для видалення гички з головок коренеплодів цукрових буряків*, Наукові нотатки, Луцьк - Україна, Вип. 11, с. 182–186;

[9]. Клімук М (2003) - *Обґрунтування параметрів роторного гичкозрізувального апарату*. Вісник Тернопільського державного університету, Тернопіль - Україна, Т.8, с. 64–68;

[10]. Кравчук В (2004) - *Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки [текст]*, видавництво "Аграрна наука", Київ – Україна;

[11]. Мартиненко В.Я. 1997: *Гичкозбиральні машини*, ТОВ "Поліграфіст", Тернопіль – Україна

[12]. Погорельий Л, Коваль С, Шуринов В [и др.] (1999) - *Модульно-блочные уборочно-транспортные машины нового поколения*, видавництво "Техніка АПК", Тернопіль – Україна;

[13]. Онищенко В, Теслюк В, Сторожук І (2013) - *Напрямки вдосконалення технологічного процесу видалення залишків гички з головок коренеплодів*, Праці 35 Міжнародної науково-технічної конференції XIV "Сучасні проблеми сільськогосподарської механіки", присвячена пам'яті акад. Василенка П, Главаха - Україна, с. 207-213;

[14]. Погорельий Л, Татьяна Н (2004) - *Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз*, издательство "Феникс", ISBN 966-651-167-3, Киев – Украина;

[15]. Погорілий Л (2003) - *Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління*, Механізація сільськогосподарського виробництва, Харків - Україна, вип. 20, с. 10–28;

[16]. Смаль М (2012) - *Математичні моделі процесу копіювання головок коренеплодів копіром пасивного дообрізка залишків гички*, Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вип. 11. – Т. 1 (65). – 206–212;

[17]. Смаль М (2014) - *Обґрунтування параметрів дообрізка залишків гички*. Журнал «Науковий огляд», Випуск 2 (3), Т.1, с. 163–172;

[18]. Смаль М, Герасимчук О (2014) - *Конструктивно-технологічний аналіз обрізувачів головок коренеплодів цукрових буряків*, INNOVATION TECHNOLOGIYLAR. Qarshi muchandislik-igtisodivot instituti, Uzbekistan, Issue 2 (14), pg. 29–36;

[19]. Смаль М (2014) - *Експериментальні дослідження збирання гички коренеплодів*, Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України - Сільськогосподарське машинобудування, вип.196, стор. 323-330;

[20]. Смаль М (2014) *Дослідження роботи роторного гичкоріза*, 1-а Міжнародна наукова конференція, Оксфорд - Великобританія, вип. 1,с.14-21.