

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ ПІДРОЗДІЛ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
«БЕРЕЖАНСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ПОТАПЕНКО МИКОЛА ВАЛЕНТИНОВИЧ

УДК 631.356.26

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ
ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ**

05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»
(технічні науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук

Дисертація містить результати власних досліджень
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело М.В. Потапенко

Науковий керівник
Барановський Віктор Миколайович,
доктор технічних наук, професор

Бережани – 2018

АНОТАЦІЯ

Потапенко М.В. Обґрунтування параметрів очисної системи вороху коренеплодів цикорію. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», Бережани, 2018.

У дисертації на підставі сукупності узагальнених наукових результатів вирішено актуальне завдання підвищення показників якості збирання коренеплодів цикорію кореневого шляхом обґрунтування параметрів очисної системи.

Очисна системи складається з встановлених один за одним і послідовно виконанню технологічного процесу переміщення та очищення вороху коренеплодів цикорію транспортних елементів: завантажувального транспортера, очисної гірки та комбінованого очисника. Комбінований очисник виконано у вигляді правої та лівої системи шнеків круглого перерізу, які утворюють жолоб робочого русла. Над жолобом робочого русла встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, в порожнині якого розміщено приводний вал з пружними очисними елементами. Приводи гвинта і очисного вала виконано незалежними один від одного.

Підвищення показників якості очищення коренеплодів досягнуто за рахунок інтенсифікації динамічної дії на компоненти вороху пружних очисних елементів очисної системи з її обґрунтованими параметрами.

На основі проведених аналітичних досліджень розроблено математичну модель, яка описує функціональну залежність зміни інтенсифікації відокремлення домішок від коренеплодів цикорію залежно від параметрів робочих органів очисної системи та процесу переміщення вороху коренеплодів по них; отримано теоретичну залежність функціональної зміни продуктивності роботи завантажувального транспортера від його основних параметрів; отримано

диференційні рівняння руху та дальності польоту компонента вороху коренеплодів цикорію із завантажувального транспортера на очисну гірку.

За результатами експериментальних досліджень отримано рівняння регресії, які характеризують: зміну продуктивності роботи та коефіцієнта відокремлення домішок завантажувального транспортера від кута нахилу та частоти обертання приводного вала транспортера; зміну продуктивності роботи комбінованого очисника від частоти обертання приводного гвинта та шнека; коефіцієнта відокремлення домішок і пошкодження коренеплодів робочими органами комбінованого очисника від частоти обертання приводного гвинта, очисних пружних елементів і шнека.

Встановлено, що розроблена очисна система забезпечує зниження загальної кількості домішок вороху коренеплодів цикорію в 1,8 раза, в тому числі налиплого ґрунту в 1,6 раза, рослинних домішок у 1,5 рази порівняно з базовою машиною.

За результатами теоретичних і експериментальних досліджень рекомендовано такі основні раціональні параметри робочих органів очисної системи: кут нахилу завантажувального транспортера до горизонту 15...20 град.; швидкість руху робочої гілки завантажувального транспортера 1,7 м/с; частота обертання приводного гвинта 110 об/хв; частота обертання шнека 140 об/хв; частота обертання пружних очисних елементів 500...550 об/хв.

Конструктивна новизна технічного рішення захищена 3 патентами на корисну модель України. Результати досліджень використовують проектно-конструкторські організації в процесі удосконалення існуючих і розроблення нових коренезбиральних машин.

Ключові слова: коренеплоди, очисна система, завантажувальний транспортер, приводний гвинт, приводний вал, шнек, продуктивність роботи, подача вороху, коефіцієнт заповнення, швидкість руху, дальність польоту, частота обертання транспортера, коефіцієнт відокремлення домішок, пошкодження коренеплодів, діаметр шнека, частота обертання шнека.

ANNOTATION

Potapenko M.V. Justification of parameters of the chicory root crop cleaning system. – Manuscript copyright.

Dissertation for degree of Ph.D. in Technology by specialty 05.05.11 – Machines and Ways of Mechanization in the Agricultural Industry. – Separate subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine “Berezhany Agrotechnical Institute”, Berezhany, 2018.

In this dissertation the actual problem of increase in quality parameters of chicory root crop gathering have been solved by justifying cleaning system parameters based on a complex of generalized scientific results.

The purification system consists of transport elements installed in sequence and underwent to the technological process of moving and cleaning chicory root crops: loading conveyor, cleaning separator and combined cleaner.

The combined cleaner is made as a right and left system of round-intersected screw conveyors which build up a trough of the working bed. The drive screw as a hollow screw cylinder in which void the power shaft with cleaning spring elements is placed is installed above the trough of the working bed. Screw and cleaning shaft drives have been made independent of one another.

The increase in quality parameters of root crop cleaning has been achieved by intensifying dynamic influence on crop compounds of spring cleaning elements of the cleaning system with its justification parameters.

Based on undertaken analytical studies the math model has been developed describing the functional dependence of change in intensification of separate impurities on chicory roots according to parameters of the working bodies of the cleaning system and movement of root crops through them; the theoretical dependence of functional change in operational efficiency of loading conveyor on its main parameters has been received; differential equations of movement and flight range of the chicory root crops compound from the loading conveyor to the cleaning separator have been obtained.

According to the results of experimental studies regression equations have been obtained which characterize: change in operational efficiency and separation factor of impurities of the loading conveyor, inclination and rotational speed of the conveyor power shaft; change in operational efficiency of combined cleaner with the rotational speed of the drive screw and screw conveyor; separation factor of impurities and loss factor of root crops due to the working bodies of the combined cleaner from the rotational speed of the drive screw, cleaning spring elements and screw conveyor.

It has been established that the developed cleaning system allows the total amount of impurities of chicory root crops to be reduced by 1,8 times, including adhered soil by 1,6 times, plant impurities by 1,5 times compared with the basic machine.

According to the results of theoretical and experimental studies the main rational parameters of the working bodies of the cleaning system are recommended: inclination of the loading conveyor to horizon 15...20 degrees; rotational speed of the working branch of the loading conveyor 1,7 m/h; rotational speed of the drive screw 110 rpm; rotational speed of the screw conveyor 140 rpm; rotational speed of spring cleaning elements 500...550 rpm.

The constructive novelty of the engineering solution has been protected by 3 utility model patent in Ukraine. Design and engineering organizations use study results when improving existing and developing new root-gathering machines.

Key words: root crops, cleaning system, loading conveyor, drive screw, power shaft, screw conveyor, operational efficiency, root crops feed, duty factor, rotational speed, flight range, rotational speed of the conveyor, separation factor, loss factor, diameter of the screw conveyor, rotational speed of the screw conveyor.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія:

1. Герасимчук Г. А., Барановський В. М., Виговський А. Ю., **Потапенко М. В.**, Скальський О. Ю. Основи розробки робочих органів комбінованих систем коренезбиральних машин: [монографія]. К., 2016. 286 с. *(Здобувачем проведено аналіз секундних подач складових компонентів домішок вороху коренеплодів).*

Статті у фахових виданнях України:

2. Baranovsky V. M., Pankiv M. R., **Potapenko M. V.** Mathematical model of functioning of the conveying and cleaning system. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 262. С. 314–322. *(Здобувачем розроблено математичну модель процесу переміщення та відокремлення компонента домішок вороху коренеплодів по робочих органах очисної системи).*

3. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Результати експериментальних досліджень продуктивності роботи комбінованого очисника: [електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 2 (66). Режим доступу до статті: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8491/7941> *(Здобувачем розроблено емпіричну модель продуктивності роботи комбінованого очисника очисної системи).*

4. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Математична модель продуктивності завантажувального транспортера транспортно-очисної системи Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №. 3 (98). С. 151–157. *(Здобувачем розроблено математичну модель продуктивності роботи завантажувального транспортера очисної системи).*

Статті в збірниках праць наукових конференцій:

5. Потапенко М. В. Продуктивність завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. Аграрна наука та освіта Поділля: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції, м. Кам'янець-

Подільський, 14-16 березня 2017 року. Тернопіль, 2017. Ч. 2. С. 58–61.

6. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Результати польових порівняльних досліджень транспортно-очисної системи. Аграрна наука та освіта Поділля: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції, м. Кам'янець-Подільський, 14-16 березня 2017 року. Тернопіль, 2017. Ч. 2. С. 14–17. *(Здобувачем проведено аналіз показників якості роботи удосконаленої та базової машини).*

Статті у рецензованих закордонних виданнях:

7. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Вдосконалення очисних систем вороху коренеплодів. Scientific journal. Innovative solutions in modern science. 2016. № 1 (1). С. 138–146. *(Здобувачем проведено аналіз технологічних процесів і робочих органів очисників вороху коренеплодів; запропоновано удосконалений комбінований очисник очисної системи).*

8. Baranovsky V. M., **Potapenko M. V.** Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. INMATEH. Agricultural engineering. 2017. Vol. 51. No 1/2017. P. 29–38. *(Здобувачем отримано аналітичні залежності, які характеризують подачу вороху коренеплодів до завантажувального транспортера).*

Стаття у закордонному виданні:

9. Скальський А. Ю., **Потапенко Н. В.**, Барановский В. Н. Агробиологические и физико-механические характеристики цикория корневого. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. 2016. Вып. 50. Т. 1. С. 158–162. *(Здобувачем проведено аналіз фізико-механічних властивостей коренеплодів цикорію).*

Тези наукових доповідей:

10. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Комбінований очисник коренеплодів цикорію. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: X Міжнародна науково-практична конференція, м. Кіровоград, 5-6 листопада 2015 року: тези доповіді. Кіровоград, 2015. С. 11–

13. *(Здобувачем запропоновано удосконалену схему комбінованої очисної системи).*

11. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Аналіз процесів очищення вороху коренеплодів. Актуальні задачі сучасних технологій: IV Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, м. Тернопіль, 25-26 листопада 2015 року: тези доповіді. Тернопіль, 2015. Т. 1. С. 211–213. *(Здобувачем проведено аналіз способів і операцій очищення вороху коренеплодів від домішок).*

12. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Експериментальне дослідження коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 26-27 травня 2016 року: тези доповіді. Бережани, 2016. С. 35–37. *(Здобувачем отримано рівняння регресії коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера).*

13. Потапенко В. М. Технологічний аналіз переміщення вороху коренеплодів по робочих органах транспортно-очисної системи. Актуальні задачі сучасних технологій: V Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, м. Тернопіль, 17-18 листопада 2016 року: тези доповіді. Тернопіль, 2016. С. 309.

14. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Експериментальне дослідження продуктивності завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. IV Міжнародна науково-технічна конференція «Крамаровські читання» з нагоди 110-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, член-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987), м. Київ, 16-17 лютого 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 39–42. *(Здобувачем отримано рівняння регресії продуктивності завантажувального транспортера).*

15. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Експериментальні дослідження коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера очисної системи. Обладнання і технології сучасного машинобудування:

Всеукраїнська науково-практична конференція присвячена пам'яті заслуженому винахіднику України, академіку АН вищої школи України, доктора технічних наук, професора Нагорняка Степана Григоровича, м. Тернопіль, 11-12 травня 2017 року: тези доповіді. Тернопіль, 2017. С. 141–142. *(Здобувачем отримано рівняння регресії коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера).*

16. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Методика проведення експериментальних досліджень транспортно-очисної системи. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 18-19 травня 2017 року: тези доповіді. Бережани, 2017. С. 54–58. *(Здобувачем розроблено методику проведення експериментальних досліджень і проведено аналіз функціональної зміни коефіцієнта сепарації завантажувального транспортера).*

17. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Коефіцієнт сепарації вільних домішок завантажувального транспортера. XX наукова конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 17-18 травня 2017 року: тези доповіді. Тернопіль, 2017. С. 44–45. *(Здобувачем розроблено методику проведення експериментальних досліджень і проведено аналіз функціональної зміни коефіцієнта сепарації завантажувального транспортера від його параметрів).*

18. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Математична модель процесу переміщення компонента вороху коренеплодів із завантажувального транспортера на очисну гірку. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 18-19 травня 2017 року: тези доповіді. Бережани, 2017. С. 65–70. *(Здобувачем розроблено математичну модель, яка характеризує дальність польоту компонента вороху коренеплодів цикорію із завантажувального транспортера на очисну гірку).*

Патенти України на корисні моделі:

19. Барановський В. М., **Потапенко М. В.**, Паньків М. Р., Дубчак Н. А., Паньків В.Р. Патент на корисну модель № 108264 Україна, МПК А01D 33/08.

Очисник вороху коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201600388; заявлено 18.01.2016; опубліковано 11.07.2016, Бюл. № 13. *(Здобувачем запропоновано шнек у вигляді пустотілого гвинтового циліндра).*

20. Барановський В. М., **Потапенко М. В.**, Паньків М. Р., Герасимчук Г. А. Патент на корисну модель № 119844 Україна, МПК А01D 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201704015; заявлено 24.04.2017; опубліковано 10.10.2017, Бюл. № 19. *(Здобувачем запропоновано форму спіральних витків правої та лівої системи шнеків).*

21. Барановський В. М., **Потапенко М. В.**, Паньків М. Р., Герасимчук Г. А. Патент на корисну модель № 120853 Україна, МПК А01D 33/08. Транспортно-очисна система вороху коренеплодів. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201704002; заявлено 24.04.2017; опубліковано 27.11.2017, Бюл. № 22. *(Здобувачем запропоновано конструктивно-технологічну схему комбінованого очисника).*

ЗМІСТ

ВСТУП	13
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ РОБОЧИХ	
ОРГАНІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ВІД ДОМІШОК	
1.1 Технологічні аспекти відокремлення домішок від коренеплодів цикорію кореневого	19
1.2 Аналіз конструкцій очисників вороху коренеплодів	30
1.3 Обґрунтування вибору робочого органу для проведення дослідження	44
1.4 Мета та завдання дослідження	57
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО	
ПРОЦЕСУ РОБОТИ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ	
2.1 Технологічний аналіз відокремлення домішок від коренеплодів на робочих органах очисної системи	59
2.2 Обґрунтування продуктивності завантажувального транспортера	65
2.3 Аналіз переміщення компонента вороху по завантажувальному транспортері	78
2.4 Висновки до розділу.....	94
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1 Програма, об'єкт і предмет дослідження очисної системи вороху коренеплодів цикорію.....	96
3.2 Методика проведення експериментальних досліджень продуктивності роботи та коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера	104
3.3 Методика проведення експериментальних досліджень продуктивності роботи, коефіцієнта відокремлення домішок і пошкодження коренеплодів комбінованого очисника	116
3.4 Методика проведення польових порівняльних досліджень	

	12
очисної системи	120
3.5 Висновки до розділу	122
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ	123
4.1 Експериментальні дослідження продуктивності роботи та коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера	123
4.2 Експериментальні дослідження продуктивності роботи, коефіцієнта відокремлення домішок і пошкодження коренеплодів комбінованого очисника	143
4.3 Результати польових порівняльних досліджень очисної системи	160
4.4 Висновки до розділу	164
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ	166
5.1 Етапи вдосконалення та методика розрахунку основних параметрів очисних систем	166
5.2 Розрахунок показників економічної ефективності використання очисної системи	169
5.3 Висновки до розділу.....	177
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	178
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	180
ДОДАТКИ	198

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Виробництво продукції переробки цикорію кореневого було традиційною та провідною галуззю агропромислового комплексу України. Коренеплоди цикорію використовують у фармацевтичній, кавовій, спиртовій та кондитерських галузях промисловості, а продукція їх переробки користується попитом і експортується за кордон [1].

Основними причинами зниження виробництва цикорію є недосконалість техніки для збирання та невідповідність показників якості роботи встановленим вимогам. Від застосованих компоновальних схем очисних систем і їх параметрів робочих органів залежить якість очищення коренеплодів від домішок, їх пошкодження та втрати [2].

Своєчасне збирання коренеплодів цикорію в оптимальні агротехнічні строки за мінімальних втрат і забрудненості коренеплодів – одна з важливих наукових задач удосконалення коренезбиральної техніки.

Підвищення ефективності збирання коренеплодів і, як наслідок, підвищення якості продукції їх переробки вимагає принципово нових підходів до розробки та впровадження прогресивних технологій збирання.

Одним із резервів підвищення якості очищення коренеплодів цикорію є інтенсифікація технологічного процесу відокремлення компонентів домішок від коренеплодів шляхом застосування удосконалених очисних систем, які реалізують додатковий динамічний ефект одночасної взаємодії очисних пружних елементів із компонентами домішок і тіла коренеплодів [3].

У зв'язку з цим, удосконалення робочих органів для відокремлення домішок від коренеплодів і дослідження впливу їх конструктивно-кінематичних параметрів для підвищення показників якості роботи є важливим і актуальним народногосподарським завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Удосконалення конструкції очисної системи та обґрунтування параметрів робочих органів було проведено відповідно до наукової тематики відокремленого

підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут» на тему «Вивчення сучасних енергозберігаючих технологій в сільськогосподарському виробництві та машинобудуванні» (номер державної реєстрації 0115U003380). Виконана робота є складовою частиною вирішення наукового завдання з розроблення та впровадження машин для збирання коренеплодів цикорію в рамках комплексної державної науково-технічної програми “Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі”, затвердженої Міністерством освіти і науки України.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – підвищення ефективності відокремлення домішок від коренеплодів цикорію шляхом удосконалення конструкції та вибору раціональних параметрів очисної системи коренезбиральних машин.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- на основі проведеного аналізу технологічних процесів відокремлення домішок від коренеплодів удосконалити конструктивно-технологічну схему очисної системи коренезбиральних машин;

- розробити математичну модель, яка характеризує функціональну залежність зміни інтенсивності відокремлення домішок від коренеплодів залежно від параметрів робочих органів очисної системи та процесу переміщення вороху коренеплодів по них;

- на основі уточнення коефіцієнта заповнення простору робочої гілки завантажувального транспортера розробити теоретичну залежність, яка описує зміну продуктивності його роботи від основних параметрів;

- розробити математичну модель процесу переміщення компонента вороху коренеплодів із завантажувального транспортера на очисну гірку;

- розробити емпіричні моделі, які описують: продуктивність роботи і коефіцієнт відокремлення домішок завантажувального транспортера та комбінованого очисника; пошкодження коренеплодів робочими органами комбінованого очисника;

- провести польові порівняльні дослідження показників якості роботи удосконаленої та базової коренезбиральної машини та оцінити економічну ефективність її застосування.

Об'єкт дослідження – технологічний процес відокремлення домішок від коренеплодів цикорію і його зв'язок з конструктивно-кінематичними параметрами очисної системи.

Предмет дослідження – закономірності впливу конструктивно-кінематичних параметрів на показники ефективності роботи очисної системи.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин. Експериментальні дослідження очисної системи проводилися в лабораторних і польових умовах з використанням методики планування багатофакторних експериментів. Розрахунки теоретичного аналізу та опрацювання експериментальних даних проводилися з використанням програмних продуктів для ПЕОМ.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

- розроблено математичну модель, яка описує функціональну залежність інтенсифікації відокремлення домішок від коренеплодів цикорію залежно від параметрів робочих органів очисної системи та процесу переміщення вороху коренеплодів по них;

- розроблено рівняння регресії, які характеризують: зміну продуктивності роботи та коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера від кута нахилу та частоти обертання приводного вала транспортера; зміну продуктивності роботи комбінованого очисника від частоти обертання приводного гвинта та шнека; коефіцієнта відокремлення домішок і пошкодження коренеплодів робочими органами комбінованого очисника від частоти обертання приводного гвинта, очисних пружних елементів і шнека;

- уточнено теоретичну залежність функціональної зміни продуктивності

роботи завантажувального транспортера від його основних параметрів з урахуванням уточненого коефіцієнта заповнення простору робочої гілки;

Дістали подальший розвиток:

- диференційні рівняння руху та дальності польоту компонента вороху коренеплодів цикорію із завантажувального транспортера на очисну гілку.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено конструкцію очисної системи і визначено її основні раціональні конструктивно-кінематичні параметри. Запропоновано рекомендації щодо вибору раціональних параметрів очисної системи та її застосування. Результати агротехнічної оцінки модернізованої та базової коренезбиральної машини підтвердили ефективність роботи удосконаленої очисної системи у виробничих умовах. Технічна новизна розробок підтверджена трьома патентами на корисну модель України. Отримані результати досліджень використовуються у навчальному процесі ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» під час викладання дисципліни “Сільськогосподарські машини” та прийняті ПАТ «БОРЕКС» (м. Бородянка, Київської обл.) для розроблення та вдосконалення існуючих коренезбиральних машин.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні та експериментальні дослідження за темою дисертації здобувачем отримано особисто, постановка завдання, аналіз і трактування одержаних результатів виконано спільно з науковим керівником.

Результати роботи викладено одноосібно автором у 2 друкованих працях [107, 123]. У публікаціях, що виконані у співавторстві, дисертантові належить наступне: проведено аналіз фізико-механічних властивостей коренеплодів цикорію [21]; проведено аналіз способів і операцій очищення вороху коренеплодів від домішок [9]; проведено аналіз технологічних процесів і робочих органів очисників вороху коренеплодів; запропоновано удосконалений комбінований очисник очисної системи [39, 103-105, 158]; розроблено математичну модель процесу переміщення та відокремлення компонента

домішок вороху коренеплодів по робочих органах очисної системи [108]; розроблено математичну модель продуктивності роботи завантажувального транспортера очисної системи [122]; проведено аналіз секундних подач складових компонентів домішок вороху коренеплодів [31]; отримано аналітичні залежності, які характеризують подачу вороху коренеплодів до завантажувального транспортера [76]; розроблено математичну модель, яка характеризує дальність польоту компонента вороху коренеплодів цикорію із завантажувального транспортера на очисну гірку [131]; розроблено методику проведення експериментальних досліджень очисної системи [149, 155]; отримано рівняння регресії продуктивності завантажувального транспортера [133]; отримано рівняння регресії коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера [134, 154, 155]; розроблено емпіричну модель продуктивності роботи комбінованого очисника очисної системи [156]; проведено аналіз показників якості роботи удосконаленої та базової машини [157].

У наукових публікаціях за темою дисертації, що написані у співавторстві, особистий внесок здобувача становить від 60 до 70 %.

Апробація роботи. Основні положення і результати досліджень доповідалися та отримали позитивну оцінку на: X Міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (м. Кіровоград, КНТУ, 2015 р.); IV, V Міжн. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015 р., 2016 р.); Міжн. наук.-техн. конф. «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии» (г. Минск, РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016 г.); V Міжн. наук.-техн. конф. «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави» (м. Вінниця, ВНАУ, 2016 р.); I, II Міжн. наук.-практ. конф. «Актуальні питання енергетики та біотехнологій» (Бережани, ВП НУБіП України БАТІ, 2016 р., 2017 р.); IV Міжн. наук.-техн. конф. з нагоди 110 річниці від дня народження д.т.н.,

проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (м. Київ, НУБіП України, 2017 р.); Всеукраїнській наук.-практ. конф. «Обладнання та технології сучасного машинобудування», присвяченій пам'яті заслуженого винахідника України, академіка АН вищої школи України, доктора технічних наук, професора Нагорняка Степана Григоровича (м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017 р.); Міжн. наук.-практ. конф. «Аграрна наука та освіта» (м. Кам'янець-Подільський, ПДАТУ, 2017 р.); XX наук. конф. Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017 р.).

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертації опубліковано в 21 науковій праці, із них – 1 монографія, 3 статті в фахових виданнях України, 2 статті в рецензованих зарубіжних виданнях (1 стаття в науко-метричній базі Scopus), 3 патенти на корисну модель України та 9 тез наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури зі 164 найменувань та 42 додатків. Основна частина виконана на 166 сторінках, містить 54 рисунки та 7 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 260 сторінок.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ВІД ДОМІШОК

1.1 Технологічні аспекти відокремлення домішок від коренеплодів цикорію кореневого

Коренеплоди цикорію використовують у фармацевтичній, кавовій, спиртовій та кондитерській галузях. Продукція двох переробних заводів України, які завантажені на 15...25 % виробничої потужності, експортується у Францію, Бельгію, Угорщину, РФ, Республіку Білорусь, США [4].

Цінність цикорію визначається вмістом у коренеплодах різних видів цукринів – інуліну, фруктози, глюкозиду інтибіну, різних видів корисних для організму та рідкісних у натуральних продуктах кислот, вітамінів, а також мікроелементів із включенням заліза, міді, цинку, хрому. Світова площа посіву коренеплодів цикорію кореневого становить близько 0,1...0,15 млн. га [5].

Крім того, гичка коренеплодів є одним із джерел повернення поживних речовин після її розкидання на зібране поле та заробки в ґрунт, а коренеплоди – це екологічно чисті продуктивні відновлювальні джерела енергії у вигляді твердої біомаси для виробництва біоетанолу. Сучасні сорти та гібриди мають високий потенціал урожайності, дають великий вихід чистої енергії та біогазу з коренеплодів із 1 га [6]. Після переробки цикорію створюються високо насичені носії енергії у формі цукринів, біоетанолу або біогазу, рис. 1.1.

Відокремлення домішок від коренеплодів у загальному контексті технологічного процесу роботи коренезбиральних машин є однією із важливих і складних технологічних операцій. Для очищення вороху коренеплодів цикорію (ВКЦ) від домішок, які надходять із копачів у доволі значній кількості (3...6 кг/п.м або до 5...10 т із 1 га ґрунтових і рослинних домішок [7, 8], які знаходяться у різних станах), застосовують різнопланові технології і різні типи та конструкції очисників, які функціонально відрізняються один від одного.

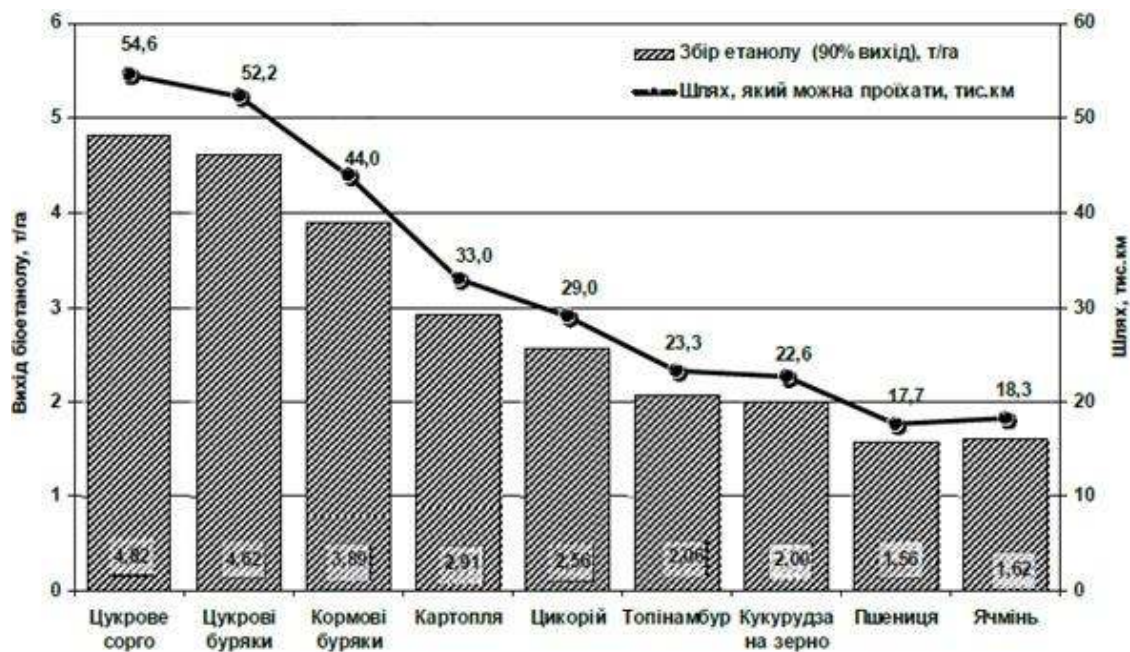


Рисунок 1.1 – Потенційно можливий вихід біоетанолу з 1 га посівів різних сільськогосподарських культур

Головні принципи еволюції технічних засобів, які призначені для збирання коренеплодів цикорію кореневого, тісно пов'язані з основними загальними аспектами розвитку технологій та способів їх збирання, а також із удосконаленням основних технологічних операцій безпосереднього збирання коренеплодів (рис. 1.2), особливо таких, як збирання основного масиву гички та дообрізування її залишків на головках коренеплодів цикорію, їх викопування, формування валка викопаних коренеплодів, очищення викопаного ВКЦ від компонентів домішок, завантаження очищених коренеплодів у транспортний засіб, або бункер коренезбиральної машини, формування великих польових кагатів коренеплодів висотою до 3-х метрів із наступним їх підбиранням та завантаженням у транспортний засіб [9].

Основою для подальшого формування наукового світогляду розробників машин для збирання коренеплодів, тобто подальшого розвитку загальної концепції раціональних обрисів сучасних машин, є аналіз світового досвіду поетапного удосконалення процесу збирання коренеплодів, компоновання та функціонування основних робочих органів транспортно-технологічних систем для викопування, очищення та завантаження коренеплодів.



Рисунок 1.2 – Структурна схема операцій збирання коренеплодів

Викопаний копачами коренезбиральної машини ВКЦ є багатокомпонентним і різноструктурованим технологічним середовищем або об'єктом обробки. За даними досліджень [10-11], залежно від умов роботи машин для збирання коренеплодів, середнє відсоткове кількісне значення коренеплодів і загальних домішок у викопаному копачами воросі коливається в доволі значному діапазоні: коренеплодів – 50...70 %; загальних домішок – від 30 до 50 %.

Домішки, які є ґрунтового та рослинного походження, у викопаному копачами воросі знаходяться відносно коренеплодів у вільному та «зв'язаному» станах: вільні ґрунтові (сипучий ґрунт, грудки ґрунту різного діаметра – від 20 до 100 мм [12] і різної вологості – від 13 до 28 % [13] та рослинні (втрачена гичка, бур'яни) домішки; «зв'язані» ґрунтові (налиплий ґрунт на поверхні тіла коренеплодів) та рослинні (залишки гички на головках коренеплодів) домішки.

Тому для відокремлення домішок, які знаходяться відносно коренеплодів у різних станах, необхідно застосовувати різні види механічної взаємодії різних форм робочих поверхонь очисників із компонентами домішок, які також різні за своїми властивостями для досягнення максимального зниження їх кількості (не більше 8...10 %), мінімальних пошкоджень (до 10...15 %) та втрат (до 2,0

%) коренеплодів [14]. У цьому аспекті кількість домішок у коренеплодах цикорію характеризує якість його сировини, а кількість пошкоджень і втрат коренеплодів – масову кількість сировини для переробки, що в обох випадках знижує показники якості та кількість продукції її переробки [15].

Основні технологічні операції та методи очищення ВКЦ показано на структурній схемі, яку наведено на рис. 1.3 [9].



Рисунок 1.3 – Структурна схема основних операцій і методів очищення ВКЦ

До основних операцій очищення ВКЦ, які виконують очисні системи коренезбиральних машин, належить:

- руйнування домішок (грудок ґрунту й рослинних решток) методами удару, стиснення, відривання;
- сепарація вільних домішок (сипучого ґрунту, дрібних грудок ґрунту та рослинних решток) методами просіювання, скочування та обертання домішок;
- відокремлення зв'язаних домішок (налиплого ґрунту та залишків гички на коренеплодах) методами зскрібання, зчісування, відминання.

Як правило, усі очисники вороху є просіваючо-фрикційного типу, тобто очищення коренеплодів відбуваються за принципом розділення розмірних характеристик компонентів вороху та їх фрикційних властивостей і забезпечують функції транспортування вороху з одночасним просіюванням складових компонентів домішок відповідних розмірів через зазори сепарувальних робочих органів.

Ефективність функціонування очисників вороху коренеплодів і показників якості роботи їх робочих органів, які призначені для очищення коренеплодів від домішок, залежить від багатьох суб'єктивних і об'єктивних факторів або умов роботи, пріоритетними з яких є:

- конструктивно-компонувальні особливості очисних робочих органів і, відповідно, функціонально-технологічні процеси, які вони реалізують;
- фізико-механічні властивості ґрунтового середовища, де знаходяться коренеплоди цикорію кореневого;
- агробіологічні та фізико-механічні характеристики коренеплодів цикорію на період їх збирання.

У цьому аспекті агробіологічні та фізико-механічні характеристики коренеплодів цикорію на період їх збирання є основними та домінуючими впливами, які вносять суттєві корективи на остаточні показники якості роботи очисників вороху коренеплодів за головною причиною – неможливістю оптимізувати їх характеристики в складі викопуючого вороху, які б були раціональними та які б регламентували оптимальне (необхідне) протікання технологічного процесу, або операцій відокремлення домішок від коренеплодів.

Рядом авторів [16-20] для розгляду та аналізу теоретичних аспектів, що функціонально описують технологічний процес роботи очисних робочих органів коренезбиральних машин, запропоновано математичні моделі, які розроблено на основі математичного моделювання поняття «вхід-вихід» динамічної системи, при цьому обробку вхідного потоку технологічної маси на робочі органи очисників можна описати на основі диференційних рівнянь матеріального балансу.

Дослідник Погорілий Л.В. [16] установив, що вхідна кількість вороху $g_o(+)$ лінійно залежить від швидкості руху й ширини захвату коренезбиральної машини, а вихідна кількість вороху $g_o(-)$ для кожного j -го очисника в середньому задовольняє умови матеріального балансу з врахуванням відокремлення маси домішок g_{om}^j , а сумарна ступінь сепарації $\hat{\varepsilon}$ вороху коренеплодів описується загальним універсальним виразом залежно від довжини L , або розмірів очисника:

$$\bar{g}_o^j(t) = \bar{g}_m(t) - \bar{g}_{om}^j(t); \quad \hat{\varepsilon} = \bar{g}_m / \bar{g}_o = 1 - \sum \varepsilon_i = \frac{n}{j=1} - Ae^{kL}, \quad (1.1)$$

де A , k – дослідні коефіцієнти, які залежать від фізичного стану ґрунту і рослинних домішок, урожайності коренеплодів тощо.

Технологічний процес відокремлення домішок від коренеплодів окремої системи, згідно з положеннями Татьянка М. В. [17], у загальному вигляді описується лінеаризованим диференціальним рівнянням:

$$a_0^{(i)} \frac{d[\Delta q_i(t)]}{dt} = b_0^{(i)} m_{ex.i}(t - \tau_i) - c_0^{(i)} m_{vux.i}(t), \quad (1.2)$$

де a_0^i , b_0^i , c_0^i – змінні коефіцієнти в функції параметрів робочих органів системи, фізико-механічних властивостей ґрунту, урожайності коренеплодів, які визначаються експериментальним шляхом;

$\Delta q_i(t)$ – відокремлена кількість потоку матеріалу від вхідного потоку робочими органами;

τ_i – час запізнення руху потоку;

$m_{ex.i}(t - \tau_i)$, $m_{vux.i}(t)$ – вхідна та вихідна кількість потоку.

На основі цього науковцем Барановським В.М. [18] було одержано загальне диференціальне рівняння матеріального балансу зміни вхідного та вихідного потоку технологічної маси $dM_A(t)/dt$ складної технічної системи на протязі певного часу:

$$\frac{dM_A}{dt} = \frac{d(m_1 + m_2)}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_{1\rho k} + \Delta q_{2\rho k} + \Delta q_{3\rho k} + \Delta q_{1pk} + \Delta q_{2pk})}{dt} - \frac{d(\Delta q_{1\rho o} + \Delta q_{2\rho o} + \Delta q_{3\rho o} + \Delta q_{1po} + \Delta q_{2po})}{dt} - \frac{d(\Delta q_{1\rho m} + \Delta q_{1pm})}{dt} - \frac{d(\Delta q_{1\rho a} + \Delta q_{1pa})}{dt}, \quad (1.3)$$

де $\Delta q_{1\rho k}$, $\Delta q_{2\rho k}$, $\Delta q_{3\rho k}$, Δq_{1pk} , Δq_{2pk} ; $\Delta q_{1\rho m}$, Δq_{1pm} ; $\Delta q_{1\rho o}$, $\Delta q_{2\rho o}$, $\Delta q_{3\rho o}$, Δq_{1po} , Δq_{2po} ; $\Delta q_{1\rho a}$, Δq_{1pa} – відповідно, відокремлена кількість: вільного ґрунту, грудок ґрунту, налиплого ґрунту, вільних рослинних домішок, залишків гички на головках коренеплодів j -ю технологічною системою;

Δq_1 – втрачена маса коренеплодів.

Крім того, ним розроблено математичну модель, яка описує загальний процес послідовного відокремлення домішок від коренеплодів j -ми системами коренезбиральної машини загалом [19]:

$$\begin{aligned} & a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_0^{(k)} \frac{d[\Delta q_k(t)]}{dt} + a_0^{(m)} \frac{d[\Delta q_m(t)]}{dt} + a_0^{(o)} \frac{d[\Delta q_o(t)]}{dt} + a_0^{(a)} \frac{d[\Delta q_a(t)]}{dt} = \\ & = b_0 M(t - \tau_k) - c_0^{(k)} m_k(t) + b_0^{(k)} m_k(t - \tau_m) - c_0^{(m)} m_m(t) + \\ & + b_0^{(m)} m_m(t - \tau_o) - c_0^{(o)} m_o(t) + b_0^{(o)} m_o(t - \tau_a) - c_0^{(a)} M_A(t), \end{aligned} \quad (1.4)$$

де $a_1^{(k)}$, $a_0^{(c)}$, $a_0^{(k)}$, $a_0^{(m)}$, $a_0^{(o)}$, $a_0^{(a)}$, b_0 , $b_0^{(k)}$, $b_0^{(m)}$, $b_0^{(o)}$, $c_0^{(k)}$, $c_0^{(m)}$, $c_0^{(o)}$, $c_0^{(a)}$ – змінні коефіцієнти у функції параметрів робочих органів машини залежно від фізико-механічних властивостей ґрунту, урожайності коренеплодів, які визначаються експериментальним шляхом;

τ_k , τ_m , τ_o , τ_a – час запізнення руху мас вороху коренеплодів у процесі роботи, яке відбувається за рахунок його накопичення, ущільнення, зсуву відносно робочої поверхні кожної системи та машини загалом.

Для загального випадку ударної взаємодії коренеплоду з робочим органом, який зв'язаний пружною ланкою з масою його приводу, Гевком Р.Б. [20] складено систему рівнянь руху системи, яка дозволяє оцінити глибину пошкоджень тіла коренеплоду, а закономірність, що описує вміст ґрунту на коренеплодах, змінюється в часі за експоненціальним законом:

$$\begin{cases} m_1 \bar{Y}_1 + mq \cos \gamma + P = 0; \\ m_2 \bar{Y}_2 + P + C(Y_{20} + Y_2) = 0 \end{cases}; \quad \Delta m(t) = \Delta m_0 e^{\lambda(t, t_0)}, \quad (1.5)$$

де Δm_0 – маса ґрунту в початковий момент переміщення коренеплодів по робочих органах очисника;

λ – стаціонарна випадкова функція інтенсивності очищення.

Технологічний процес збирання коренеплодів цикорію регламентується в першу чергу агротехнічними властивостями та характеристиками врожаю та конструкцією робочих органів і компоновальних схем транспортно-технологічних систем збиральних машин. Перший етап розробки коренезбиральної техніки повинен базуватися на систематизації агробіологічних і фізико-механічних характеристиках коренеплодів цикорію кореневого, варіювання й мінливість яких мають значні впливи на конструктивні особливості не тільки копачів, але і робочих органів очисників ВКЦ [21].

Таким чином, більшість авторів акцентують на тому, що інтенсивність і ступінь відокремлення домішок від коренеплодів залежить не тільки від технологічних параметрів процесу викопування коренеплодів копачами, а також від агробіологічних і фізико-механічних властивостей коренеплодів, які регламентують кінематично-динамічні характеристики процесу їх очищення.

У зв'язку з цим наведемо основні агробіологічні та фізико-механічні характеристики коренеплодів цикорію кореневого, зміна яких суттєво впливає та регламентує технологічний процес відокремлення домішок зі складу вороху, який викопано копачами коренезбиральної машини, додаток Б1.1.

За агротехнологічними вимогами цикорій кореневий придатний для ефективного вирощування майже на всій території України, але найбільш сприятливою зоною для його виробництва є зона Лісостепу Хмельницької та Житомирської областей [21].

Цикорій кореневий – рослина дворічна, у першій рік формується прикоренева розетка листків (гички), а в ґрунті – потовщений у верхній частині коренеплід, рис. 1.4.

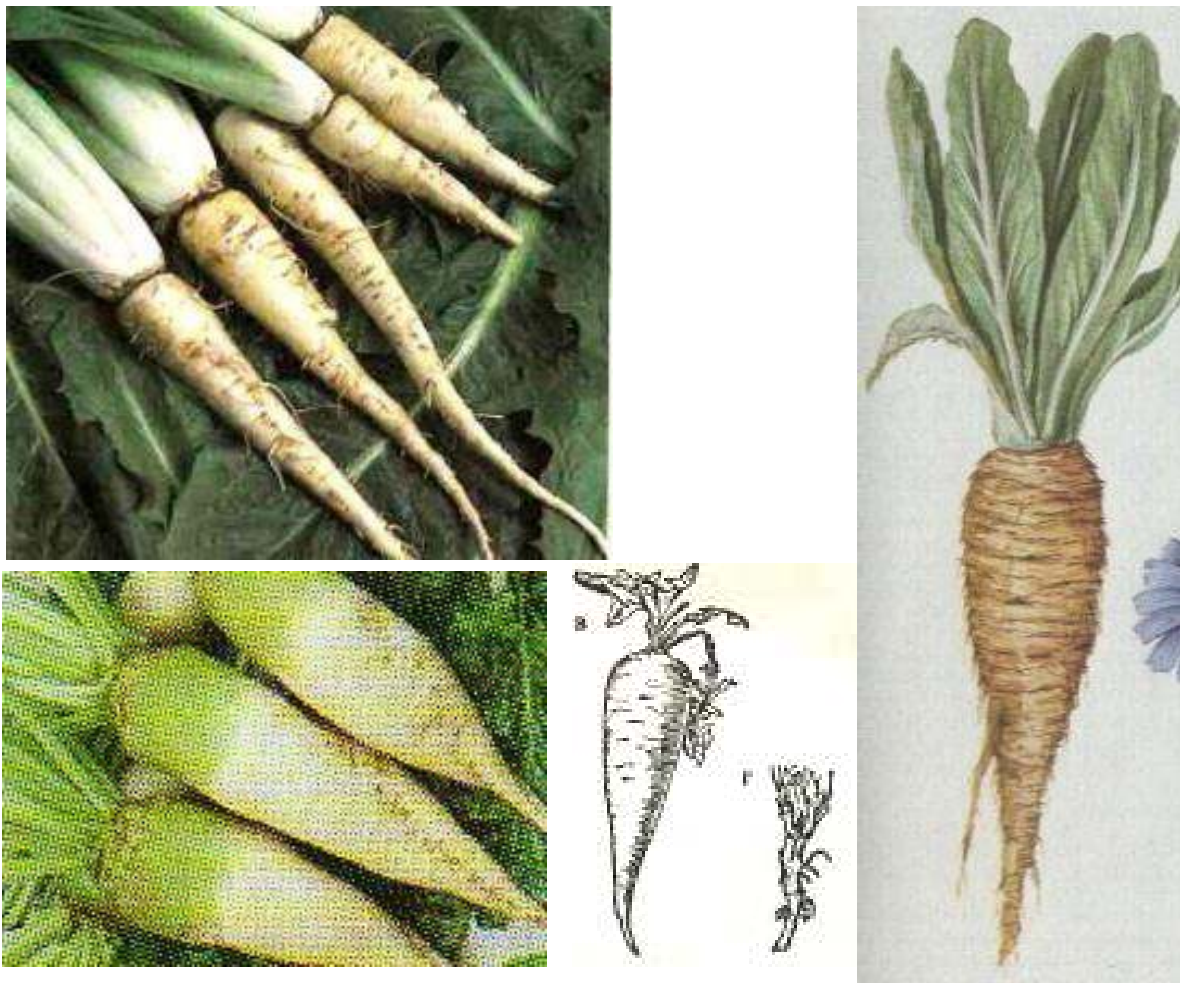


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд коренеплодів цикорію кореневого

Між темпами росту коренеплодів цикорію та інших культур є ряд агробіологічних відмінностей, які пов'язані, у першу чергу, з формуванням у першій місяць росту стеблової маси та розвитком розгалуженої та глибоко проникаючої в ґрунтове середовище кореневої системи, яка досягає довжини до 3-х метрів. До кінця другого місяця маса коренеплоду досягає до 20...30 %, а листя – до 50 % від кінцевої маси коренеплоду [22].

Наростання маси коренеплодів проходить до глибокої осені. Тому збирання цикорію проводять як можна пізніше (протягом жовтня) до настання постійних морозів, а коренеплоди зберігають у сховищах при температурі $+1...+2^{\circ}\text{C}$ [22].

Особливістю збирання цикорію є те, що основну масу зібраних коренеплодів потрібно протягом доби відправити на завод для переробки без його зберігання в польових кагатах. Це зумовлено властивостями коренеплодів

– втрачати масу і в'янути, що ускладнює процес різки на заводі. За умов дефіциту транспортних засобів і необхідності кагатування коренеплоди цикорію укладають у бурти поблизу доріг, укривають шаром гички і вивозять на завод не пізніше 4...5 днів після збирання [23].

Коренеплоди цикорію кореневого за своєю технологією вирощування (тип ґрунту, посів, догляд за посівами) та основними зовнішніми біологічними ознаками дуже схожі на коренеплоди цукрових буряків, а за фізіологічними та морфологічними властивостями – на кормову моркву. Період від сходів до початку росту коренеплоду становить 110...130 днів [24].

Середня врожайність коренеплодів цикорію кореневого, який вирощують із шириною міжрядь 45 см становить 200...250 ц/га та може коливатися в межах 150...350 ц/га залежно від агротехніки та кліматичних умов його вирощування [25].

За морфологічною характеристикою коренеплід цикорію має правильну конусну форму, при цьому конусність коренеплодів цикорію (кут росту) коливається в межах від 18 до 36 град., а довжина коренеплодів цикорію – від 10 до 30 см (у деяких випадках може досягати до 40 см), середня маса коренеплоду цикорію кореневого залежно від його урожайності знаходиться в межах 150...450 г, середній діаметр головки коренеплодів цикорію коливається в діапазоні 3...12 см [26].

Головка коренеплоду здебільшого циліндричної форми з помірним переходом і зменшенням діаметра до хвостової частини. Відхиленнями від нормальної форми є вітисті коренеплоди, а також із розгалуженими кінчиками у хвостовій частині [27].

Згідно з проведеними науковими дослідженнями [28-30], ученими Борисюком В.О., Маковецьким К.А, Ткачом О.В., Гументик М.Я. було встановлено, що маса головки коренеплодів цикорію значно менша порівняно з коренеплодами цукрових буряків, при цьому:

- середня маса головки складає 8 % від загальної маси коренеплоду цикорію кореневого;

- маса хвостової частини коренеплоду цикорію кореневого становить у середньому 7 %;

- маса основної частини або тіла коренеплоду цикорію кореневого (верхньої та середньої частини) становить 85 %.

Важливим обмежуючим фактором збирання коренеплодів цикорію кореневого, порівняно з коренеплодами цукрових, кормових буряків і моркви, є його крихкість і більша на 5...10 см загальна довжина коренеплодів, що є наслідком збільшення кількості зламаных коренеплодів під час їх викопування.

Викопувальні та очисні робочі органи існуючих коренезбиральних машин, призначених для збирання коренеплодів цукрових буряків, не в повній мірі відповідають показникам якості їх роботи під час збирання коренеплодів цикорію кореневого [31], який залягає в ґрунті на значних глибинах і має збільшену загальну довжину.

Зусилля витягування коренеплодів цикорію безпосередньо залежать від їх довжини. Із збільшенням довжини коренеплоду на 1 см зусилля витягування цикорію кореневого збільшується в середньому на 1,5 кг/см, допустиме питоме навантаження на розрив коренеплоду коливається у межах 5,5...8,4 кг/см² [32].

Продуктивна частина коренеплодів цикорію визначається від лінії зрізу листків із верхівки головок коренеплодів до лінії зрізу хвостової частини діаметром 15 мм, а втрати маси коренеплоду залежно від відламаної хвостової частини становлять у середньому до 6...7 % [33].

Значний вплив на показники якості роботи коренезбиральних машин під час збирання цикорію кореневого має також розподіл коренеплодів цикорію в рядках. Нерівномірне розміщення рослин у рядках призводить до збільшення некондиційних коренеплодів (масою менше 100 г), кількість яких за різної густоти рослин коливається в межах від 5,3 до 12,7 % [33].

У значній мірі на якість збирання впливають і погодні умови. Як показують багаторічні дослідження роботи технічних засобів для збирання коренеплодів просапних культур (цукрові буряки, цикорій та інші) під час їх збирання неможливо зовсім уникнути втрат урожаю, які зумовлені, насамперед:

- конструктивними особливостями робочих органів збиральної техніки та її використанням у складних ґрунтово-кліматичних умовах, які безперервно змінюються у процесі роботи (механічний склад, вологість і твердість ґрунту, широкий діапазон варіювання параметрів розміщення рослин в рядках, стан їх розвитку тощо);

- складністю виконання агротехнічних вимог до процесів відокремлення листової стеблової маси, викопування коренеплодів із ґрунту без пошкоджень при поступальному русі збиральних агрегатів і очищенні коренеплодів від домішок.

За хімічним складом коренеплоди цикорію кореневого мають від 20 до 40 % інуліну, який є вуглеводом, що легко засвоюється організмом людини. У висушеному корені вміст інуліну може досягати до 75 %. [34, 35].

Вміст моноцукрів у напрямку від головки до хвостової частини коренеплоду підвищується від 5,8 до 9,1 %. Найнижчим є вміст інуліну в головці. У верхній, середній і хвостовій частинах коренеплоду цикорію кореневого кількість інуліну майже однакова (на суху речовину припадає від 49,6 до 50,7 %), а зі збільшенням загальної маси коренеплоду вміст інуліну теж збільшується [36].

1.2 Аналіз конструкцій очисників вороху коренеплодів

Підвищення технологічного рівня сучасних коренезбиральних машин, критеріями оцінки якого є співвідношення втрат, забрудненості та пошкоджень коренеплодів цикорію до їх зібраної маси, залишається науково-актуальною задачею у плані подальшого розвитку вітчизняної техніки для збирання коренеплодів цикорію кореневого.

Аналіз еволюції розвитку технологічних процесів і конструктивно-компонувальних схем коренезбиральної техніки свідчить, що на сучасному етапі для їх збирання все більше застосовуються потужні самохідні бункерні комбайни, якими щорічно збирається до 70 % світових площ посівів [37].

Подальше поглиблення та розвиток загальної концепції раціональних обрисів сучасних машин можливе на основі аналізу світового досвіду поетапного удосконалення процесу збирання коренеплодів або на основі більш детального аналізу функціонування робочих органів основних транспортно-технологічних систем для викопування та очищення коренеплодів.

Ефективність збирання коренеплодів цикорію у значній мірі залежить від конструктивно-компонувальної схеми та якості роботи очисників вороху, які повинні відокремити із складу викопаного вороху не менше 92 % домішок за вихідними вимогами до коренезбиральних машин, дотримуючись при цьому допустимих значень втрат і пошкодження коренеплодів [38]. Значне варіювання умов роботи коренезбиральних машин і недостатнє пристосування існуючих конструкцій викопувальних і особливо очисних робочих органів до цих змін умов роботи не дозволяють отримувати стійких агротехнічних показників, особливо за сухого і вологого ґрунту, забур'яненості поля тощо.

При збільшенні вологості ґрунту до 22-28 % якість роботи машин погіршується в 2-6 рази, а на сухих твердих ґрунтах спостерігається значне (до 20-40 %) забруднення ВКЦ грудками землі [39]. Тому під час збирання коренеплодів цикорію в таких умовах, виникає потреба в ручному доочищенні вороху коренеплодів.

Незважаючи на досить складні транспортно-технологічні системи робочих органів для очищення ВКЦ, після очищення вороху від домішок енергоємними багатоступеневими системами з полів вивозиться кількість родючого ґрунту, яка еквівалентна 10...15 см орного шару на площі збирання рівній 100 га, незважаючи при цьому, що загальна протяжність очисних поверхонь сягає 8...10 м [39-40].

Процес сепарації вороху повинен забезпечити якомога повніше відділення вільного та налиплого на коренеплодах ґрунту, вільних рослинних домішок і залишків гички на їх головках при допустимих пошкодженнях коренеплодів, що висуває особливі вимоги до очисників. Відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів залежить від багатьох

об'єктивних і суб'єктивних факторів: від механічного складу ґрунту, його вологості та щільності; від конструкції та геометричних і кінематичних параметрів робочих органів очисників; наявності бур'янів, урожайності коренеплодів тощо [41].

Відомо багато варіантів очисників вороху коренеплодів, які відрізняються один від одного не тільки конструктивним оформленням, але й технологічним принципом роботи. Це пов'язано як із закономірним розвитком конструкцій, так і з різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов роботи збиральних машин, конкуренцією виробників продукції тощо.

За конструктивним виконанням і технологічною схемою оброблення ВКЦ найбільше розповсюдження знайшли елеваторні (пруткові), турбінні (роторні), вальцьові (шнекові, кулачкові, лопатеві) та комбіновані очисники, рис. 1.5 [41].

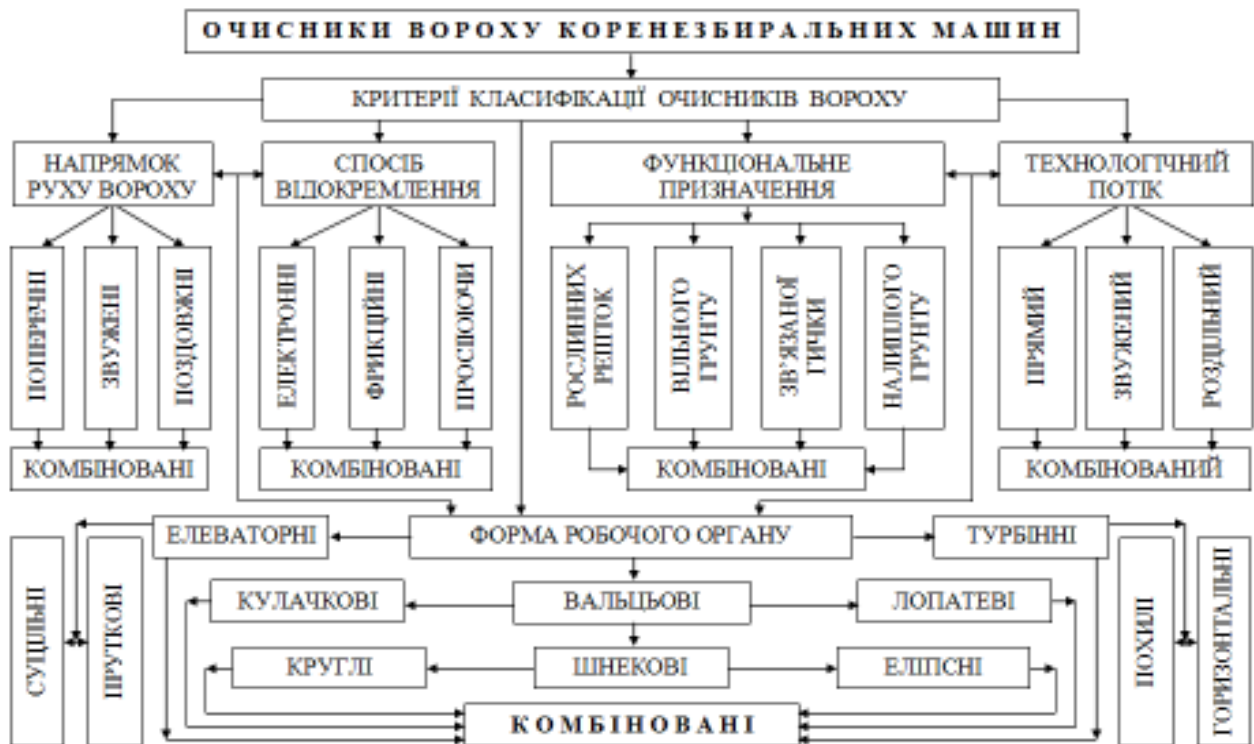


Рисунок 1.5 – Класифікація очисників вороху коренеплодів

Велика кількість створених конструкцій очисних робочих органів коренезбиральних машин потребує диференційованого підходу при виборі, розрахунку, проектуванні, дослідженні та впровадженні нових розробок у виробництво.

Тому класифікований підхід із урахуванням особливостей очисних робочих органів, схем їх компоновок і способів функціонування забезпечить можливість проведення ідентифікації необхідної конструктивно-технологічної схеми комбінованих очисних систем для конкретних умов експлуатації.

Елеваторні, турбінні та вальцьові очисники вороху коренеплодів розташовують безпосередньо за копаками або в середній частині технологічного процесу роботи коренезбиральної машини. Вони, як правило, здійснюють "агресивну" сепарацію вороху, коли від вороху відокремлюється основна маса вільного сипучого ґрунту, дрібних грудок ґрунту та дрібних рослинних решток. Комбіновані очисники розташовують у кінці технологічного процесу сепарації вороху чи перед фазою завантаження коренеплодів у бункер машини або в технологічний транспорт. Їх функціональне призначення – кінцеве очищення вороху, і до них висуваються особливі умови, а саме – максимальне відділення залишкових домішок при мінімізації пошкоджень і втрат коренів [42].

У сучасних конструкціях коренезбиральних машин елеваторні очисники (рис. 1.6) виконують з'єднувальні та передавальні функції транспортування вороху від однієї до іншої транспортно-технологічної системи машини, а також застосовуються на підбирачах коренеплодів за валкової технології збирання та вивантаження коренеплодів і у вигляді гірок, додаток Б2.2.

Основним недоліком елеваторних очисників є практично відсутнє відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, незадовільний ступінь відокремлення великорозмірних грудок ґрунту та рослинних решток, а також залишків гички на головках, а кулачкові та лопатеві очисники (додаток Б3.2) не знайшли широкого виробничого застосування в збиральних машинах за основним недоліком – намотування рослинних решток (особливо бур'янів) на поверхні кулачків, їх залипання вологим ґрунтом і, як наслідок, утратою працездатності [43].

Турбінні (роторні) очисники (рис. 1.7) застосовуються практично у всіх сучасних західноєвропейських коренезбиральних самохідних машинах і бункерних комбайнах та мають ряд специфічних переваг, у числі яких

найбільш істотними є простота конструкції, надійність і достатньо висока очисна ефективність, особливо при роботі в умовах підвищеної вологості ґрунту, яка характерна для умов Західної Європи, Російської Федерації та України.

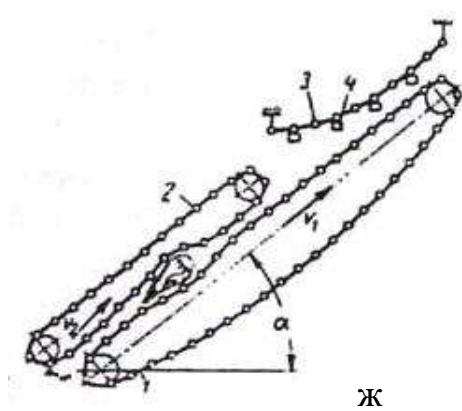
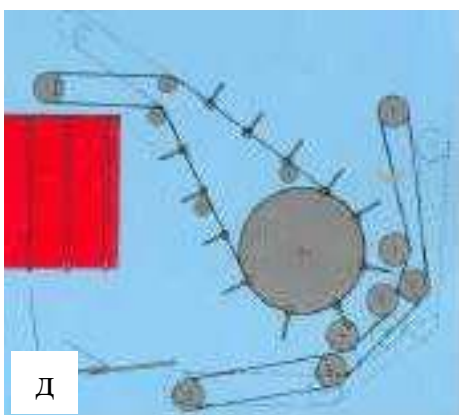
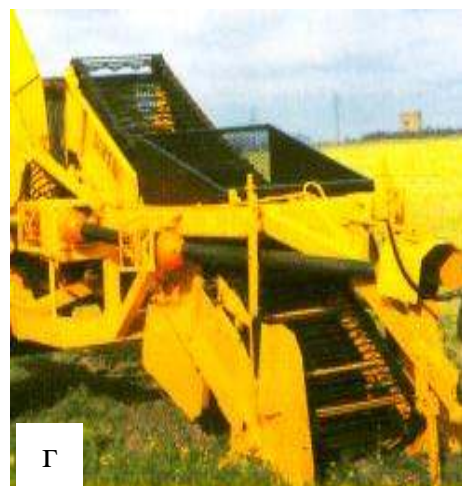
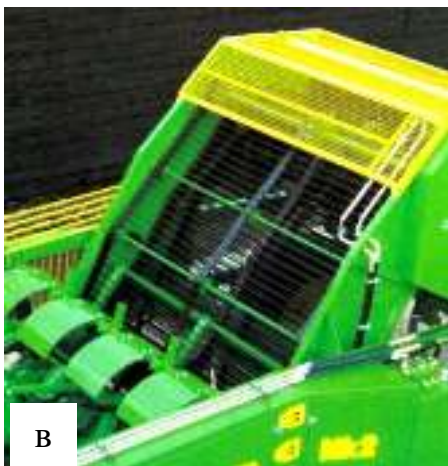


Рисунок 1.6 – Загальний вигляд і схеми елеваторних очисників:
а, б, в – одноконтурних; г, д, ж – двоконтурних

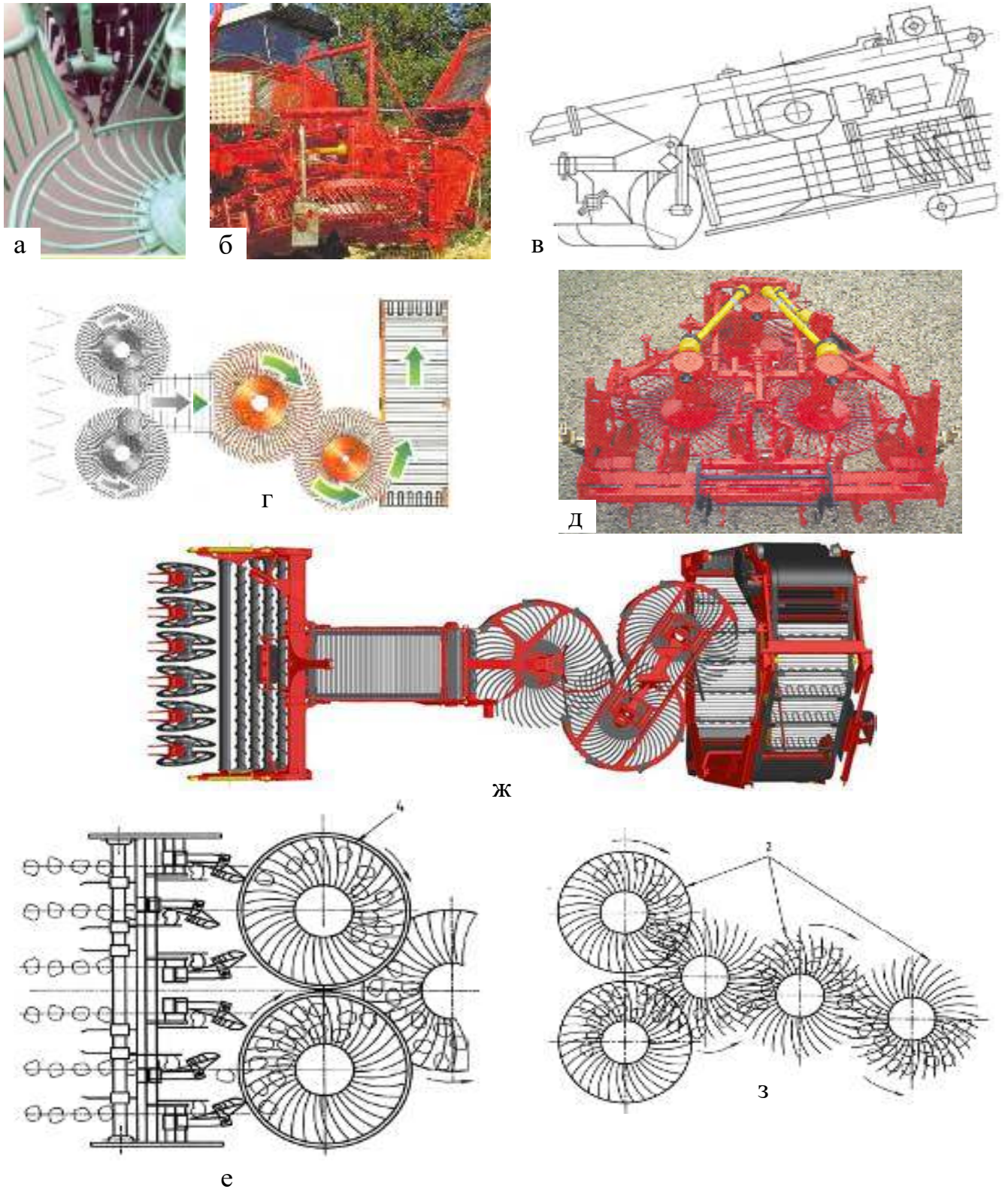


Рисунок 1.7 – Загальний вигляд і конструктивні схеми роторних очисників

Наявність різноманітних схем роторних очисників залежить від компоновки та порядку розташування турбін, їх кількості, напрямку обертання турбін, ґрунтово-кліматичних умов, а також технології збирання коренеплодів (рис. 1.7, додаток Б4.2).

Очисний ефект у турбінних очисниках досягається за рахунок відцентрового руху компонентів вороху та просіювання вільних ґрунтових домішок через решітчасту поверхню диска і направляючих бокових решіток.

Очисна турбіна (рис. 2.Б4.2, додаток Б4.2) виконує функцію як транспортного органу, що формує потік коренеплодів після копачів (рис. 1.7а, в, г, д, е, з), так і функцію очищення (рис. 1.7б, з) або ці функції поєднуються транспортно-очисним робочим органом (рис. 1.7в, г, ж). Завдяки великій площі просіювання, динамічній дії прутків на елементи вороху і створенню відцентрових сил, що притискують коренеплоди до периферійних прутків решітки, роторні очисники задовільно відокремлюють вільні домішки, частково очищають коренеплоди від налиплого ґрунту. Максимальний очисний ефект досягається при центральному куті обтікання очисного ротора ворохом коренеплодів не менше 150° [44].

Очисники роторного типу характеризуються простотою і незначною матеріаломісткістю, однак мають ряд недоліків. Із-за наявності зазору в зоні переходу вороху з одного диска на другий спостерігаються втрати коренеплодів внаслідок вмивання їх у ґрунт, а також «згруження» маси при сходженні потоків, які поступають із двох дисків.

Крім того, роторні очисники травмують коренеплоди при переході їх із одного диска на другий в основному внаслідок злому їх хвостової частини й ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків (турбін), що значно обмежує їх застосування [45].

Серед вальцьових очисників найбільшого застосування у конструктивно-технологічних схемах коренезбиральних машин знайшли шнекові очисники. Велика кількість створених конструкцій шнекових очисних робочих органів (рис. 1.8) [39] коренезбиральних машин потребує диференційованого підходу при виборі, розрахунку, проектуванні, дослідженні та впровадженні нових розробок у виробництво.

Тому класифікований підхід із урахуванням особливостей очисних робочих органів, схем їх компоновок і способів функціонування забезпечить

можливість проведення ідентифікації необхідної конструктивно-технологічної схеми комбінованих очисних систем для конкретних умов експлуатації коренезбиральної машини.

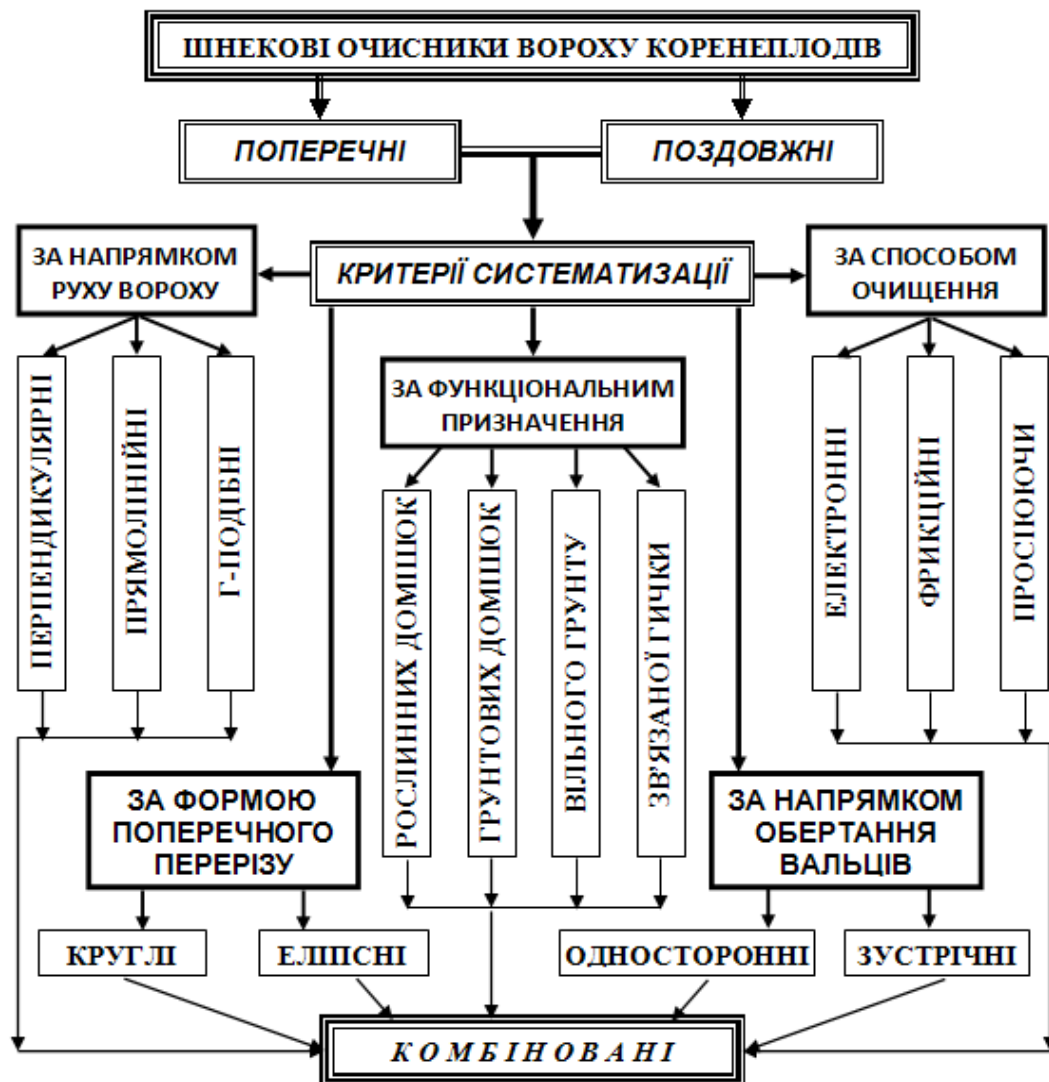


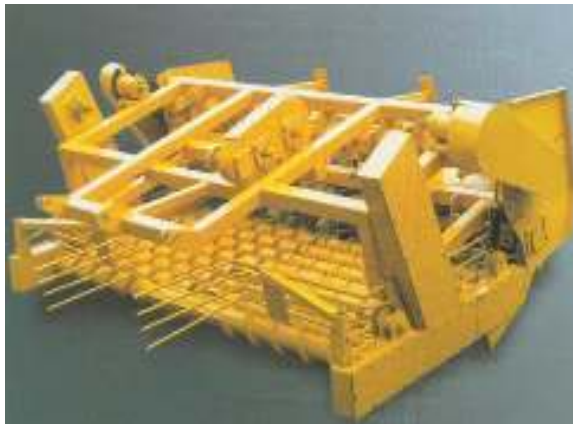
Рисунок 1.8 – Класифікація шнекових очисників вороху коренеплодів

Шнекові очисники коренезбиральних машин працюють за принципом розділення домішок і коренеплодів “розмір”. Вони можуть встановлюватися як безпосередньо за копаками коренезбиральної машини, так і в середині її технологічної схеми залежно від їх призначення.

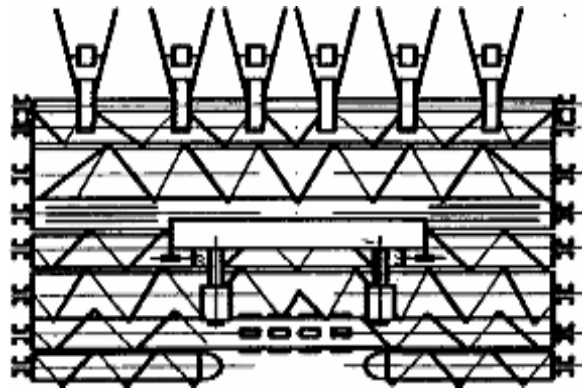
За формою труби барабана шнека розрізняють очисники круглого та еліпсного перерізу. Очищення вороху відбувається за рахунок підкидання коренеплодів і домішок, зскрібання частинок ґрунту витками шнеків і відокремлення зв'язаної гички та просіювання вільних домішок у зазор між

валами шнеків. Із метою забезпечення кращої сепарації сипучого ґрунту та вільних рослинних домішок вали шнеків обертаються з різними кутовими швидкостями.

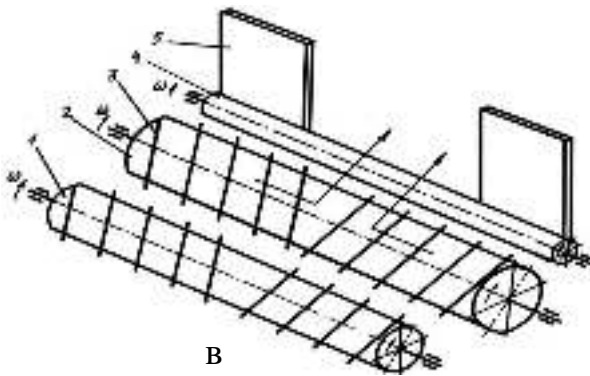
Поперечні шнекові очисники (рис. 1.9а, б, в), як правило, застосовуються в багаторядних коренезбиральних машинах. Їх особливістю є те, що шнеки обертаються в одному напрямку, а спіральні витки шнеків виготовляються з



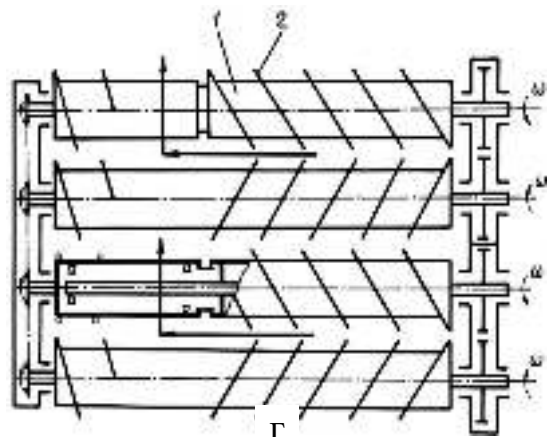
а



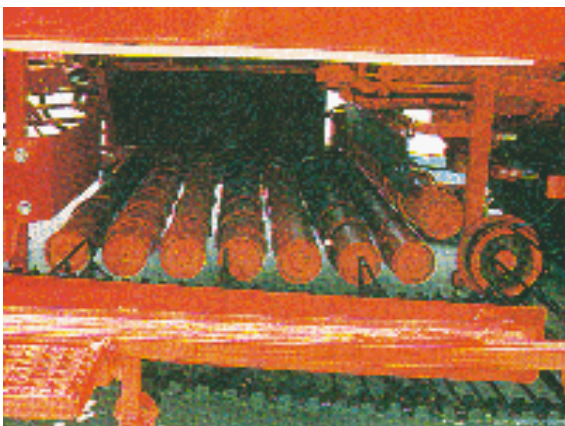
б



в



г



д



ж

Рисунок 1.9 – Загальний вигляд (а, д, ж) і конструктивна схема (б, в, г) шнекових очисників: а, б, в – поперечний; г, д, ж – поздовжній

різним напрямком навивання. Шнеки, які розташовані біля копача (рис. 1.9б), забезпечують розведення вороху до периферії валів, а задній блок шнеків зводить потік коренеплодів у зону вивантаження. Шнекові очисники, що мають Г-подібний вихід у середній частині шнеків, забезпечують звуження потоку в процесі його передачі на наступні робочі органи (рис. 1.9в).

Поздовжні шнекові очисники (рис. 1.9г, д, ж), які характеризуються протилежним напрямком навивання та зустрічним напрямком обертання спіральних витків шнека, виконують одночасно дві технологічні операції – відокремлення домішок зі складу вороху та транспортування (переміщення) коренеплодів у напрямку осі обертання валів шнеків.

Робочі органи такого типу в основному виконують транспортувальні функції з невеликим очисним ефектом і, як правило, застосовуються замість стрічкових елеваторів або пруткових транспортерів. Конструктивна складність розташування підшипникових опор таких робочих органів і, як наслідок, виникнення “мертвих зон” на шляху транспортування вороху обмежило широке застосування поздовжніх шнекових очисників у збиральних машинах [46].

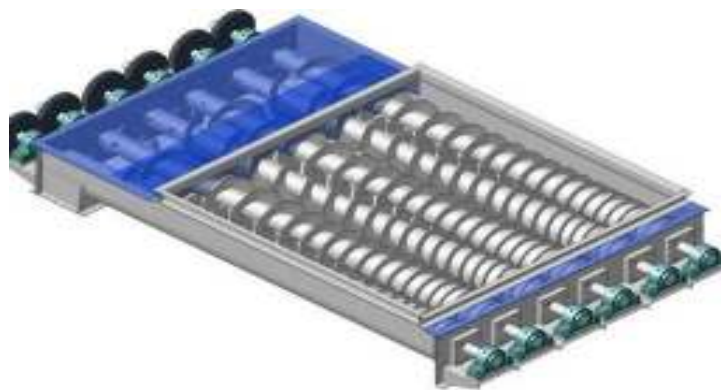


Рисунок 1.10 – Загальний вигляд поперечного шнекового очисника

Також шнекові очисники застосовуються в переробній промисловості і, як правило, у стаціонарних машинах, які виконують функції транспортування та очищення коренеплодів із подальшою їх переробкою в сировину, рис. 1.10, 1.11. Вони можуть бути як поперечними (рис. 1.10), так і поздовжніми, рис. 1.11а, б.

Основна маса сипкого ґрунту та вільних рослинних домішок під час

обробки вороху коренеплодів на шнекових очисниках просіюється в зазори між валами шнеків у їх передній частині, а далі за рахунок взаємодії зі спіральними витками з поверхні тіла коренеплодів частково зшкрібається налиплий ґрунт, який також просіюється.

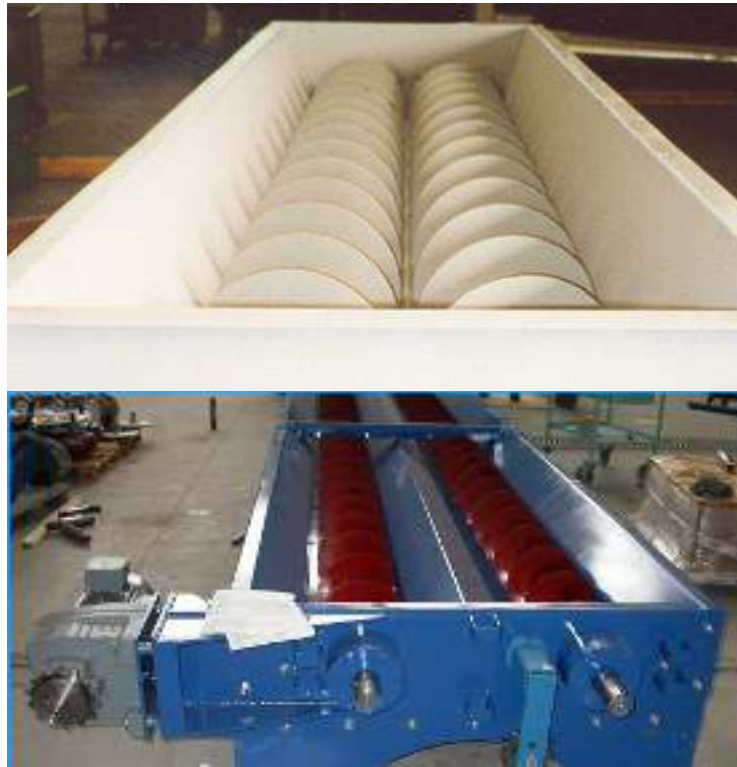


Рисунок 1.11 – Загальний вигляд поздовжнього шнекового очисника

Основними недоліками шнекових очисників є залипання шнеків ґрунтом у вологих ґрунтово-кліматичних умовах їх роботи, що значно знижує показники якості процесу відокремлення домішок від коренеплодів, а також значні їх пошкодження під час безпосередньої взаємодії з витком шнека, ймовірність чого збільшується в процесі збирання коренеплодів на твердих ґрунтах (вологість < 12%). Із підвищенням вологості до 28% очисники втрачають працездатність [47].

Дослідженню параметрів шнекових очисників круглого та еліпсного перерізу присвячені праці Барановського В.М., Булгакова В.М., Виговського А.Ю., Влас Н.Є., Войтюка Д.Г., Гевка Б.М., Гевка Р.Б., Дубчак Н.А., Паньків М.Р., Пилипця М.І., Погорілого Л.В., Рамша В.Ю., Рогатинського Р.М., Труханської О.О. та ін., а також зарубіжних авторів [48-75].

Науковцями на основі аналізу характеру руху коренеплодів і домішок у технологічному руслі очисників побудовано математичні моделі коефіцієнтів динамічності процесу очищення [48-50], які характеризують безпосередньо взаємодію коренеплодів між собою та зі шнековими робочими органами і, у кінцевому випадку, ступінь очищення вороху залежно від співвідношення конструктивно-кінематичних і динамічних параметрів робочих органів, приведено аналітично-емпіричні залежності для обґрунтування технологічних параметрів процесів роботи очисників [51-54], рекомендовано раціональні параметри та режими їх роботи [55-58].

Барановський В.М. [19, 59, 60] на основі застосування прямого та зворотного перетворень Лапласа показав, що ступінь інтенсифікації очищення домішок робочими органами очисників залежить від їх певної пропускної ємності P_M , яка характеризується кількістю вороху, що «переробляється» на її поверхнях робочих органів, і часу T_M його перебування на них:

$$T_M = \frac{P_M}{M(t)} = \frac{P_k + P_m + P_o + P_a}{m_1(t) + m_2(t)}, \quad (1.6)$$

де P_k, P_m, P_o, P_a – ємність очисних транспортних систем,

а диференційне рівняння структурно-функціональної моделі процесу очищення вороху від домішок у часовій формі записано у вигляді:

$$\left(\frac{P_k + P_m + P_o + P_a}{m_1(t) + m_2(t)} \right) \frac{d[M_A(t)]}{dt} = M(t - \tau_M) - M_A(t), \quad (1.7)$$

де τ_M – час запізнення руху мас вороху в процесі роботи загалом.

Подальшому удосконаленню процесів та робочих органів збиральних машин присвячені наукові праці Булгакова В.М. [61], результатом яких є розробка ряду перспективних схем машин, які поєднують знакозмінні процеси сепарації коренеплодів різними типами робочих органів із обґрунтуванням їх раціональних параметрів. Ним встановлено [62], що вибір кутової швидкості шнеків ω очисника необхідно проводити на основі врахування лінійної

швидкості V_n переміщення вороху коренеплодів витками шнека:

$$V_n = \frac{W_c}{B_p q} = \frac{W_c}{kq(D + c_d)}; \quad \omega = \frac{2V_n t}{D^2}, \quad (1.8)$$

де B_p – ширина робочого русла, утвореного шнеками;

k – кількість робочих русел шнекового очисника;

D – діаметр шнека;

c_d – зазор між валами шнеків.

Гевком Б.М., Рогатинським Р.М. [63] на основі проведених наукових аналітично-емпіричних досліджень робочих органів еліптичних очисників було встановлено, що раціональними конструктивно-кінематичними параметрами процесу сепарації вороху такими очисниками при коефіцієнті динамічності очищення вороху рівному 0,5...0,8 є кутова швидкість еліптичних шнеків 15...30 рад/с, швидкість переміщення коренеплодів уздовж плоского русла 0,5...1,0 м/с.

Крім того, для попередження пошкодження коренеплодів, які виникають при критичному прогині тіла коренеплодів [64], необхідно обмежити межу критичних напружень $[\sigma_k]$:

$$\frac{32[(M_\sigma - M_k)]}{\pi(d_k - 2L_k \operatorname{tg} \alpha_k)} \geq [\sigma_k], \quad (1.9)$$

де M_σ , M_k – допустимий згинальний момент і згинальний момент коренеплоду;

d_k , L_k – діаметр і довжина коренеплоду в місці згину.

Пилипцем М.І. та Паньків М.Р. [65-72] на основі аналізу взаємодії коренеплоду з поверхнею еліпсного шнека і розрахункової продуктивності очисника визначили верхню та нижню допустимі межі кутової швидкості еліпсного шнека, відповідно 15...17 і 10,3...12,5 рад/с для усередненого діаметра шнека 0,18 м та коефіцієнта сепарації ВК 0,3 і 0,5

$$\omega_{в.макс} \leq \frac{4[V_{дон.макс} - (V_c - V_z) \cos \beta \sin(45^\circ - 0,5\varphi_k)]}{\sqrt{\pi^2 D_y^2 + T^2} \sin[(45^\circ - 0,5\varphi_k) + \arcsin T / \sqrt{\pi^2 D_y^2 + T^2}]}; \quad (1.10)$$

$$\omega_{в.мін} = \frac{Q'_3 k_{сеп.в}}{0,08 k_{з.о.макс}^2 \left(\left\{ R_k^2 \left[\pi \arcsin \frac{2(d_y + h)}{R_k} / 90 \right] - \sin 2 \left[\arcsin \frac{2(d_y + h)}{R_k} \right] \right\} \right) T k_{V_o} k_p^2}. \quad (1.11)$$

Погорілий Л.В. на основі моделювання процесу встановив, що контакт коренеплоду з витком шнека аналогічний контакту “куля-циліндр”, а умова непошкодження коренеплодів має вигляд [69]:

$$\frac{2q(R+C)l_g \sin \alpha (f \cos \beta + 1) E^2 \varepsilon^2}{r_g^2} \leq [\sigma]^3; \quad \cos \alpha = \frac{R+C}{R+r_k}; \quad \beta = \arctg \frac{l_g}{2R}, \quad (1.12)$$

де q – маса коренеплодів, розташованих у один шар;

R, l_b – радіус і крок шнека;

C – зазор між валами шнеків;

r_x, r_b – радіус коренеплоду та витка шнека;

ε – коефіцієнт відношення кривизни контактуючих поверхонь;

$E, [\sigma]$ – модуль пружності та допустимі напруження стиснення коренеплоду.

На основі використання взаємозв'язку між коефіцієнтом динамічності та ступенем очищення коренеплодів Рогатинським Р.М. [70, 71] було розроблено методику визначення технологічної ефективності функціонування шнекових очисників:

$$W = 100 \left(\frac{K_\delta^{\bar{o}}}{K_\delta^M + C} \right) n, \quad (1.13)$$

де W – ступінь очищення коренеплодів;

$K_\delta^{\bar{o}}, K_\delta^M$ – відповідно коефіцієнти динамічності базового й модернізованого очисників;

$n = 0,95 \dots 1,0; 1,3$ і $C = 0,09; 0,03$ – коефіцієнти, які розраховані на основі експериментальних залежностей для еліпсних і роторних очисників.

Ним встановлено, що за значення коефіцієнта динамічності очищення вороху 0,5...0,8, раціональними конструктивно-кінематичними параметрами процесу сепарації вороху еліпсними очисниками є кутова швидкість обертання еліпсних шнеків 15...30 рад/с [72, 73] та виведена залежність для визначення напружень, які характеризують рівень пошкодження коренеплодів при їх ударі об жорстку поверхню:

$$\sigma_{max} = 0,364 K_{ij}^{1,07} m^{0,2} V_o^{0,4} (K_1 + K_2)^{0,467}, \quad (1.14)$$

де K_{ij} – параметр моделі;

m – маса коренеплоду;

V_o – швидкість коренеплоду перед ударом;

K_1, K_2 – відповідно мінімальна кривизна робочого органу й тіла коренеплоду.

На основі проведеного аналізу можна констатувати, що значна кількість ґрунтових і рослинних домішок (вільного та налиплого на поверхні тіл коренеплодів ґрунту, бур'янів, залишків гички на головках коренеплодів), що викопуються робочими органами копачів [74-76] та подаються на наступні транспортно-очисні системи коренезбиральної машини, є основною причиною вимушеного застосування енерго- і металомістких очисників вороху, що вказує на головний резерв удосконалення збиральних машин – інтенсифікацію процесу відокремлення від коренеплодів цикорію ґрунтових і рослинних домішок за рахунок застосування активних комбінованих очисників.

1.3 Обґрунтування вибору робочого органу для проведення досліджень

Для регулювання ступеня агресивної дії очисних поверхонь на коренеплоди та значної інтенсифікації процесу відокремлення складових компонентів домішок науковцями й інженерами-конструкторами провідних наукових установ і підприємств запропоновано застосовувати комбіновані очисні системи, які

представляють собою поєднані комбінації елеваторних і шнекових очисних робочих органів та застосовуються залежно від конкретних функцій очисних пристроїв, умов роботи тощо.

У наукових роботах Барановського В.М., Виговського А.Ю., Гандзюка М.В., Дубчак Н.А., Онищенко В.Б., Пилипця М.І., Паньків М.Р., Рамша В.Ю., Труханської О.О. та ін. [77-87], а також у наукових розробках зарубіжних авторів [88-92] для інтенсифікації процесів відокремлення компонентів домішок від коренеплодів запропоновано застосовувати комбіновані ОС вороху коренеплодів, які побудовано у вигляді структурно-компонувальних схем із послідовним розміщенням активних робочих органів як однотипного (монофункціонального), так і багатфункціонального призначення, рис. 1.12, рис. 1.13.

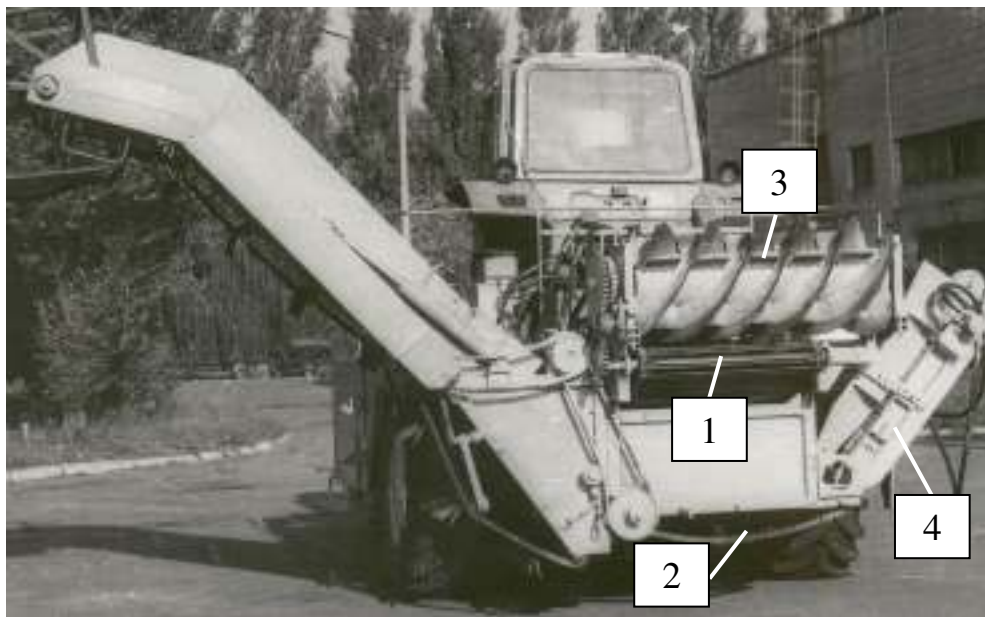


Рисунок 1.12 – Загальний вигляд ОС, вигляд ззаду: 1, 2 – горизонтальний і поперечний транспортер; 3 – шнек; 4 – гірка

Підвищення технологічної ефективності ОС вороху коренеплодів за рахунок збільшення активності їх робочих поверхонь було досягнуто шляхом розмежування одного суцільного потоку коренеплодів і домішок на два взаємно перпендикулярні потоки, яке реалізовано на основі застосування комбінованих очисників вороху. Базовими елементами очисників, є прутковий транспортер 1

(рис. 1.14а) та встановлений із зазором над прутками 2 транспортера і перпендикулярно напрямку його швидкості руху робочої гілки V_{mp} відвідного шнека 3. На трубі 4 шнека по гвинтовій лінії закріплено спіральні витки 5, між якими змонтовано очисні пружні елементи 6, які набрані із пучків ворсу 7. Напрямок навивання гвинтової лінії спіральних витків і очисних пружних елементів зустрічний. За шнеком, у сторону вихідного кінця транспортера змонтовано пару приводних циліндричних відминальних вальців 8 (рис. 1.14б), які встановлені один над одним і над транспортером. Відминальні вальці встановлені на шарнірно закріплених верхньому 9 та нижньому 10 важелях. Поворот нижнього важеля обмежений встановленими упорами 11, а верхній відминальний валець за рахунок пружини 12 виконаний підпружиненим відносно нижнього відминального вальця [93-102].

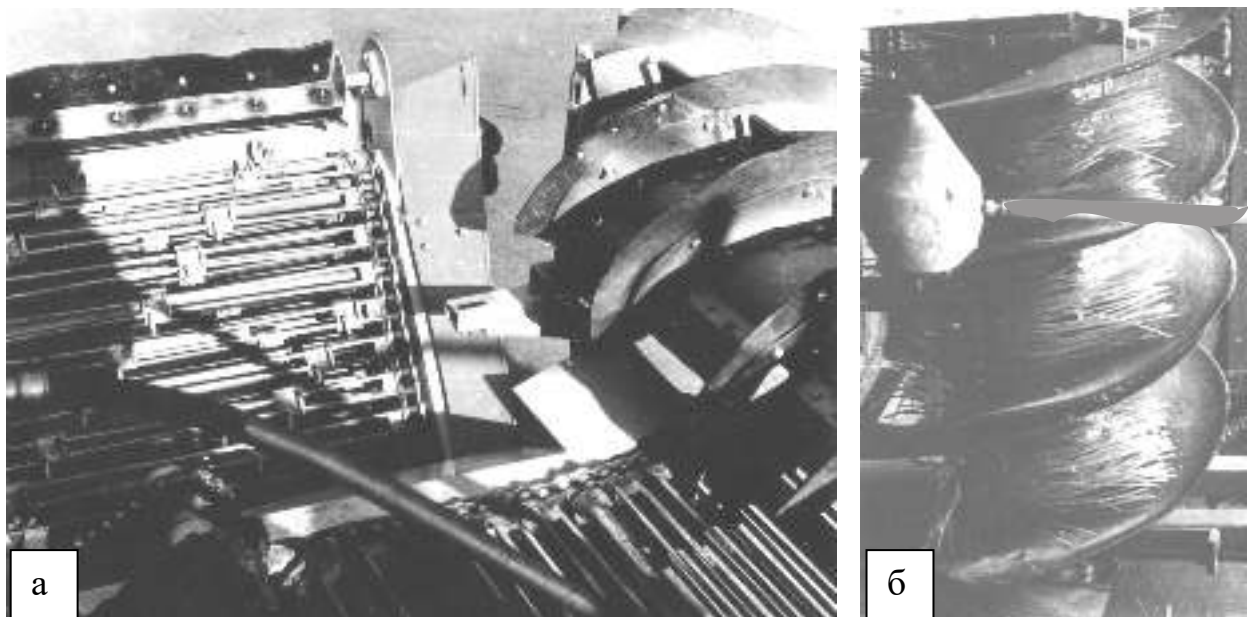


Рисунок 1.13 – Загальний вигляд: а) ОС без очисних пружних елементів, вигляд зверху; б) шнека з очисними пружними елементами;
1 – горизонтальний транспортер; 2 – шнек; 3 – очисна гірка

В.М. Барановським [76] на основі взаємодії коренеплодів із поверхнею гвинта встановлено, що верхня межа кутової швидкості шнека встановлена з умови не перевищення допустимої швидкості співудару коренеплоду з витком шнека ($V_c \leq 3,1$ м/с для металевої поверхні контакту), нижня – з умови

забезпечення необхідної продуктивності шнека ($0,15 \text{ м}^3/\text{с}$), а пошкодження коренеплодів не перевищують агротехнічні умови при можливо допустимому імпульсі сили удару $4,5 \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с}$. Залежно від продуктивності шнека і допустимої швидкості співудару коренеплодів із робочими поверхнями спірального витка шнека визначено межі зміни кутової швидкості шнека – $9,0 \dots 15,7 \text{ (рад/с)}$, а кут відбивання коренеплодів $\psi = 0$ забезпечується за діаметра шнека $0,5 \text{ м}$ і його кутової швидкості $9,0 \text{ рад/с}$ [77].

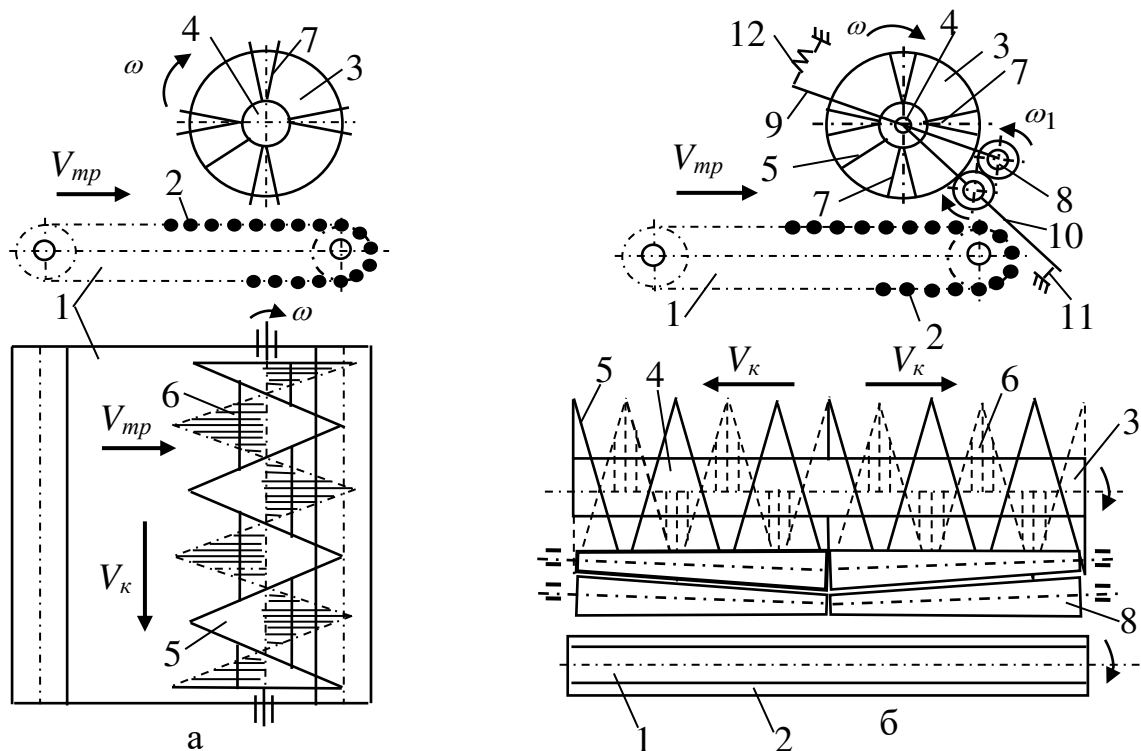


Рисунок 1.14 – Конструктивна схема комбінованого очисника

Виговським А.Ю. [78] на основі аналізу порівняння необхідної пропускної здатності очисника та продуктивності шнека обґрунтовано основні параметри, які забезпечують його необхідну продуктивність: діаметр шнека $0,5 \dots 0,7 \text{ м}$; кутова швидкість шнека $9 \dots 15 \text{ рад/с}$; крок шнека $0,7 \text{ м}$.

У роботі М.О. Гандзюка [79] наведено аналітичне вирішення задачі, яка характеризує оцінку сил контактної взаємодії відбитого від шнека коренеплоду та рухомого прутка транспортера в аспекті аналізу їх пошкодження:

$$P_{max} = k^{\frac{2}{5}} \left(\frac{5}{4} m V_o^2 \right)^{\frac{3}{5}} K_V K_B, \quad (1.15)$$

де k – коефіцієнт геометрії коренеплоду та прутка;

m – маса коренеплоду;

V_o – початкова швидкість ударної взаємодії;

K_V, K_B – коефіцієнти втрати швидкості коренеплоду та жорсткості основи.

Дубчак Н.А. запропонувала, що уточнення параметрів комбінованих очисних систем необхідно проводити з врахуванням коефіцієнта технологічної взаємодії коренеплодів з витком шнека K_T , який характеризує відношення максимально допустимої до результуючої швидкостей співудару. Встановлено, що значення $K_T \geq 1$ забезпечується для діаметра шнека 0,5...0,8 м, його частоти обертання 65...115 об/хв та кута підйому гвинтової лінії $\beta \leq 35$ град. [80], а умова забезпечення мінімальних пошкоджень коренеплодів функціонально виконується для значень діаметра шнека 0,5; 0,6 і 0,7 м та відповідної частоти обертання шнека 90, 70 і 60 об/хв.

У роботі Труханської О.О. [81] наведено положення, які уточнюють кут відбивання коренеплодів під час їх контактного удару з витком шнека, який розташовано над транспортером під кутом до напрямку руху вороху. Експериментально встановлено, що домінуючим фактором, який найсуттєвіше впливає на зміну кута відбивання коренеплодів ψ_e має кут встановлення шнека α відносно напрямку руху вороху. При цьому умова $\psi_e \leq 0$ забезпечується за значення $60 \leq \alpha \leq 65$ град.

Основним недоліком роботи таких комбінованих очисних систем є незадовільне очищення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів у зв'язку з конструктивною неможливістю ступеневого регулювання необхідної кутової швидкості очисних елементів, яка була б відмінною від кутової швидкості шнека та за якої б забезпечувалося повне відокремлення налиплого ґрунту з поверхні коренеплодів із врахуванням ступеня їх пошкодження.

Для подальшого підвищення ступеня очищення коренеплодів від домішок шляхом надання коренеплодам знакоперемінного вертикального осцилюючого руху ряд авторів запропонували виконувати шнекові очисні вали еліптичними.

Комбіновані очисники (рис. 1.15а, б) є поєднанням завантажувального елеватора 1 і очисної гірки 2 з пальчиковою поверхнею 3. У нижній частині очисної гірки розміщено поздовжній шнековий очисник 6, осі обертання шнеків знаходяться на нижній вітці еліпса та які утворюють жолоб робочого русла очисника.

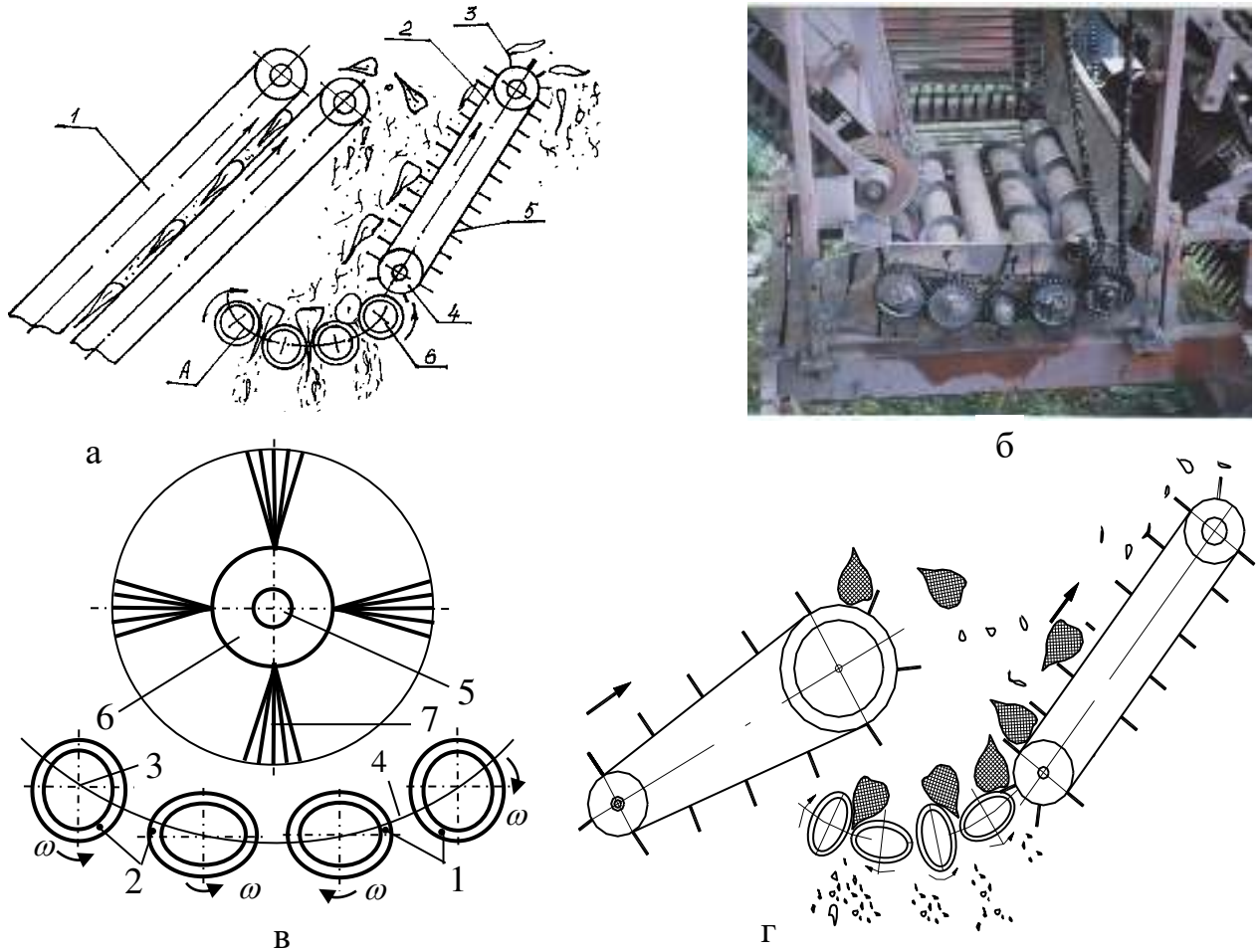


Рисунок 1.15 – Схеми (а, в, г) та загальний вигляд (б) комбінованих очисників: а, б – шнеки круглого перерізу; в, г – еліптичні шнеки

На відміну від двох пар еліптичних шнеків 1, 2. (рис. 1.15а, б) в очисниках (рис. 1.15в, г) шнеки виконані з круглим поперечним перерізом.

На основі досліджень [83] Паньків М.Р. розроблено залежності, які характеризують відносну швидкість контакту та швидкість нормального зближення коренеплоду з рифом еліптичного вальця від його параметрів:

$$\bar{V}_e = \{V_k \cos \gamma + [(R_2 - r \cos \varphi_e) \sin \psi_e - r \sin \alpha \sin \varphi_e \cos \psi_e] \omega_b\} \bar{i} - \{V_k \sin \gamma - [(R_2 - r \cos \varphi_e) \cos \psi_e + r \sin \alpha \sin \varphi_e \sin \psi_e] \omega_b\} \bar{k}. \quad (1.16)$$

$$\begin{aligned}
|\bar{V}_{збл}| = |\bar{V}_e \cdot \bar{n}| = \{V_k \cos \gamma + [(R_e - r \cos \varphi_e) \sin \psi_e - r \sin \alpha \sin \varphi_e \cos \psi_e] \omega_e\} \times \\
\times (\cos \varphi_e \cos \psi_e - \sin \alpha \sin \varphi_e \sin \psi_e) - \\
- \{V_k \sin \gamma - [(R_e - r \cos \varphi_e) \cos \psi_e + r \sin \alpha \sin \varphi_e \sin \psi_e] \omega_e\} \times \\
\times (\cos \varphi_e \sin \psi_e - \sin \alpha \sin \varphi_e \cos \psi_e).
\end{aligned} \quad (1.17)$$

Встановлено, що зміна відносних швидкостей має періодичний синусоїдальний або косинусоїдальний коливний характер і збільшується зі збільшенням кутових параметрів, а максимальне значення відносної швидкості, яке не перевищує 2,0 м/с, досягається при кутових параметрах еліптичного вальця, близьких до 90° [84].

Рамш В.Ю. [85] на основі забезпечення пропускну здатності комбінованого очисника залежно від подачі вороху коренеплодів до жолоба робочих русел шнеків розробив математичну модель, яка регламентує технологічну працездатність роботи комбінованого очисника та яку виражено через коефіцієнт технологічної працездатності очисника за умови $\eta_o \leq 1$:

$$\eta_o = \frac{W_c}{W_o} = \frac{2q\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}}{\lambda_o \rho_1 \varphi_k \left\{ D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \left[0,5d^2 \sum_{i=1}^n \arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right) + 0,5R_o^2 Z \right] \right\}} \leq 1, \quad (1.18)$$

де D – зовнішній діаметр шнека;

d – діаметр труби шнека;

h_o – висота сегмента жолоба;

R_o – радіус дуги;

q – маса вороху, розміщеного в один шар.

Але значна розбіжність теоретичних і експериментальних значень продуктивності комбінованого очисника (до 30...35 % [85]) дозволила автору зробити висновок, що подальше дослідження повинно бути направлено на уточнення теоретичного розрахункового значення продуктивності комбінованого очисника з врахуванням інтегрального теоретичного значення коефіцієнта заповнення робочого простору комбінованого очисника та

експериментального значення продуктивності комбінованого очисника з врахуванням уточненого значення коефіцієнта відокремлення домішок від коренеплодів залежно від секундної подачі вороху коренеплодів із попередніх транспортних систем коренезбиральної машини.

Також розроблено залежність для визначення мінімальної межі кутової швидкості шнека $d\varphi_{min}/dt$, яка забезпечує необхідну продуктивність жолоба робочих русел очисника [86]:

$$\frac{d\varphi_{min}}{dt} \geq \frac{4W_c}{\pi D \varphi_k k_v k_{\rho_1} t g(45^\circ - 0,5\alpha_k) (D^2 - d^2)}, \quad (1.19)$$

де k – кількість робочих русел жолоба;

α_k – кут тертя ковзання матеріалу по поверхні рифа шнека, град.

Основні значення мінімальної частоти обертання шнека знаходяться в межах $n_{min} = 130 \dots 450$ об/хв залежно від зміни секундної подачі в діапазоні $W_c = 70 \dots 160$ кг/с [86], а задана пропускна здатність очисника, наприклад, $W_c = 100$ кг/с, забезпечується при значенні $n_{min} = 195$ об/хв для $D = 0,22$ м [87].

Запропоновані комбіновані очисники через їх конструктивні складності та недосконалість мають той же самий недолік, який присутній комбінованим очисникам, що наведено на рис 1.15.

Але конструктивно-технологічні переваги цих очисних комбінованих систем, або простота конструкції та значний ресурс роботи шнека, задовільні показники якості роботи у важких ґрунтово-кліматичних умовах збирання [88-102], є передумовою подальшого удосконалення конструктивно-технологічних ознак функціонування даних комбінованих очисників.

На основі аналізу технологічного процесу роботи очисників вороху коренеплодів було обґрунтовано, що технологічна ефективність їх роботи характеризується ступенем відокремлення складових компонентів домішок від коренеплодів за рахунок відокремлення вільного та налиплого ґрунту, рослинних решток, яке відбувається у процесі їх взаємодії з очисними елементами.

В основу вирішення наукової проблеми покращення агротехнологічних

показників якості роботи коренезбиральних машин покладено гіпотезу про можливість підвищення ступеня відокремлення домішок від коренеплодів цикорію шляхом розробки та обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованих очисних систем, побудованих на основі розробки та дослідження шнекових очисних робочих органів і додаткових пристроїв, які інтенсифікують динамічні процеси взаємодії з компонентами домішок [9].

Науковою гіпотезою передбачено, що якісне очищення викопаного ВКЦ кореневого забезпечується шляхом наявності основних чотирьох технологічних операцій: руйнування основних компонентів домішок – грудок ґрунту та рослинних решток; сепарації вільних домішок – сипучого ґрунту та дрібних грудок і рослинних решток; відокремлення зв'язаних домішок – налиплого ґрунту коренеплодів; винесення відокремлених від коренеплодів домішок – крупних грудок ґрунту та бур'янів [9].

Руйнування грудок ґрунту та рослинних решток відбувається методом їх ударного контакту з робочими органами. Сепарація сипучого ґрунту та дрібних рослинних решток реалізується їх просіюванням через зазори, скочуванням грудок по похилих площинах. Винесення крупних грудок ґрунту і бур'янів забезпечується їх вильотом із робочих поверхонь, поступальним переміщенням і обертанням робочих поверхонь очисників.

Для реалізації принципів очищення ВКЦ і підвищення ступеня відокремлення домішок від коренеплодів, або інтенсифікації процесу очищення ВКЦ, нами запропоновано удосконалену схему очисної системи (ОС), яку наведено на рис. 1.16 [39, 76, 103-105, 107, 108, додатки Б5.3-Б7.3].

На рис. 1.17 наведено схему конструктивного розміщення привідного гвинта та привідного вала.

ОС складається з встановлених один за одним і послідовно виконанню технологічного процесу переміщення та очищення ВКЦ транспортних

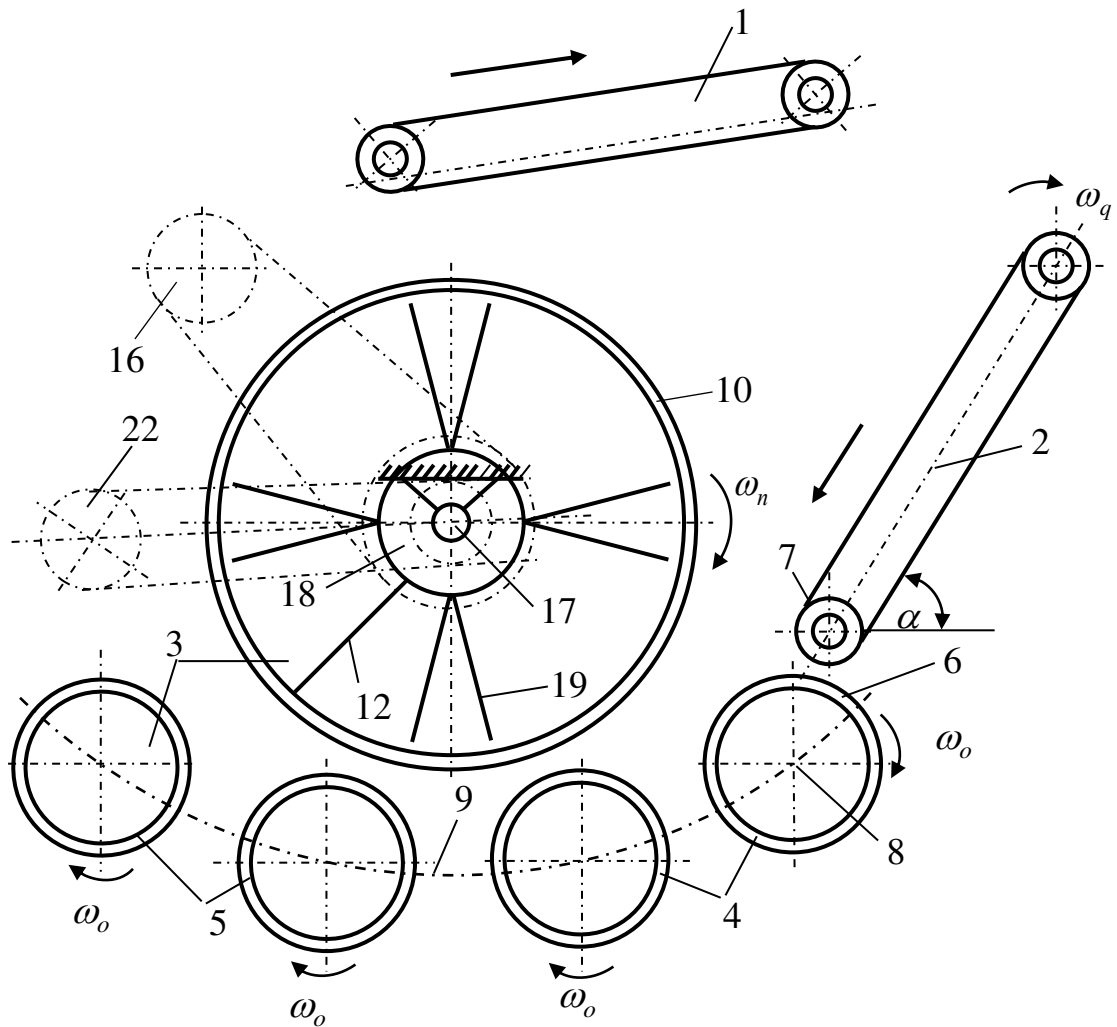


Рисунок 1.16 – Конструктивна схема очисної системи ВКЦ: 1 – завантажувальний транспортер; 2 – очисна пальчикова гірка; 3 – комбінований очисник; 4, 5 – права та ліва система поздовжніх шнеків; 6 – шнек; 7 – нижня частина сходу гірки; 8 – вісь обертання; 9 – жолоб робочого русла; 10 – приводний гвинт; 11 – опора гвинта; 12 – виток гвинта; 13 – труба гвинта; 14 – фланець гвинта; 15 – ведена зірочка гвинта; 16 – привод гвинта; 17 – привідний вал; 18 – барабан; 19 – пружні очисні елементи; 20 – опора вала; 21 – ведена зірочка вала; 22 – привод вала

елементів: завантажувального транспортера 1, очисної гірки 2 та комбінованого очисника 3. Комбінований очисник виконано у вигляді правої 4 та лівої 5 системи шнеків 6 круглого перерізу. Очисна гірка встановлена під кутом α до горизонту, нижня вихідна частина 7 якої розташована над і вздовж правої та лівої системи шнеків. Осі 8 обертання правої та лівої системи шнеків

знаходяться на нижній вітці еліпса, при цьому розташовані шнеки утворюють жолоб робочого русла 9.

Конструктивною особливістю комбінованого очисника є те, що над правою та лівою системами шнеків і вздовж них або над жолобом робочого русла на деякій відстані від шнеків встановлено приводний гвинт 10, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорі 11. Витками 12 гвинта є навита по гвинтовій лінії труба 13 круглого перерізу, яку закріплено збоку опори 11 на фланці 14. Гвинт за допомогою

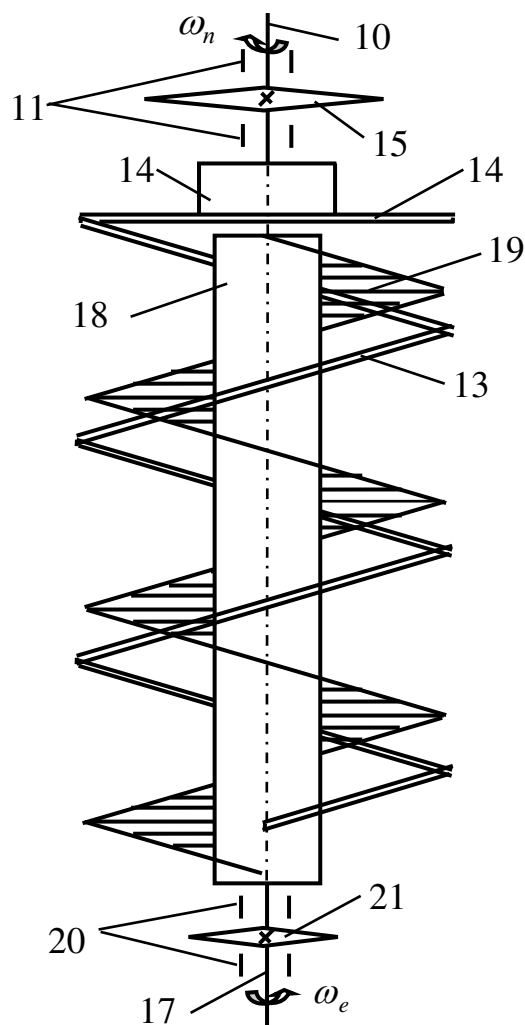


Рисунок 17 – Схема конструктивного розміщення приводного гвинта та приводного вала: 10 – приводний гвинт; 11 – опора гвинта; 13 – труба гвинта; 14 – фланець гвинта; 15 – ведена зірочка гвинта; 17 – приводний вал; 18 – барабан; 19 – пружні очисні елементи; 20 – опора вала; 21 – ведена зірочка вала; 22 – привод вала

веденої зірочки 15 приводу 16 обертається назустріч руху надходження ВКЦ з кутовою швидкістю ω_n . У порожнині пустотілого гвинтового циліндра або приводного гвинта розміщено приводний вал 17, на барабані 18 якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи 19, причому очисний вал змонтовано консольно на опорі 20, яка розміщена з протилежного боку консольної опори 11 гвинта.

Очисний вал за допомогою веденої зірочки 21 приводу 22 обертається назустріч руху гвинта з кутовою швидкістю ω_4 . За рахунок виконання незалежних приводів гвинта і очисного вала можна незалежно один від одного регулювати числові значення кутових швидкостей обертання гвинта ω_n і очисного вала ω_e , що значно підвищує очисний ефект відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів.

ОС працює наступним чином.

Викопаний копачами коренезбиральної машини ВКЦ завантажувальним транспортером 1 поступає на очисну гірку 2, де відбувається часткове відокремлення вільних ґрунтових і рослинних домішок за рахунок їх винесення за межі гірки. Залишковий ВКЦ за рахунок скочування вниз по робочій гілці гірки поступає до комбінованого очисника 3, де відбувається заповнення ВКЦ простору жолоба робочого русла та простору між витками 12 пустотілого гвинтового циліндра. Рухаючись вздовж жолоба робочого русла, тобто осей 8 обертання шнеків 6, ворох коренеплодів інтенсивно очищується від вільних домішок шляхом їх просіювання через зазори між валами шнеків. Одночасно витки гвинта 12, взаємодіючи з коренеплодами, пересувають їх в сторону, тобто знімають їх з правої 4 та лівої 5 систем шнеків, при цьому в результаті співудару коренеплодів і грудок землі з робочою поверхнею гвинта грудки землі руйнуються, і весь сипучий ґрунт і рослинні домішки просіюються через зазори між валами шнеків.

Крім того пружні очисні елементи 18 приводного вала 16 взаємодіють на тіло коренеплодів, очищаючи при цьому їх поверхню від налиплого ґрунту, при

цьому за рахунок навивання гвинтової лінії пружних очисних елементів протилежної напрямку навивання гвинтової лінії витків шнека вони переміщують рослинні домішки в протилежному напрямку вихідного кінця шнека, тобто в сторону протилежну руху коренеплодів, збільшуючи час перебування домішок у жолобі робочого русла.

Таким чином, інтенсифікація технологічного процесу очищення коренеплодів від домішок, особливо відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, досягається шляхом динамічної дії пружних очисних елементів, які змонтовані на трубі приводного очисного вала на компоненти домішок вороху коренеплодів за рахунок можливості встановлення необхідної кутової швидкості обертання ω_e приводного очисного вала за раціонального значення кутової швидкості обертання приводного гвинта ω_n .

Аналіз відомих праць показав, що в повному обсязі результатами й методами розрахунку скористатися неможливо, тому що запропонована ОС має ряд специфічних конструктивних особливостей за рахунок додаткового розміщення гвинтового пустотілого циліндра та встановленого в його порожнині приводного вала з очисними пружними елементами.

Тому методи розрахунку конструктивно-кінематичних параметрів ОС повинні мати інший підхід.

Базовими елементами, які регламентують визначення конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів ОС, повинні бути:

- дослідження процесу поетапного відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами завантажувального транспортера, очисної гірки, комбінованого очисника;

- теоретичне обґрунтування технологічного процесу переміщення компонента ВКЦ із завантажувального транспортера до очисної гірки та з гірки до комбінованого очисника;

- встановлення раціональних параметрів робочих органів комбінованого очисника на основі дослідження необхідної продуктивності та коефіцієнта відокремлення домішок від коренеплодів;

- експериментальні дослідження технологічних показників і показників якості виконання технологічного процесу залежно від зміни основних конструктивно-кінематичних параметрів ОС.

1.4 Мета та завдання дослідження

Отже, виходячи з аналізу стану питання, можна зробити такі висновки:

1. Технологічний процес очищення ВКЦ шнековими та роторними очисниками не забезпечує ефективної сепарації домішок і не відповідає вихідним вимогам. За високої вологості ґрунту поверхні шнеків залипають вологим ґрунтом і втрачають працездатність. Турбінні (роторні) очисники ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дискових турбін, що значно обмежує їх застосування в конструктивних схемах машин.

2. Подальше вдосконалення технологічного процесу відокремлення домішок від ВКЦ без розроблення нових конструктивних схем і обґрунтування раціональних параметрів робочих органів очисних систем коренезбиральних машин практично вичерпало себе в плані підвищення якості очищення коренеплодів.

3. Підвищення агротехнічних показників якості відокремлення домішок від коренеплодів доцільно здійснювати із застосуванням ОС, виконаної у вигляді системи шнеків круглого перерізу, осі яких розташовані на нижній вітці еліпса та встановленого над шнеками гвинтового пустотілого циліндра, у порожнині якого розміщено приводний вал із пружними очисними елементами.

Деякі питання інженерного характеру, що мають принципово важливе значення з точки зору концепції створення високоефективного очисного пристрою, яка базується на основі інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВКЦ, порушуються в даній дисертаційній роботі вперше.

У зв'язку з цим, на підставі виконаних у дисертаційній роботі науково-технологічних підходів і конструктивно-технологічних методів ряд питань із цієї проблеми знайшли своє науково-технічне вирішення.

Тому метою роботи і є підвищення ефективності відокремлення домішок від коренеплодів цикорію шляхом удосконалення конструкції та вибору раціональних параметрів очисної системи коренезбиральних машин.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- на основі проведеного аналізу технологічних процесів відокремлення домішок від коренеплодів удосконалити конструктивно-технологічну схему очисної системи коренезбиральних машин;

- розробити математичну модель, яка характеризує функціональну залежність інтенсифікації відокремлення домішок від коренеплодів залежно від параметрів робочих органів очисної системи та процесу переміщення вороху коренеплодів по них;

- на основі уточнення коефіцієнта заповнення простору робочої гілки завантажувального транспортера розробити теоретичну залежність, яка описує зміну продуктивності його роботи від основних параметрів;

- розробити математичну модель процесу переміщення компонента вороху коренеплодів із завантажувального транспортера на очисну гірку;

- розробити емпіричні моделі, які описують: продуктивність роботи і коефіцієнт відокремлення домішок завантажувального транспортера та комбінованого очисника; пошкодження коренеплодів робочими органами комбінованого очисника;

- провести польові порівняльні дослідження показників якості роботи удосконаленої та базової коренезбиральної машини та оцінити економічну ефективність її застосування.

Основні положення розділу опубліковано в працях [9, 21, 31, 39, 76, 103-105].

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Технологічний аналіз відокремлення домішок від коренеплодів на робочих органах очисної системи

Із погляду системного підходу до аналізу об'єктів наукових досліджень запропоновано, що теоретичний розгляд складних очисних систем і робочих органів, які обробляють вхідний потік технологічної маси, необхідно моделювати на основі рівнянь матеріального балансу і поняття “вхід-вихід” системи [16, 106].

Для аналізу технологічного процесу відокремлення домішок від коренеплодів під час переміщення ВКЦ по робочих органах ОС розглянемо її конструктивно-функціональну схему, яку наведено на рис. 2.1.

У цьому аспекті функціонування технологічного процесу ОС вороху коренеплодів (рис. 2.1) можна представити у вигляді переміщення суцільного технологічного потоку вороху коренеплодів по його робочих органах, які розташовані послідовно один за одним або у вигляді моделювання функціонально розташованих один за одним послідовних суміжних технологічних потоків.

При цьому ВКЦ кореневого, який викопаний копаками коренезбиральної машини і складається з двох компонентів коренеплодів і домішок (вільних ґрунтових і рослинних домішок, налиплого на коренеплодах ґрунту, залишків гички на головках коренеплодів) подається до завантажувального скребкового транспортера 1 (рис. 2.1), де відбувається попереднє часткове просіювання вільних домішок через зазори між прутками транспортера. У подальшому транспортер 1 переміщує складові компоненти вороху коренеплодів на пальчикову гірку 2, де відокремлюється частина налиплого ґрунту, а частка вільних домішок виноситься за межі гірки.

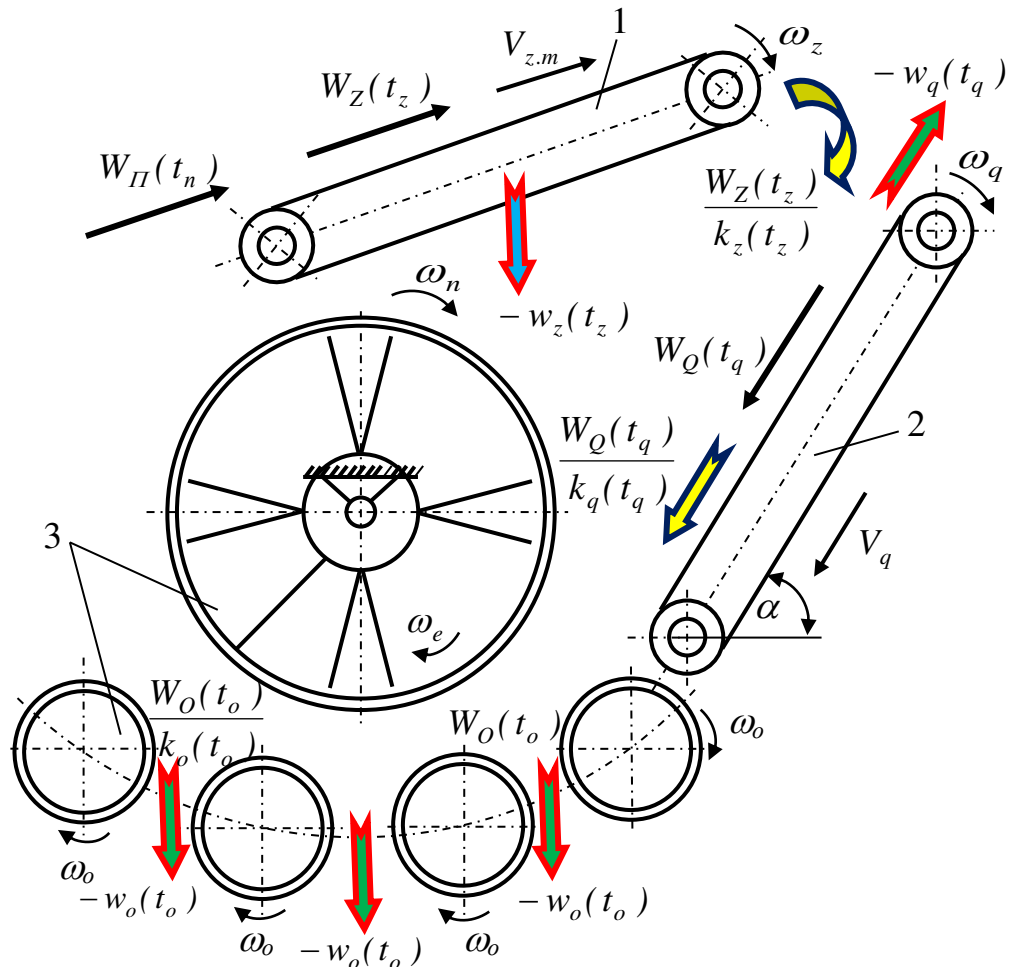


Рисунок 2.1 – Функціональна схема технологічного процесу роботи ОС: 1 – завантажувальний скребковий транспортер; 2 – пальчикова гірка; 3 – комбінований очисник

Неочищений ВКЦ кореневого з нижнього сходу гірки надходить на комбінований очисник 3, який остаточно очищує коренеплоди від вільних ґрунтових і рослинних домішок, налиплого ґрунту та залишків гички на головках коренеплодів, а очищенні коренеплоди шнеками та витками пустотілого циліндра комбінованого очисника переміщуються на подальші технологічні системи – або в бункер, або на завантажувальний транспортер коренезбиральної машини.

Для проведення подальшого аналітичного аналізу переміщення вороху коренеплодів (технологічної маси) по завантажувальному транспортері, очисній пальчиковій гірці та комбінованому очиснику позначимо [107]:

- подачу викопаного копачем коренезбиральної машини ВКЦ за час t_n

через $W_{\Pi}(t_n)$;

- подачу завантажувального транспортера за час t_z через $W_Z(t_z)$;
- подачу очисної гірки за час t_q через $W_Q(t_q)$;
- подачу комбінованого очисника за час t_o через $W_O(t_o)$.

Тоді аналітичне моделювання процесу роботи складної ОС у аспекті збереження технологічності її функціонування можна записати у вигляді умови:

$$W_O(t_o) \geq W_Q(t_q) \geq W_Z(t_z) \geq W_{\Pi}(t_n), \quad (2.1)$$

де t_o – час перебування ВКЦ на робочих поверхнях комбінованого очисника;

t_q – час перебування ВКЦ на робочих поверхнях пальчикової гірки;

t_z – час перебування ВКЦ на робочих поверхнях завантажувального транспортера;

t_n – час переміщення викопаного ВКЦ від копача коренезбиральної машини до завантажувального транспортера.

Із врахуванням відповідних коефіцієнтів сепарації вільних домішок на шляху переміщення ВКЦ по робочих органах ОС і згідно з прийнятими припущеннями можна записати, що:

- подача викопаного ВКЦ до завантажувального транспортера $W_{\Pi}(t_n)$ за час t_n буде становити:

$$W_{\Pi}(t_n) = W_K(t_n) / k_n(t_n), \quad (2.2)$$

де $W_K(t_n)$ – подача викопаного ВКЦ від копача коренезбиральної машини до завантажувального транспортера ОС за час його переміщення t_n ;

$k_n(t_n)$ – коефіцієнт сепарації вільних домішок на шляху переміщення викопаного ВКЦ від копача коренезбиральної машини до завантажувального транспортера ОС за час його переміщення t_n ;

- подача завантажувального транспортера $W_Z(t_z)$ за час t_z до очисної гірки з врахуванням (2.2) буде становити:

$$W_Z(t_z) = W_{II}(t_n) / k_z(t_z) = W_K(t_n) / k_n(t_n) k_z(t_z), \quad (2.3)$$

де $k_z(t_z)$ – коефіцієнт сепарації вільних домішок завантажувального скребкового транспортера;

- подача очисної гірки $W_Q(t_q)$ за час t_q до комбінованого очисника з врахуванням (2.3) буде становити:

$$W_Q(t_q) = W_Z(t_z) / k_q(t_q) = W_K(t_n) / k_n(t_n) k_z(t_z) k_q(t_q), \quad (2.4)$$

де $k_q(t_q)$ – коефіцієнт сепарації вільних домішок гірки;

- пропускна здатність комбінованого очисника $W_O(t_o)$ за час t_o з врахуванням (2.4) буде становити:

$$W_O(t_o) = W_Q(t_q) / k_o(t_o) = W_K(t_n) / k_n(t_n) k_z(t_z) k_q(t_q) k_o(t_o), \quad (2.5)$$

де $k_o(t_o)$ – загальний коефіцієнт сепарації домішок комбінованого очисника.

Тоді згідно з залежностями (2.2)-(2.5) умова (2.1) раціонального функціонування ОС набуде вигляду [108]:

$$W_O(t_o) \geq W_Q(t_q) / k_o(t_o) \geq W_Z(t_z) / k_q(t_q) \geq W_{II}(t_n) / k_z(t_z); \quad (2.6)$$

$$[k_o(t_o)]^{-1} \geq k_q(t_q) \geq 1, \quad (2.7)$$

де порядок спрощення залежності (2.7) наведено в додатку В1.1.

Коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_n(t_n)$ на шляху переміщення викопаного копачем ВКЦ до завантажувального транспортера, коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_z(t_z)$ завантажувального скребкового транспортера, коефіцієнт сепарації $k_q(t_q)$ вільних домішок гірки та загальний коефіцієнт сепарації $k_o(t_o)$ домішок комбінованого очисника з врахуванням тієї кількості домішок, яка відокремлюється від коренеплодів на шляху переміщення викопаного копачем ВКЦ до завантажувального транспортера ($-w_n(t_n)$) та яка відокремлюється на робочих поверхнях завантажувального

транспортера ($-w_z(t_z)$), пальчикової гірки ($-w_q(t_q)$), комбінованого очисника ($-w_o(t_o)$) згідно з рис. 2.1 можна записати у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_n(t_n) = \frac{W_{II}(t_n) - w_n(t_n)}{W_{II}(t_M)} = 1 - \frac{w_n(t_n)}{W_{II}(t_n)}; \\ k_z(t_z) = \frac{W_Z(t_z) - w_z(t_z)}{W_Z(t_z)} = 1 - \frac{w_z(t_z)}{W_Z(t_z)}; \\ k_q(t_q) = \frac{W_Q(t_q) - w_q(t_q)}{W_Q(t_q)} = 1 - \frac{w_q(t_q)}{W_Q(t_q)}; \\ k_o(t_o) = \frac{W_O(t_o) - w_o(t_o)}{W_O(t_o)} = 1 - \frac{w_o(t_o)}{W_O(t_o)} \end{array} \right. , \quad (2.8)$$

де ($-w_n(t_n)$); ($-w_z(t_z)$); ($-w_q(t_q)$); ($-w_o(t_o)$) – відповідно, кількість відокремлених домішок: на шляху переміщення викопаного копачами ВКЦ до завантажувального транспортера; завантажувальним транспортером; пальчиковою гіркою; комбінованим очисником за час перебування ВКЦ на робочому органі.

Час перебування ВКЦ на робочих поверхнях комбінованого очисника t_o , пальчикової гірки t_q , завантажувального транспортера t_z та час переміщення викопаного копачем коренезбиральної машини ВКЦ t_n згідно з [109] можна записати у вигляді:

$$t_o = \frac{dS_o}{dV_o}; \quad t_q = \frac{dS_q}{dV'_q}; \quad t_z = \frac{dS_z}{dV_z}; \quad t_M = \frac{dS_K}{dV_K}, \quad (2.9)$$

де S_o, S_q, S_z, S_K – відповідно, шлях переміщення ВКЦ по робочих поверхнях комбінованого очисника, пальчикової гірки, завантажувального транспортера, від копача коренезбиральної машини до завантажувального транспортера м;

$V_o; V'_q; V_z; V_K$ – швидкість переміщення ВКЦ по робочих поверхнях: комбінованого очисника; пальчикової гірки; завантажувального транспортера; на шляху від копача збиральної машини до завантажувального транспортера, м/с.

Підставивши значення складових відповідних коефіцієнтів сепарації ВКЦ

та його часу перебування на робочих поверхнях з (2.8), (2.9) у залежності (2.6) і (2.7), одержимо:

$$\frac{W_o \left(\frac{dS_o}{dV_o} \right)}{1 - \frac{w_o(t_o)}{W_o(t_o)}} \geq \frac{W_Q \left(\frac{dS_q}{dV'_q} \right)}{1 - \frac{w_q(t_q)}{W_Q(t_q)}} \geq \frac{W_z \left(\frac{dS_z}{dV_z} \right)}{1 - \frac{w_z(t_z)}{W_Z(t_z)}} \geq \frac{W_K \left(\frac{dS_K}{dV_K} \right)}{1 - \frac{w_n(t_n)}{W_{II}(t_n)}}; \quad (2.10)$$

$$\left(1 - \frac{w_o(t_o)}{W_o(t_o)} \right)^{-1} \geq 1 - \frac{w_q(t_q)}{W_Q(t_q)} \geq 1, \quad (2.11)$$

або

$$\frac{W_o(t_o)}{W_o - w_o} \geq \frac{W_Q(t_q) - w_q(t_q)}{W_Q} \geq 1. \quad (2.12)$$

Позначимо складові: $S_o = L_o$, де L_o – довжина шнекового вала комбінованого очисника; $S_z = L_z$, де L_z – довжина робочої гілки завантажувального транспортера; $S_q = H_q = L_q \sin \alpha \lambda_q$, де H_q – висота переміщення ВКЦ з його точки контакту робочої гілки пальчикової гірки до робочої поверхні комбінованого очисника, L_q – довжина робочої гілки пальчикової гірки, α – кут нахилу пальчикової гірки до горизонту (град.), λ_q – коефіцієнт, який враховує пропорційність висоти переміщення H_q ВКЦ відносно довжини L_q робочої гілки;

$V_o = V_{o.m} k_{V_o} = \frac{T_o \omega_o k_{V_o}}{2\pi} = \frac{T_o k_{V_o}}{2\pi} \frac{d\varphi_o}{dt}$, де $V_{o.m}$ – теоретична швидкість осьового переміщення витків шнека (м/с), k_{V_o} – коефіцієнт, який враховує зниження V_o відносно $V_{o.m}$ [110], T_o – крок шнека (м), $\omega_o = d\varphi_o / dt$ – кутова швидкість шнека (рад/с) [111], φ_o – кут повороту шнека, град.; $V'_q = \sqrt{2gH_q} = \sqrt{2gL_q \sin \alpha \lambda_q}$, де g – прискорення вільного падіння, м/с²; $V_z = V_{z.m} k_{V_z} = \omega_z R_z k_{V_z} = R_z k_{V_z} \frac{d\varphi_z}{dt}$, де $V_{z.m}$ – теоретична швидкість руху робочої гілки завантажувального транспортера (м/с), k_{V_z} – коефіцієнт, який враховує зниження V_z відносно $V_{z.m}$ [112], R_z – радіус привод-

ного вала завантажувального транспортера (м), $\omega_z = d\varphi_z / dt$ – кутова швидкість приводного вала (рад/с) [111], φ_z – кут повороту приводного вала, град.

Крім того, позначимо відношення $w_i(t_i)/W_i(t_i)$ у вигляді символічного оператора або передавальної функції згідно з [113], або $w_i(t_i)/W_i(t_i) = W_i(s_i)$.

Підставивши значення складових у залежності (2.8), (2.10), (2.11) та згідно з (2.1), одержимо прикінцеву умову раціонального функціонування ОС:

$$\begin{cases} k_n(t_n) = 1 - W_{II}(s_n); k_z(t_z) = 1 - W_Z(s_z); \\ k_q(t_q) = 1 - W_Q(s_q); k_o(t_o) = 1 - W_O(s_o) \end{cases}; \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} & \frac{W_O \left[\frac{d(2\pi L_o)}{d(T_o k_{V_o})} \left(\frac{d\varphi_o}{dt} \right)^{-1} \right]}{1 - \frac{w_o(t_o)}{W_O(t_o)}} \geq \frac{W_Q \left[\frac{d(L_q \sin \alpha \lambda_q)}{d(\sqrt{2g L_q \sin \alpha \lambda_q})} \right]}{1 - \frac{w_q(t_q)}{W_Q(t_q)}} \geq \\ & \geq \frac{W_Z \left[\frac{dL_z}{d(R_z k_{V_z})} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} \right)^{-1} \right]}{1 - \frac{w_z(t_z)}{W_Z(t_z)}} \geq \frac{W_K \left(\frac{dS_K}{dV_K} \right)}{1 - \frac{w_n(t_n)}{W_{II}(t_n)}} \end{aligned}; \quad (2.14)$$

$$\frac{1}{1 - W_O(s_o)} \geq 1 - W_Q(s_q) \geq 1. \quad (2.15)$$

Одержані залежності є математичними детермінованими моделями, які характеризують функціональну залежність зміни інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів залежно від параметрів робочих органів ОС, які записано в параметричній (2.14) і операторній (2.13), (2.15) формі.

2.2 Обґрунтування продуктивності завантажувального транспортера

Обґрунтування параметрів завантажувального транспортера проведемо на основі забезпечення технологічності (раціонального) функціонування ОС згідно з умовою (2.1), при цьому можна записати, що:

$$W_Z(t_z) \geq W_{II}(t_n) \geq W_K(t_n) / k_n(t_n). \quad (2.16)$$

Виразивши в (2.16) подачу ВКЦ $W_i(t_i)$ і коефіцієнт $k_i(t_i) = k_i$ за час $t_i = 1$ с та позначивши, відповідно, $W_Z(t_z) = Q_z$, $W_{II}(t_n) = Q_n$, $W_K(t_n) = Q_k$, одержимо:

$$Q_z \geq Q_n \geq \frac{Q_k}{k_n}, \quad (2.17)$$

де Q_z – продуктивність роботи завантажувального транспортера, кг/с;

Q_n – продуктивність роботи проміжного транспортного робочого органу, який розташовано між копачем коренезбиральної машини та завантажувальним транспортером ОС, кг/с.

Q_k – розрахункова (теоретична) продуктивність роботи копача коренезбиральної машини, кг/с.

Продуктивність роботи завантажувального скребкового транспортера Q_z визначимо за відомою залежністю згідно з [114], яка характеризує продуктивність роботи технічних засобів безперервної дії:

$$Q_z = F_v V_z \rho_v k_\varepsilon \psi, \quad (2.18)$$

де F_v – площа поперечного перерізу вантажу, м²;

V_z – швидкість руху (переміщення) вантажу, м/с;

ρ_v – об'ємна маса вантажу, кг/м³;

k_ε – коефіцієнт нахилу транспортера до горизонту;

ψ – коефіцієнт заповнення простору робочої гілки транспортера.

Для подальшого аналізу процесу переміщення компонента ВКЦ та обґрунтування основних параметрів завантажувального транспортера ОС розглянемо складену розрахункову схему, яку наведено на рис. 2.2.

Транспортування ВКЦ робочою гілкою завантажувального скребкового транспортера умовно поділимо на два етапи:

- I-й етап – переміщення компонента ВКЦ до вихідної зони завантажувального транспортера;

- II-й етап – вивантаження компонента ВКЦ та його переміщення на очисну гірку.

На I-му етапі ВКЦ, який складається з ґрунтових і рослинних домішок та коренеплодів цикорію 1 (рис. 2.2), надходить до завантажувального транспортера 2, який встановлено під кутом ε до горизонту та переміщується прутками 3 і скребками 4 робочої гілки 5, яка рухається зі швидкістю $V_{z.m}$ до зони II-го етапу.

Для формалізації процесу переміщення приймаємо припущення, що:

- ворох коренеплодів на прутках робочої гілки розташовується в одиничному шарі [16], за якого створюються умови для відокремлення від коренеплодів максимально можливої кількості домішок шляхом просіювання вільних домішок через зазори між прутками;

- об'ємна маса вантажу ρ_v дорівнює об'ємній масі коренеплодів цикорію ρ_k , тобто $\rho_v = \rho_k$;

- висота шару ВКЦ h_v не більша або рівна висоті скребка h_c , а довжина скребка b_c дорівнює ширині полотна B_z робочої гілки, тобто, $h_v \leq h_c$, $b_c = B_z$.

Площа поперечного перерізу ВКЦ F_v , який розташовується на прутках транспортера в одиничному шарі, залежить від ширини робочої гілки транспортера, яку позначимо через B_z , та висоти шару ВКЦ h_k або:

$$F_v = B_z h_v, \quad (2.19)$$

де B_z – ширина робочої гілки транспортера, м;

h_v – висота шару ВКЦ, м.

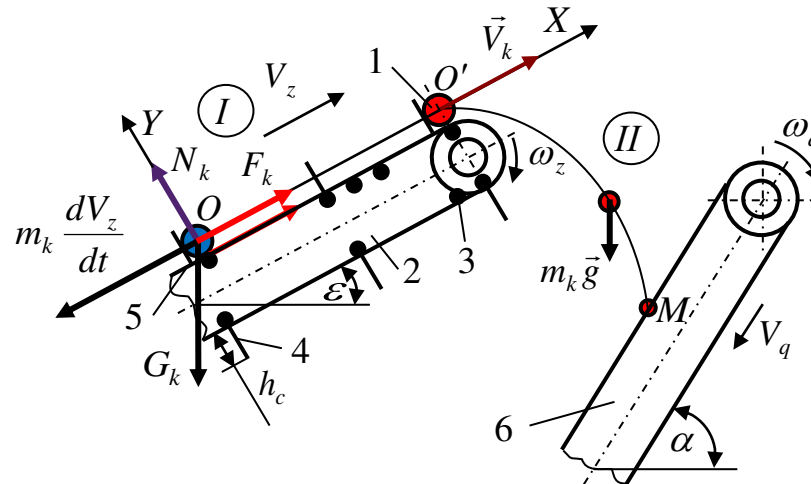


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунку параметрів завантажувального транспортера: 1 – коренеплід; 2 – завантажувальний транспортер; 3 – пруток; 4 – скребок; 5 – робоча гілка; 6 – пальчикова гірка

Швидкість переміщення вантажу V_z або ВКЦ залежить від теоретичної швидкості руху робочої гілки $V_{z.m}$ завантажувального транспортера та коефіцієнта k_{V_z} [112], який враховує зниження швидкості V_z переміщення ВКЦ відносно теоретичної швидкості руху $V_{z.m}$ робочої гілки завантажувального транспортера ОС за рахунок проковзування ВКЦ або запізнення руху матеріальних мас, коливання робочої гілки тощо [115]:

$$V_z = V_{z.m} k_{V_z} = 0,5 D_z k_{V_z} \frac{d\varphi_z}{dt}, \quad (2.20)$$

де D_z – діаметр приводного вала завантажувального транспортера, м.

Одним із пріоритетних і особливих чинників, який буде регламентувати розрахункову продуктивність роботи завантажувального скребкового транспортера, є показник, що характеризує коефіцієнт заповнення робочого об'ємного простору ψ робочої гілки транспортера [116] і який, у свою чергу, залежить не тільки від кількості матеріалу, що надходить до нього, але і від конструктивного виконання основного транспортуючого елемента, тобто скребкового транспортера [117].

У загальному контексті коефіцієнт заповнення робочого простору ψ показує, яка частина корисного об'єму робочої гілки заповнена матеріалом, що переміщується прутками та скребками завантажувального транспортера.

На основі цього сформулюємо коефіцієнт ψ , як добуток реального (дійсного) значення коефіцієнта заповнення робочого простору та відношення об'єму міжскребкового простору, що заповнений матеріалом до можливого загального об'єму простору робочої гілки [116], тобто:

$$\psi = \psi' \frac{V_n}{V_{zn}} \leq 1, \quad (2.21)$$

де ψ – дійсне або реальне (технологічне) значення коефіцієнта заповнення робочого простору;

V_n – заповнений об'єм міжскребкового простору, м³;

V_{zn} – загальний об'єм простору робочої гілки, м³.

Для визначення встановлених об'ємів V_{zn} , V_n і в кінцевому випадку коефіцієнта заповнення ψ та розрахункової продуктивності завантажувального транспортера розглянемо складену конструктивно-розрахункову схему до визначення технологічних показників завантажувального транспортера, яку наведено на рис. 2.2.

Визначимо встановлені об'єми – загальний об'єм простору робочої гілки V_{zn} і заповнений об'єм міжскребкового простору V_n .

Згідно з рис. 2.2 загальний об'єм V_{zn} складається з внутрішнього міжскребкового об'єму робочої гілки або з об'єму прямого паралелепіпеда, який згідно з [118] визначається за формулою:

$$V_{zn} = B_z L_z h_c. \quad (2.22)$$

Заповнений об'єм міжскребкового простору V_n робочої гілки визначимо з наступних міркувань. При цьому V_n за своєю суттю є не що інше, як корисним об'ємом, у якому розміщується завантажений ВКЦ.

Корисний об'єм V_n робочої гілки складається з різниці об'ємів – загального міжскребкового об'єму V_{zn} та сумарного об'єму, який займають робочі елементи V_e , або сумарного об'єму, який займають скребки, що розташовані на довжині робочої гілки, тобто:

$$V_n = V_{zn} - V_e; \quad V_e = \sum_{i=1}^n V_{ci} = b_c \delta_c h_c n = b_c \delta_c h_c \frac{L_z}{T_c}, \quad (2.23)$$

де V_n – корисний об'єм робочої гілки, м³;

V_e – сумарний об'єм, що займають робочі елементи, м³;

V_{ci} – об'єм одного скребка, м³;

b_c, h_c, δ_c – відповідно, довжина, висота та ширина скребка, м;

$n = L_z / T_c$ – кількість скребків, які розташовуються по довжині робочої гілки L_z завантажувального транспортера, шт.;

T_c – відстань між двома суміжними скребками або крок скребків, м.

Таким чином, підставивши значення V_n із (2.23) у формулу (2.21), одержимо залежність для визначення коефіцієнта заповнення ψ простору:

$$\psi = \psi' \frac{V_{zn} - V_e}{V_{zn}} = \psi' \frac{\frac{V_{zn}}{V_{zn}} - \frac{V_e}{V_{zn}}}{\frac{V_{zn}}{V_{zn}}} = \psi' \left(1 - \frac{V_e}{V_{zn}} \right). \quad (2.24)$$

Позначимо відношення $V_e / V_{zn} = \lambda_z$, де символ λ_z сформулюємо, як позначення конструктивного геометричного коефіцієнта завантажувального транспортера (в подальшому – конструктивний коефіцієнт λ_z), який є постійною величиною тільки під час одного налаштованого конструктивного циклу технологічного процесу роботи ОС.

Тоді залежність (2.24) матиме вигляд:

$$\psi = \psi' (1 - \lambda_z) \leq 1. \quad (2.25)$$

Абсолютне значення коефіцієнта заповнення ψ є непостійним і буде залежати від миттєвого технологічного параметра ψ' , який регламентує ступінь завантаження робочої гілки завантажувального транспортера, або технологічної подачі коренеплодів $W_{II}(t)_n$ (рис. 2.1) та конструктивного коефіцієнта λ_z , або конструктивного виконання завантажувального скребкового транспортера, або його геометричних параметрів: ширини полотна робочої гілки B_z , довжини b_c , ширини δ_c та висоти h_c скребка, кроку скребків T_c тощо.

При цьому:

$$\lambda_z = \frac{b_c \delta_c h_c L_z}{B_z L_z h_k T_c} = \frac{\delta_c}{T_c}. \quad (2.26)$$

Згідно з положеннями [119] максимально-допустима висота шару h_v ВКЦ на робочій гілці похилого транспортера визначається граничною висотою $h_{v.max}$ вантажу над нею:

$$h_{v.max} = B_z \frac{k_h - tg \varepsilon}{\mu_z f_m}, \quad (2.27)$$

де ε – кут нахилу завантажувального транспортера (робочої гілки) до горизонту, град.;

k_h – коефіцієнт зчеплення ВКЦ з прутками робочої гілки завантажувального транспортера, при цьому згідно з [120]:

$$k_h = \left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) \theta, \quad (2.28)$$

де $\theta = 0,6 \dots 0,8$ – емпіричний коефіцієнт [120];

f_m – коефіцієнт тертя коренеплодів по металевій поверхні;

τ_0 – початковий опір зсуву, Н/м²;

μ_z – коефіцієнт бокового тиску коренеплодів на стінки скребка, при цьому згідно з [121]:

$$\mu_z = \left(\frac{1,2 + f_m}{1 + 2f_m^2} \right) \theta. \quad (2.29)$$

Тоді згідно з (2.27)-(2.29) $h_{v,max}$ визначається за формулою:

$$h_{v,max} = \frac{B_z}{f_m} \frac{\left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg \varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta} \right)}{(1,2 + f_m)}, \quad (2.30)$$

де порядок перетворення залежності (2.30) наведено у додатку В2.2.

Підставивши значення складових з (2.19), (2.20), (2.25), (2.26) і (2.30) у формулу (2.18), одержимо залежність для визначення продуктивності роботи завантажувального транспортера ОС [122]:

$$Q_z = \frac{B_z^2 D_z k_{V_z} \rho_k k_\varepsilon \psi'}{f_m (1,2 + f_m)} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} \right) \left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg \varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta} \right) \left(1 - \frac{\delta_c}{T_c} \right), \quad (2.31)$$

де порядок перетворення залежності (2.31) наведено у додатку В3.2.

Враховуючи, що $d\varphi_z / dt = \omega_z = \pi n_z / 30$ [115], де n_z – частота обертання приводного вала завантажувального транспортера (об/хв), формула (2.31) набуде кінцевого вигляду [123]:

$$Q_z = \frac{\pi n_z B_z^2 D_z k_{V_z} \rho_k k_\varepsilon \psi'}{30 f_m (1,2 + f_m)} \left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg \varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta} \right) \left(1 - \frac{\delta_c}{T_c} \right). \quad (2.32)$$

За початкових умов $B_z = 0,9$ м, $D_z = 0,18$ м, $\delta_c = 0,05$ м (стандартний ряд ширини пруткових транспортерів [124]), $f_m = 0,5$ [125], $\rho_k = 550$ кг/м³ [21, 25], $h_c = 0,2$ м, $k_\varepsilon = 0,7$, $\varepsilon = \pi/6$, град., $k_{V_z} = 0,9$ побудовано залежність зміни продуктивності роботи Q_z завантажувального транспортера як функціонал: рис. 2.3а – $Q_z = f(n_z; \psi')$; рис. 2.3б – $Q_z = f(n_z; T_c)$.

Аналіз побудованих графічних відтворень показує, що теоретична розрахункова продуктивність роботи Q_z завантажувального транспортера ОС знаходиться в межах 9...62 кг/с залежно від зміни його конструктивно-кінематичних і технологічних параметрів. Функціональна залежність $Q_z = f(n_z; \psi')$, $Q_z = f(n_z; T_c)$ зміни Q_z має прямопропорційний характер – зі збільшенням як частоти обертання приводного вала n_z , так і кроку скребків T_c , а також коефіцієнта заповнення ψ' продуктивність роботи Q_z зростає, рис. 2.3.

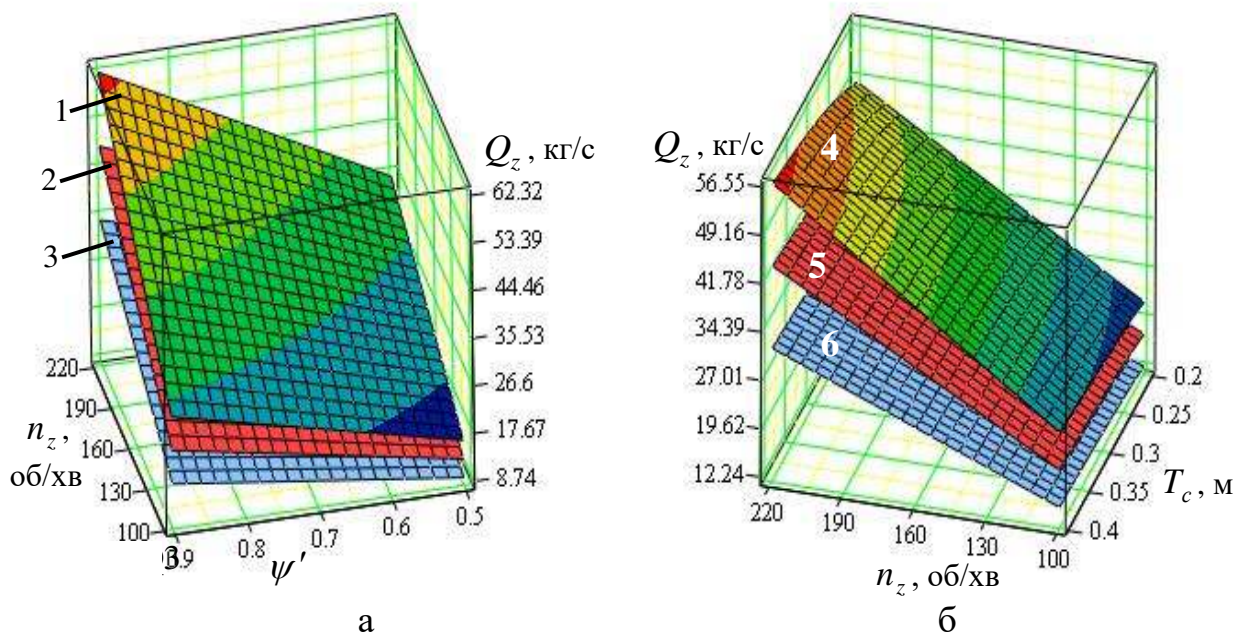


Рисунок 2.3 – Залежність зміни продуктивності роботи завантажувального транспортера як функціонал: а) $Q_z = f(n_z; \psi')$; б) $Q_z = f(n_z; T_c)$; 1, 2, 3 – $\varepsilon = 30, 45, 60$ град.; 4, 5, 6 – $\psi' = 0,5; 0,7; 0,9$

Домінуючим параметром, який характеризує зміну продуктивності роботи Q_z та має значний суттєвий вплив її збільшення, є частота обертання приводного вала n_z : у межах зміни частоти обертання n_z від 100 до 220 об/хв продуктивність роботи Q_z значно зростає – у середньому на 15...20 кг/с, що також характерно поведінці зміни функціонала $Q_z = f(n_z)$, залежність якого наведено на рис. 2.4а та рис. 1В4.2 додатка В4.2. Збільшення кроку скребків T_c завантажувального транспортера призводить до незначного збільшення його продуктивності роботи: у межах збільшення кроку T_c від 0,2 до 0,4 (м)

продуктивність роботи Q_z зростає в середньому на 4...5 кг/с, що також характерно поведінці зміни функціонала $Q_z = f(T_c)$, рис. 2В4 додатка В4.2.

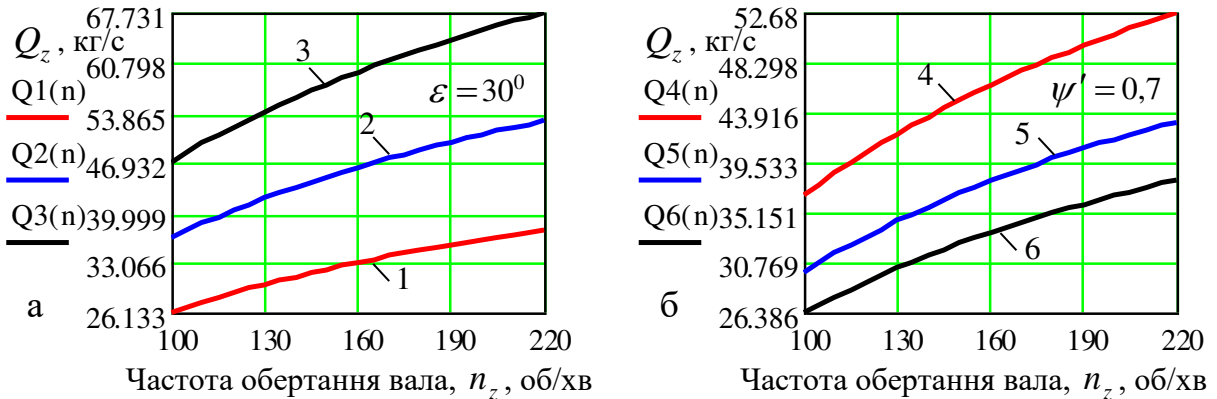


Рисунок 2.4 – Залежність зміни продуктивності завантажувального транспортера як функціонал: а, б – $Q_z = f(n_z)$; 1, 2, 3 – відповідно, $\psi' = 0,5; 0,7; 0,9$; 4, 5, 6 – відповідно, $\varepsilon = 30; 45; 60$ град.

Подальше обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів і режимів роботи завантажувального скребкового транспортера ОС проведемо згідно із умовою (2.16), (2.17), де на основі одержаного нами теоретичного аналізу [76] було розроблено залежності, які характеризують продуктивність роботи викопувальної частини, або теоретичну розрахункову секундну подачу ВКЦ, який викопаний копачем коренезбиральної машини, при цьому:

$$W_1(t_k) = \frac{\pi}{12} n_k \rho_k k_k V_M D_k^2 N t_k (h + D_k); \quad (2.33)$$

$$W_2(t_k) = n_k \rho_2 \lambda_\rho k_c V_M h t_k \left[(a + 2l \sin \alpha + h \operatorname{tg} \beta) - \frac{1}{12} \pi D_k^2 N \right], \quad (2.34)$$

де W_1 , W_2 – відповідно, теоретична розрахункова секундна подача коренеплодів цикорію кореневого і домішок копачем коренезбиральної машини, кг/с;

n_k – кількість рядків коренеплодів, які викопуються одночасно копачем коренезбиральної машини, шт.;

ρ_2 – питома маса домішок, кг/м³;

k_k – загальний коефіцієнт втрат коренеплодів;

λ_ρ – коефіцієнт сепарації ґрунту з n_k -х рядків копачем коренезбиральної машини;

V_M – поступальна швидкість копача (м/с), розмірність якої в цьому випадку можна записати як (п.м/с) за співпаданням симетричної відмінності множин згідно з [118];

D_k – усереднений діаметр головки коренеплодів, м;

N – усереднена кількість коренеплодів на 1 п.м;

a, l – конструктивні параметри копача викопувальної частини коренезбиральної машини, м;

α, β – геометричні параметри копача викопувальної частини коренезбиральної машини, град.;

h – глибина ходу робочого органу копача викопувальної частини коренезбиральної машини, м.

Тоді секундна подача ВКЦ Q_k , який викопаний копачем викопувальної частини коренезбиральної машини або продуктивність копача згідно з (2.33), (2.34) буде визначається за формулою:

$$Q_k = V_M n_k \left\{ \frac{\pi}{12} \rho_k k_k D_k^2 N (h + D_k) + \rho_2 \lambda_\rho k_c h \left[(a + 2l \sin \alpha + h \operatorname{tg} \beta) - \frac{1}{12} \pi D_k^2 N \right] \right\}. \quad (2.35)$$

Таким чином, згідно з умовою (2.16), (2.17) та з врахуванням (2.32) маємо:

$$\begin{aligned} & \frac{\pi n_z B_z^2 D_z k_{V_z} \rho_k k_\varepsilon \psi'}{30 f_m (1,2 + f_m)} \left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta} \right) \left(1 - \frac{\delta_c}{T_c} \right) \geq \\ & \geq \frac{V_k n_k}{k_n} \left\{ \frac{\pi}{12} \rho_k k_k D_k^2 N (h + D_k) + \rho_2 \lambda_\rho k_c h \left[(a + 2l \sin \alpha + h \operatorname{tg} \beta) - \frac{1}{12} \pi D_k^2 N \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.36)$$

або

$$\frac{V_{z,m} B_z^2 k_{V_z} \rho_k k_\varepsilon \psi'}{2 f_m (1,2 + f_m)} \left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta} \right) \left(1 - \frac{\delta_c}{T_c} \right) \geq (Q_1 + Q_2) \frac{1}{k_n} \geq Q_k \frac{1}{k_n}. \quad (2.37)$$

Тоді необхідна теоретична швидкість руху $V_{z.m}$ робочої гілки завантажувального транспортера ОС буде визначатися за формулою:

$$V_{z.m} \geq \frac{2f_m(1,2+f_m)V_M n_k k_n \left\{ \frac{\pi}{12} \rho_k k_k D_k^2 N(h+D_k) + \rho_2 \lambda_\rho k_c h \times \right.}{B_z^2 k_{V_z} \rho_k k_\varepsilon \psi' \left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg\varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1+f_m^2}{\theta} \right) \left(1 - \frac{\delta_c}{T_c} \right)} \left. \times \left[(a+2l \sin \alpha + htg\beta) - \frac{1}{12} \pi D_k^2 N \right] \right\} \quad (2.38)$$

або

$$V_{z.m} \geq \frac{2f_m(Q_1+Q_2)k_n(1,2+f_m)}{B_z^2 k_{V_z} \rho_k \psi k_z \left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg\varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1+f_m^2}{\theta} \right) \left(1 - \frac{\delta_c}{T_c} \right)} \geq \frac{2Q_k f_m k_n (1,2+f_m)}{B_z^2 k_{V_z} \rho_k k_\varepsilon \psi' \left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg\varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1+f_m^2}{\theta} \right) \left(1 - \frac{\delta_c}{T_c} \right)} \quad (2.39)$$

Згідно з рівнянням (2.38) побудовано залежність зміни робочої швидкості руху $V_{z.m}$ робочої гілки завантажувального транспортера від секундної подачі ВКЦ копачем коренезбиральної машини, яку наведено на рис. 2.5.

На основі аналізу рис. 2.5 встановлено, що в межах зміни секундної подачі ВКЦ Q_k копачем коренезбиральної машини від 30 до 60 кг/с теоретична швидкість руху робочої гілки $V_{z.m}$ завантажувального транспортера, яка описується функціоналом $V_{z.m} = f(Q_k)$ та за якої буде забезпечуватися умова раціонального функціонування завантажувального транспортера ОС згідно з (2.17), знаходиться в межах від 0,6...2,9 м/с.

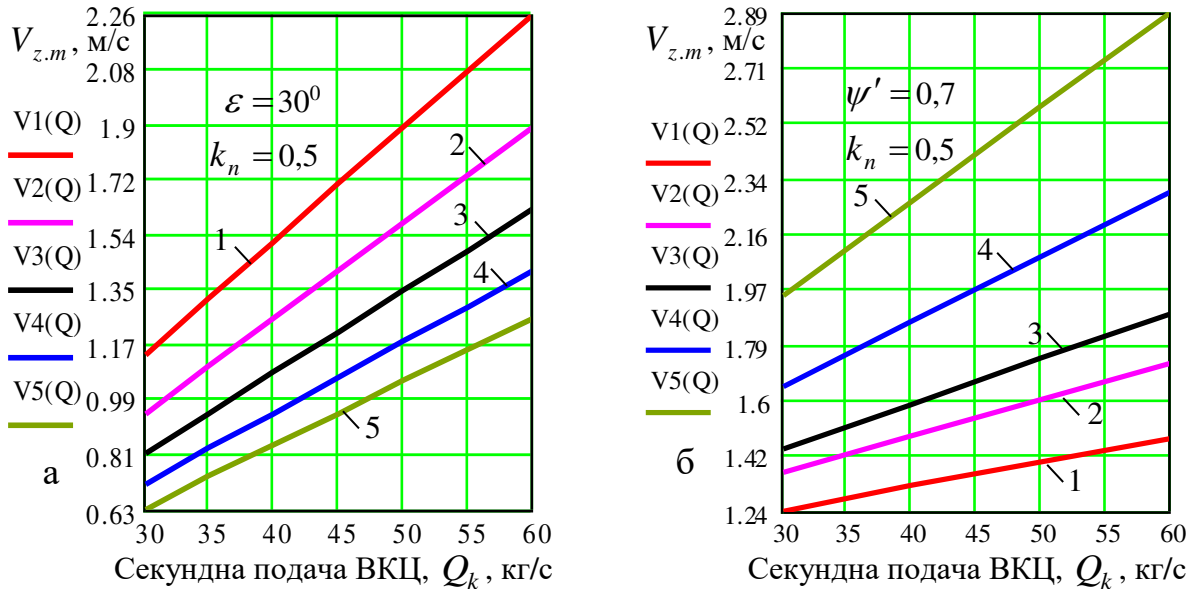


Рисунок 2.5 – Залежність зміни швидкості руху робочої гілки $V_{z.m}$ завантажувального транспортера як функціонал: а, б – $V_{z.m} = f(Q_k)$; а) 1, 2, 3, 4, 5 – відповідно, $\psi' = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9$; б) 1, 2, 3, 4, 5 – відповідно, $\varepsilon = 0; 15; 20; 30; 45$ град.

При цьому:

- залежно від збільшення секундної подачі ВКЦ Q_k від копача коренезбиральної машини та кута нахилу ε завантажувального транспортера функціональна зміна швидкості руху робочої гілки $V_{z.m} = f(Q_k)$ завантажувального транспортера має прямопропорційний монотонний характер – зі збільшенням Q_k і ε швидкість руху робочої гілки $V_{z.m}$ завантажувального транспортера зростає – значення приросту $V_{z.m}$, відповідно, знаходиться в діапазоні зміни від 0,3...1,1 м/с (за збільшення секундної подачі ВКЦ Q_k , рис. 2.5а, б) та від 0,7...1,4 м/с (за збільшення кута нахилу ε , рис. 2.5б);

- залежно від збільшення коефіцієнта заповнення ψ' робочого простору функціональна зміна швидкості руху робочої гілки $V_{z.m} = f(Q_k)$ завантажувального транспортера має зворотний монотонний характер – зі збільшенням ψ' швидкість руху робочої гілки $V_{z.m}$ завантажувального транспортера ОС зменшується – значення убавання $V_{z.m}$ знаходиться в діапазоні зміни від 0,6...1,1 м/с, рис. 2.5а.

Таким чином, можна констатувати, що умова раціонального функціонування завантажувального транспортера або умова раціонального технологічного функціонування ОС забезпечується за швидкості руху робочої гілки завантажувального транспортера в діапазоні $V_{z.m} = 1,5 \dots 1,8$ м/с за усереднених значень кута нахилу $\varepsilon = 15 \dots 20$ град., коефіцієнта заповнення робочого простору $\psi' = 0,7$ і коефіцієнта сепарації ВКЦ на шляху до завантажувального транспортера $k_n = 0,5$.

2.3 Аналіз переміщення компонента вороху по завантажувальному транспортері

Подальше обґрунтування параметрів робочих органів ОС проведемо на основі розгляду I-го етапу (рис. 2.2) технологічного процесу роботи завантажувального транспортера або переміщення ВКЦ до його вихідної вивантажувальної зони.

Для цього розглянемо елементарну масу dm_k компонента ВКЦ, яка переміщується скребком завантажувального транспортера ОС зі швидкістю $V_z = V_{z.m} k_{V_z}$ на елементарному переміщенні dx .

В початковий момент $t_0 = 0$ (у момент контакту з поверхнею робочої гілки завантажувального транспортера) швидкість руху елементарної маси дорівнює нулю, тобто $V_{z0} = 0$. У подальшому на деякому відрізку шляху ковзання $X_v = L'_z$ набуває швидкості $V_z = V_{z.m} k_{V_z}$ в напрямку руху скребоків.

Складемо рівняння рівноваги сил руху елементарної маси dm_k компонента ВКЦ на елементарному переміщенні dx , при цьому [123]:

$$\begin{cases} \sum Y = N_k - G_k \cos \varepsilon \\ \sum X = m_k a_k + G_k \sin \varepsilon - N_k f_v - F_k \end{cases} \quad (2.40)$$

або

$$\begin{cases} m_k g \cos \varepsilon = N_k \\ m_k k_{V_z} \frac{dV_{z.m}}{dt} + m_k g \sin \varepsilon - N_k f_v - \mu_z m_k g f_m = 0 \end{cases}, \quad (2.41)$$

де N_k – сила реакції, Н;

G_k – сила ваги, Н;

m_k – елементарна маса компонента ВКЦ, кг;

$a_k = \frac{dV_z}{dt} = k_{V_z} \frac{dV_{z.m}}{dt} = k_{V_z} \frac{d^2 X_v}{dt^2}$ – прискорення компонента ВКЦ, м/с² [109];

X_v – шлях (переміщення) компонента ВКЦ за час t , м;

f_v – коефіцієнт внутрішнього тертя;

F_k – сила тертя, Н.

Підставивши значення сили реакції N_k з першого рівняння в друге рівняння системи (2.41) одержимо диференційне рівняння руху компонента ВКЦ за час переміщення t по робочій гільці завантажувального транспортера ОС, або за час зміни швидкості його переміщення по робочій гільці завантажувального транспортера від V_{z0} до V_z , або:

$$\frac{dV_{z.m}}{dt} = k_{V_z} \frac{d^2 X_v}{dt^2} = (f_v \cos \varepsilon + \mu_z f_m - \sin \varepsilon) \frac{g}{k_{V_z}}, \quad (2.42)$$

де порядок перетворення залежності (2.42) наведено в додатку В5.2.

Для визначення шляху ковзання компонента ВКЦ або шляху його переміщення по робочій гільці завантажувального транспортера, що буде рівноцінно довжині робочої гільки L_z , необхідно виключити з рівняння час dt , за якого маса m_k компонента ВКЦ змінює швидкість руху від V_{z0} до V_z , при

цьому $V_{z.m} = \frac{dX_v}{dt}$, звідки $dt = \frac{dX_v}{V_{z.m}}$.

Підставивши значення dt в рівняння (2.42) одержимо:

$$V_{z.m} dV_{z.m} = (f_v \cos \varepsilon + \mu_z f_m - \sin \varepsilon) \frac{g}{k_{V_z}} dX_v. \quad (2.43)$$

Проінтегруємо ліву частину виразу (2.43) у межах від V_{z0} до V_z , а праву частину – від 0 до L_z , тобто:

$$\int_{V_{z0=0}}^{V_{z.m}} dV_{z.m} = (f_v \cos \varepsilon + \mu_z f_m - \sin \varepsilon) \frac{g}{k_{V_z}} \int_0^{L_z} dX_v. \quad (2.44)$$

Після інтегрування виразу (2.44) у межах від V_{z0} до V_z та від 0 до L_z , отримаємо:

$$V_{z.m}^2 k_{V_z} = 2L_z g (f_v \cos \varepsilon + \mu_z f_m - \sin \varepsilon). \quad (2.45)$$

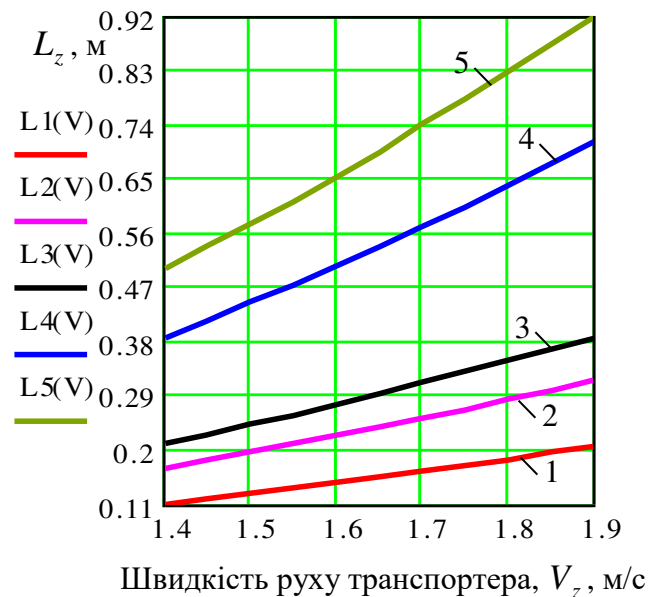
З рівняння (2.45) та враховуючи (2.29), визначаємо довжину робочої гілки L_z або шлях ковзання [123]:

$$L_z = \frac{V_{z.m}^2 k_{V_z}}{2g (f_v \cos \varepsilon + f_m \left(\frac{1,2 + f_m}{1 + 2f_m^2} \right) \theta - \sin \varepsilon)}. \quad (2.46)$$

Отримане рівняння (2.46) характеризує залежність зміни довжини робочої гілки завантажувального транспортера ОС або адекватного їй необхідного шляху переміщення, за якого маса m_k компонента ВКЦ змінює свою поступальну швидкість руху від V_{z0} до V_z .

На основі аналізу графічної залежності, яку наведено на рис. 2.6, встановлено, що за значення кута нахилу $\varepsilon = 15 \dots 20$ град. завантажувального транспортера до горизонту та швидкості руху завантажувального транспортера ОС $V_{z.m} = 1,5 \dots 1,8$ м/с, шлях ковзання або довжина робочої гілки завантажувального транспортера знаходиться в межах $0,2 \dots 0,35$ м.

На II-му етапі ВКЦ, який складається з домішок та коренеплодів цикорію 1 (рис. 2.2), надходить на робочу гілку очисної гірки 6, яку встановлено під кутом α до горизонту, та в подальшому переміщується на комбінований очисник 3 ОС (рис. 2.1) за рахунок скочування ВКЦ по робочій гільці або його відбивання від поверхні робочої гілки та подальшого вільного польоту до правої та лівої системи поздовжніх шнеків.



Рисунки 2.6 – Залежність зміни довжини завантажувального транспортера як функціонал $L_z = f(V_z)$; 1, 2, 3, 4, 5 – відповідно, $\varepsilon = 0; 15; 20; 30; 45$ град.

Найбільш раціональним у плані ефективності відокремлення домішок на очисній гірці та забезпечення мінімального пошкодження коренеплодів є перший варіант переміщення ВКЦ до комбінованого очисника або скочування ВКЦ до нього [126-128], при цьому для забезпечення необхідної ефективності роботи очисної гірки накладемо основну вимогу, яку обґрунтовано згідно з положеннями [129], – початковий момент контакту компонента ВКЦ (великорозмірних домішок і коренеплодів) повинен відбуватися в точці контакту M (рис. 2.2), яка розташована на відстані $l_q \cong 1/3L_q$ відносно приводного вала очисної гірки, де L_q – загальна довжина робочої гілки очисної гірки.

Таким чином, рішення задачі в цьому аспекті зводиться до визначення початкової горизонтальної швидкості руху компонента ВКЦ відносно скребка 4

(рис. 2.2) завантажувального транспортера 2, яка забезпечить попадання компонента ВКЦ у задану точку з координатами $M(x_M; y_M)$, яка належить площині робочої гілки очисної гірки 6.

Пріоритетною задачею в даному випадку є визначення початкової горизонтальної швидкості руху основного компонента ВКЦ – коренеплоду 1, за якої буде забезпечено попадання коренеплоду в точку контакту M , тому що відхилення точки контакту M уверх по напрямку до вихідної частини очисної гірки 6 буде призводити до переміщення коренеплоду робочою гілкою за її межі або появи втрат коренеплодів.

Для рішення кінематичної задачі, або проведення теоретичного аналізу процесу переміщення компонента ВКЦ у задану точку з координатами $M(x_M; y_M)$, розглянемо складену схему, яку наведено на рис. 2.7.

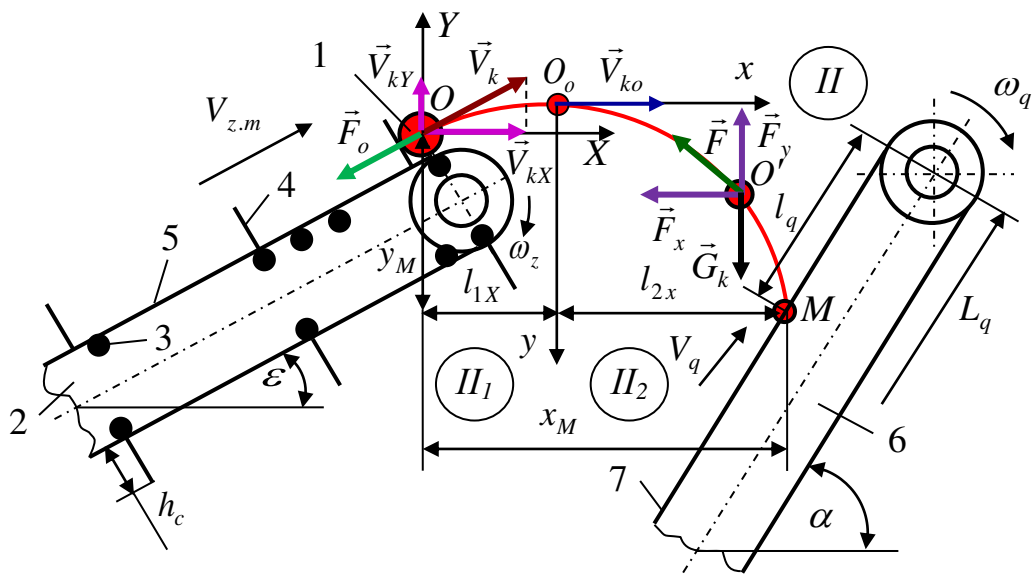


Рисунок 2.7 – Схема до розрахунку дальності польоту компонента ВКЦ:
1 – компонент ВКЦ; 2 – завантажувальний транспортер; 3 – пруток; 4 – скребок; 5 – робоча гілка транспортера; 6 – очисна гірка; 7 – робоча гілка гірки; 3 – комбінований очисник

Компонент ВКЦ 1 (рис. 2.7), який знаходиться на поверхні прутків 3 у точці O , яка належить площині робочої гілки 5 вихідної частини завантажувального транспортера 2, із початковою швидкістю руху коренеплоду V_k переміщується скребком 4 у точку M , яка знаходиться на площині робочої гілки 7

очисної гірки 6, при цьому завантажувальний транспортер і очисну гірку встановлено під кутом ε і α до горизонтальної площини.

У цьому аспекті переміщення компонента ВКЦ з точки O в точку M можна розглянути як рух тіла масою m_k , яке кинуте під кутом ε до горизонту з початковою швидкістю V_k , при цьому формалізуємо процес дослідження наступним чином:

- політ компонента ВКЦ з точки O в точку M умовно поділимо на дві стадії: перша стадія II_1 – переміщення компонента ВКЦ із початковою швидкістю $V_k = V_{z.m} k_{V_z}$ з точки O в точку O_o , або в точку максимального підйому компонента ВКЦ відносно горизонту; друга стадія II_2 – переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю V_{ko} з точки O_o в точку M ;

- в процесі переміщення на компонент ВКЦ діє сила в'язкого опору F_o повітряного середовища, яка пропорційна першій степені швидкості руху компонента ВКЦ $F_o = \mu m_k V_k$ [130], при цьому вектор \vec{F}_o сили в'язкого опору повітряного середовища направлено протилежно вектору \vec{V}_k або напрямку швидкості руху компонента ВКЦ;

- на першій II_1 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю $V_k = V_{z.m} k_{V_z}$ з точки O в точку O_o , або в точку максимального підйому компонента ВКЦ відносно горизонту, вектор початкової швидкості руху компонента ВКЦ \vec{V}_k направимо під кутом ε відносно осі OX нерухомої плоскої системи координат OXY , початок відліку якої знаходиться в точці O , або в точці початку сходу компонента ВКЦ з скребка та початку переміщення компонента ВКЦ з поверхні прутків завантажувального транспортера OC , при цьому вісь OX нерухомої системи координат OXY направимо паралельно горизонту, а вісь OY – вверх перпендикулярно осі OX ;

- на другій II_2 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю V_{ko} з точки O_o в точку M вектор початкової швид-

кості руху компонента ВКЦ \vec{V}_{ko} направимо вздовж горизонтальної осі $O_o x$ нерухомої плоскої системи координат $O_o xy$, початок відліку якої знаходиться в точці O_o , або в точці максимального підйому компонента ВКЦ відносно горизонту, при цьому напрямок осі $O_o x$ нерухомої системи координат $O_o xy$ співпадає з напрямком осі OX , а вісь $O_o y$ направимо вертикально вниз або в протилежну сторону напрямку осі OY системи координат OXY .

Розглянемо першу II_1 стадію II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю $V_k = V_{z.m} k_{V_z}$ з точки O в точку O_o (рис. 2.7), або в точку максимального підйому компонента ВКЦ відносно горизонту.

Із врахуванням напрямку сили в'язкого опору F_o повітряного середовища та згідно з відомими положеннями [130] можна записати:

$$\begin{cases} X = \frac{V_k \cos \varepsilon}{k_f g} (1 - e^{-k_f g t_1}); \\ Y = \frac{1}{k_f g} \left(V_k \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) (1 - e^{-k_f g t_1}) - \frac{t_1}{k_f}, \end{cases} \quad (2.47)$$

де k_f – питомий коефіцієнт опору, с/м;

t_1 – час переміщення компонента ВКЦ на першій II_1 стадії II -го етапу, с.

Або

$$\begin{cases} X = \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \frac{\cos \varepsilon}{k_f g} (1 - e^{-k_f g t_1}); \\ Y = \frac{1}{k_f g} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) (1 - e^{-k_f g t_1}) - \frac{t_1}{k_f}. \end{cases} \quad (2.48)$$

Для визначення дальності польоту $l_1 = X$ на першій II_1 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю $V_k = V_{z.m} k_{V_z}$ з точки O в точку O_o , або в точку максимального підйому компонента ВКЦ відносно горизонту, необхідно визначити час польоту t_1 .

Максимальний підйом компонента ВКЦ відносно горизонту або осі OX досягається за умови, коли складова швидкості переміщення маси m_k відносно осі OY буде дорівнювати нулю, тобто $V_{kY} = 0$.

Тоді момент часу t_1 , за який компонент ВКЦ досягне максимальної точки O_0 або максимальної висоти підйому відносно горизонту, або осі OX , можна визначити з другого рівняння системи (2.48), поклавши умову $V_{kY} = 0$.

При цьому згідно з [130], де $V_{kY} = \dot{Y} = dl_Y / dt_1$, маємо [131]:

$$\frac{dl_Y}{dt_1} = \left(\frac{1}{k_f g} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) \left(1 - e^{-k_f g t_1} \right) - \frac{t_1}{k_f} \right) \frac{d}{dt_1} = 0, \quad (2.49)$$

або після перетворення та спрощення залежності (2.49) отримаємо:

$$V_{kY} = \frac{1}{e^{k_f g t_1}} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) - \frac{1}{k_f} = 0, \quad (2.50)$$

де порядок перетворення та спрощення залежності (2.49) наведено в додатку В6.3.

Із рівності (2.50) визначаємо момент часу t_1 , за який компонент ВКЦ досягне максимальної точки O_0 , при цьому:

$$\frac{1}{e^{k_f g t_1}} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) = \frac{1}{k_f}; \quad (2.51)$$

$$e^{k_f g t_1} = \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) k_f, \quad (2.52)$$

звідки:

$$t_1 = \frac{1}{k_f g} \ln \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 1 \right). \quad (2.53)$$

Підставивши значення часу t_1 з рівняння (2.53) в перше рівняння системи (2.48), визначаємо дальність польоту $l_{1X} = X_{t=t_1}$ на першій II_1 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю $V_k = V_{z.m} k_{V_z}$ з точки O в точку O_o , тобто:

$$l_{1X} = X_{t=t_1} = \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \frac{\cos \varepsilon}{k_f g} \left(1 - e^{-\ln \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 1 \right)} \right). \quad (2.54)$$

Після перетворення та спрощення рівняння (2.54) одержано залежність, яка характеризує функціональну зміну дальності польоту l_{1X} на першій II_1 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю $V_k = V_{z.m} k_{V_z}$ з точки O в точку O_o [131]:

$$l_{1X} = \frac{\left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \right)^2 \sin 2\varepsilon}{2gk_f \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right)}, \quad (2.55)$$

або

$$l_{1X} = \frac{\pi^2 n_z^2 D_z^2 k_{V_z}^2 \sin \varepsilon \cos \varepsilon}{120 g k_f \left(\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{60}{k_f} \right)}. \quad (2.56)$$

Розглянемо другу II_2 стадію II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю V_{ko} з точки O_o в точку M з координатами $M(x_M; y_M)$.

Зобразимо масу m_k компонента ВКЦ у проміжній точці O' (рис. 2.7) та прикладемо до неї всі діючі сили: силу тяжіння G_k , вектор \vec{G}_k якої направлений вздовж осі Oy ; силу в'язкого опору F_o повітряного середовища, яку розкладено на вертикальну F_y та горизонтальну F_x складові, при цьому вектор \vec{F}_y направлено вздовж і в протилежну сторону напрямку осі Oy , а вектор \vec{F}_x –

вздовж і в протилежну сторону осі Ox .

Тоді диференціальне рівняння руху компонента ВКЦ масою m_k буде:

$$m_k \frac{d\vec{V}_{ko}}{dt_2} = \vec{F} + \vec{G}_k, \quad (2.57)$$

або

$$m_k d\vec{V}_{ko} = (\vec{F}_y + \vec{F}_x + m_k \vec{g}) dt_2. \quad (2.58)$$

Спроекуємо всі діючі сили на осі, які перенесено в точку O' нерухомої системи координат Oxy , при цьому одержимо систему диференціальних рівнянь руху компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю V_{ko} з точки O_o в точку M з координатами $M(x_M; y_M)$:

$$\begin{cases} m_k dV_{ko_x} = -F_x dt_2; \\ m_k dV_{ko_y} = (-F_y + m_k g) dt_2, \end{cases} \quad (2.59)$$

де V_{ko_x} , V_{ko_y} – відповідно, проекція початкової швидкості V_{ko} на вісь Ox , Oy , м/с;

t_2 – час переміщення компонента ВКЦ на II_2 -й стадії, с.

Тоді згідно з (2.58) маємо:

$$\begin{cases} m_k dV_{ko_x} = -\mu_f V_{ko_x} dt_2; \\ m_k dV_{ko_y} = (-V_{ko_y} \mu_f + m_k g) dt_2, \end{cases} \quad (2.60)$$

де μ_f – сталий коефіцієнт в'язкого опору повітряного середовища, кг/с.

В загальному аспекті, згідно з аналізом першого рівняння системи (2.60) та відомими положеннями [130] можна констатувати, що закономірність польоту компонента ВКЦ масою m_k відносно осі $O_o x$ адекватна закономірності її польоту на першій стадії.

Тоді враховуючи напрямок сили в'язкого опору F_o повітряного середовища на другій II_2 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою

m_k із початковою швидкістю V_{ko} з точки O_o у точку M з координатами $M(x_M; y_M)$ можна записати:

$$x_2 = \frac{V_{ko_x}}{k_f g} \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right), \quad (2.61)$$

де t_2 – час переміщення компонента ВКЦ на другій II_2 стадії II -го етапу з точки O_o у точку M , с.

Згідно з [130] початкова швидкість руху V_{ko_x} компонента ВКЦ масою m_k у точці O_o дорівнює $V_{ko_x} = V_k \cos \varepsilon e^{-k_f g t_1} = V_{z.m} k_{V_z} e^{-k_f g t_1} \cos \varepsilon$.

Тоді підставивши значення $V_{ko_x} = V_{z.m} k_{V_z} e^{-k_f g t_1} \cos \varepsilon$ в (2.60) та згідно з (2.20) маємо:

$$x_2 = \frac{D_z k_{V_z} e^{-k_f g t_1}}{2k_f g} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right) \frac{d\varphi_z}{dt}, \quad (2.62)$$

Підставивши значення часу t_1 з рівняння (2.53) у рівняння (2.62), отримаємо залежність для визначення дальності польоту $l_{2x} = x_{t=t_2}$ компонента ВКЦ масою m_k на другій II_2 стадії II -го етапу з точки O_o у точку M , яку записано в параметричній формі:

$$x_2 = x_{t=t_2} = \frac{D_z k_{V_z} e^{-k_f g \left(\frac{1}{k_f g} \ln \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 1 \right) \right)}}{2k_f g} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right) \frac{d\varphi_z}{dt}, \quad (2.63)$$

або

$$x_2 = \frac{D_z k_{V_z} e^{-\ln \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 1 \right)}}{2k_f g} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right) \frac{d\varphi_z}{dt}. \quad (2.64)$$

Після перетворення та спрощення рівняння (2.64), одержано залежність, яка характеризує функціональну зміну дальності польоту $l_{2x} = x_{t=t_2}$ на другій II_2

стадії II-го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю $V_{kox} = V_{z.m} k_{V_z} e^{-k_f g t_1} \cos \varepsilon$ з точки O_o у точку M [131]:

$$l_{2x} = x_{t=t_2} = \frac{D_z k_{V_z}}{2k_f g \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 1 \right)} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right) \frac{d\varphi_z}{dt}, \quad (2.65)$$

або

$$l_{2x} = \frac{\pi_n D_z k_{V_z}}{k_f g \left(\pi_n D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right). \quad (2.66)$$

Загальна дальність польоту l_{kX} на II-му етапі переміщення компонента ВКЦ масою m_k із початковою швидкістю $V_{kox} = V_{z.m} k_{V_z}$ з точки O у точку M за час $t = t_1 + t_2$ згідно з рис. 2.7 дорівнює сумі l_{1X} та l_{2x} , або:

$$l_{kX} = l_{1X} + l_{2x}. \quad (2.67)$$

Тоді згідно з (2.67), просумувавши значення l_1 з (2.55), (2.56) та l_2 з (2.65) і (2.66), отримаємо [131]:

$$\begin{aligned} l_{kX} &= \frac{\left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \right)^2 \sin 2\varepsilon}{2gk_f \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right)} + \\ &+ \frac{D_z k_{V_z}}{2k_f g \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 1 \right)} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right) \frac{d\varphi_z}{dt} = \\ &= \frac{R_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + \left(\frac{d\varphi_z}{dt} \right)^{-1} \right)} \left[\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(1 - e^{-k_f g t_2} \right)}{k_f} \right] \end{aligned} \quad (2.68)$$

або

$$\begin{aligned}
l_{kX} &= \frac{\pi^2 n_z^2 D_z^2 k_{V_z}^2 \sin \varepsilon \cos \varepsilon}{120 g k_f \left(\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{60}{k_f} \right)} + \\
&+ \frac{\pi n_z D_z k_{V_z}}{k_f g \left(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right) = \quad . \quad (2.69) \\
&= \frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \left[\frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon}{120} + \frac{\left(1 - e^{-k_f g t_2} \right)}{k_f} \right]
\end{aligned}$$

Для визначення координати точки $M(y_M)$ відносно осі $O_o y$ проінтегруємо друге диференціальне рівняння системи (2.60). Інтегрування другого диференціального рівняння системи (2.60) проведемо способом розділення перемінних, при цьому запишемо друге диференціальне рівняння системи (2.59) у наступному вигляді:

$$-\frac{m_k}{\mu_f} \frac{d(m_k g - V_{koy} \mu_f)}{m_k g - V_{koy} \mu_f} = dt_2. \quad (2.70)$$

Запишемо інтеграли рівняння (2.68), тобто:

$$-\frac{m_k}{\mu_f} \int \frac{d(m_k g - V_{koy} \mu_f)}{m_k g - V_{koy} \mu_f} = \int dt_2. \quad (2.71)$$

Якщо диференціали функцій правої та лівої частини рівняння (2.71) рівні, тоді рівні також і інтеграли цих функцій з точністю до постійної інтегрування C_{12} [12].

Тоді рішення інтеграла (2.17) має вигляд:

$$-\frac{m_k}{\mu_f} \ln |m_k g - V_{koy} \mu_f| = t_2 + C_{12}. \quad (2.72)$$

Для знаходження постійної інтегрування C_{12} рівняння (2.72) запишемо початкові умови, за яких $t_2 = 0$, $V_{koy} = 0$. Враховуючи, що $m_k g > V_{koy} \mu_f$, нехтуємо

знаком модуля виразу $\left| m_k g - V_{koy} \mu_f \right|$, а після досягнення швидкості компонента ВКЦ $V_{koy} = m_k g / \mu_f$ вона буде залишатися постійною, або $V_{koy} = const$.

Тоді:

$$C_{12} = -m_k \ln(m_k g) / \mu_f. \quad (2.73)$$

Підставивши значення постійної інтегрування C_{12} із (2.73) у рівняння (2.72), отримаємо:

$$-\frac{m_k}{\mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right) = t_2. \quad (2.74)$$

Із рівняння системи (2.74) визначимо складову швидкості руху відносно осі $O_o y$ на другій II_2 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k з точки O_o у точку M :

$$V_{koy} = \frac{m_k g}{\mu_f} \left(1 - e^{-\frac{\mu_f}{m_k} t_2} \right). \quad (2.75)$$

Враховуючи, що $V_{koy} = dy_2 / dt_2$ та згідно з (2.75), отримано:

$$\frac{dy_2}{dt_2} = \frac{m_k g}{\mu_f} \left(1 - e^{-\frac{\mu_f}{m_k} t_2} \right). \quad (2.76)$$

Застосовуючи спосіб розділення перемінних проінтегруємо рівняння (2.74), при цьому запишемо рівняння (2.76) у вигляді:

$$dy_2 = \frac{m_k g}{\mu_f} \left(1 - e^{-\frac{\mu_f}{m_k} t_2} \right) dt_2, \text{ або } \int dy_2 = \int \frac{m_k g}{\mu_f} \left(1 - e^{-\frac{\mu_f}{m_k} t_2} \right) dt_2, \quad (2.77)$$

при цьому рішення інтегрального виразу (2.77) має вигляд:

$$y_2 = \frac{m_k g}{\mu_f} t_2 + \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} e^{\frac{-\mu_f}{m_k} t_2} + C_{22}. \quad (2.78)$$

Для знаходження постійної інтегрування C_{22} запишемо початкові умови, за яких $t_2 = 0$, $y_2 = 0$.

Тоді:

$$C_{22} = -\frac{m_k^2 g}{\mu_f^2}. \quad (2.79)$$

Підставивши значення постійної інтегрування C_{22} із (2.79) у рівняння (2.78), отримаємо:

$$y_2 = \frac{m_k g}{\mu_f} t_2 + \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} e^{\frac{-\mu_f}{m_k} t_2} - \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2}. \quad (2.80)$$

Після перетворення та спрощення рівняння (2.80) отримаємо залежність, яка характеризує зміну координати точки $M(y_M)$ відносно осі $O_o y$ компонента ВКЦ на другій II_2 стадії II -го етапу переміщення компонента ВКЦ масою m_k з точки O_o в точку M за проміжок часу t_2 :

$$y_2 = \frac{m_k g}{\mu_f} \left[t_2 + \frac{m_k}{\mu_f} \left(e^{\frac{-\mu_f}{m_k} t_2} - 1 \right) \right]. \quad (2.81)$$

Підставивши значення часу t_2 з рівняння (2.74) у залежність (2.68), (2.69) або в (2.81), маємо:

$$l_{kX} = \frac{R_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + \left(\frac{d\varphi_z}{dt} \right)^{-1} \right)} \left[\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \left(1 - \frac{d\varphi_z}{dt} \frac{R_z \mu_f}{m_k g} \right) \frac{1 - e^{\frac{k_f g m_k}{\mu_f}}}{k_f} \right], \quad (2.82)$$

де порядок перетворення та спрощення залежності (2.82) наведено в додатку В7.3;

$$l_{kX} = \frac{\pi_z D_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g(\pi_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60)} \left[\frac{\pi_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon}{120} + \left(1 - \frac{\pi_z D_z \mu_f}{60 m_k g} \right) \frac{1 - e^{-\frac{k_f g m_k}{\mu_f}}}{k_f} \right]. \quad (2.83)$$

де порядок перетворення та спрощення залежності (2.83) наведено в додатку В8.3;

$$y_2 = \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} \left(1 - e^{\left(1 - \frac{d\varphi_z R_z \mu_f}{dt m_k g} \right)} \right), \quad (2.84)$$

де порядок перетворення та спрощення залежності (2.84) наведено в додатку В9.3.

Згідно з рис. 2.7 висота падіння компонента ВКЦ y_M з точки O у точку M визначається як різниця y_2 і y_1 , тобто $y_M = y_2 - y_1$, де y_1 – висота максимального підйому компонента ВКЦ масою m_k на першій II_1 стадії II -го етапу його переміщення з точки O у точку O_o за проміжок часу t_1 .

Згідно з [130] висота y_1 визначається за формулою:

$$y_1 = \frac{d\varphi_z R_z \sin \varepsilon}{dt k_f g} - \frac{1}{k_f^2} e^{\left(1 + \frac{d\varphi_z R_z k_f \sin \varepsilon}{dt} \right)}. \quad (2.85)$$

Тоді висота падіння компонента ВКЦ y_M з точки O у точку M визначається за формулою:

$$\begin{aligned} y_M &= \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} \left(1 - e^{\left(1 - \frac{d\varphi_z R_z \mu_f}{dt m_k g} \right)} \right) - \frac{d\varphi_z R_z \sin \varepsilon}{dt k_f g} - \frac{1}{k_f^2} e^{\left(1 + \frac{d\varphi_z R_z k_f \sin \varepsilon}{dt} \right)} = \\ &= \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} \left(1 - e^{\left(1 - \frac{d\varphi_z R_z \mu_f}{dt m_k g} \right)} \right) - \frac{\pi_z D_z \sin \varepsilon}{60 k_f g} - \frac{1}{k_f^2} e^{\left(1 + \frac{d\varphi_z R_z k_f \sin \varepsilon}{dt} \right)}. \end{aligned} \quad (2.86)$$

Таким чином, згідно з (2.83) і (2.86) координати точки $M(x_M; y_M)$ будуть визначатися за формулами:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_M = \frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60)} \left[\frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon}{120} + \frac{1 - e^{-\frac{k_f g m_k}{\mu_f}}}{k_f} \left(1 - \frac{\pi n_z D_z \mu_f}{60 m_k g} \right) \right]; \\ y_M = \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} \left(1 - e^{-\left(1 - \frac{d\varphi_z R_z \mu_f}{dt m_k g} \right)} \right) - \frac{\pi n_z D_z \sin \varepsilon}{60 k_f g} - \frac{1}{k_f^2} e^{\left(1 + \frac{d\varphi_z R_z k_f \sin \varepsilon}{dt} \right)} \end{array} \right. . (2.87)$$

Отримана залежність (2.81) є математичною моделлю, яка характеризує функціональну залежність зміни дальності польоту компонента ВКЦ масою m_k або переміщення з завантажувального транспортера на очисну гірку від його конструктивно-кінематичних параметрів.

Отримані рівняння (2.87) дозволяють визначати координати точки $M(x_M; y_M)$ або конструктивне розміщення завантажувального транспортера та очисної гірки.

2.4 Висновки до розділу

2.4.1. Умова раціонального функціонування процесу відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами ОС регламентується математичними моделями, які записано в параметричній (2.14) і операторній (2.13), (2.15) формі.

2.4.2. Теоретична продуктивність роботи Q_z завантажувального транспортера ОС знаходиться в межах 9...62 кг/с залежно від зміни його конструктивно-кінематичних і технологічних параметрів. У межах зміни частоти обертання n_z від 100 до 220 об/хв продуктивність роботи Q_z зростає в середньому на 15...20 кг/с.

2.4.3. Встановлено, що за зміни секундної подачі ВКЦ Q_k копачем коренезбиральної машини від 30 до 40 кг/с швидкість руху робочої гілки $V_{z,m}$ завантажувального транспортера знаходиться в межах від 0,6...2,2 м/с.

2.4.4. Умова раціонального технологічного функціонування ОС забезпечується за швидкості руху завантажувального транспортера в діапазоні $V_{z.m} = 1,6 \dots 1,7$ м/с за усереднених значень кута нахилу $\varepsilon = 15 \dots 20$ град., коефіцієнта заповнення робочого простору $\psi' = 0,7$ і коефіцієнта відокремлення ВКЦ на шляху до завантажувального транспортера $k_n = 0,5$.

2.5.5. Функціональна залежність зміни дальності польоту компонента ВКЦ масою m_k , або його переміщення з завантажувального транспортера на очисну гірку, описується рівняннями (2.83) та (2.86), а координати точки $M(x_M; y_M)$ визначається згідно з (2.87).

Основні наукові результати розділу опубліковано в працях [76, 107, 108, 122, 123, 131].

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма, об'єкт і предмет дослідження очисної системи вороху коренеплодів

У загальному аспекті основними складовими компонентами проведення експериментальних досліджень технологічного процесу очищення ВКЦ від домішок є дослідження функціональної зміни технологічних параметрів і показників якості роботи робочих органів макетного зразка ОС.

При цьому об'єктом дослідження макетного зразка ОС ВКЦ і його складових базових елементів завантажувального транспортера 1 (рис. 1.16) та комбінованого очисника 3 є технологічний процес відокремлення домішок від коренеплодів цикорію або його основні технологічні операції (рис. 1.3): руйнування основних компонентів домішок – грудок ґрунту та рослинних решток; сепарації вільних домішок – сипучого ґрунту та дрібних грудок і рослинних решток; відокремлення зв'язаних домішок – налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів; винесення відокремлених від коренеплодів домішок – крупних грудок ґрунту та бур'янів.

Предметом дослідження, є конструктивно-кінематичні параметри робочих органів завантажувального транспортера та комбінованого очисника, які забезпечують виконання технологічного процесу відокремлення домішок від коренеплодів цикорію, показники продуктивності та показники якості роботи ОС.

Для досягнення мети дисертаційної роботи та реалізації поставлених завдань, а також для перевірки адекватності отриманих результатів теоретичного аналізу технологічного процесу відокремлення домішок від коренеплодів програма проведення експериментальних досліджень робочих органів ОС була наступною:

1. На основі ідентифікації процесу роботи відомих очисних систем розробити удосконалену конструктивно-технологічну схему ОС ВКЦ із використанням удосконаленого комбінованого очисника.

2. Виготовити удосконалені зразки робочих органів комбінованого очисника ОС, установити їх на лабораторну установку та коренезбиральну машину.

3. Провести експериментальні дослідження лабораторної установки та удосконаленої коренезбиральної машини з метою одержання рівняння регресії, яке на емпіричному рівні описує:

- функціональну зміну продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера ОС залежно від технологічних параметрів процесу завантаження та його основних конструктивно-кінематичних параметрів;

- функціональну зміну продуктивності роботи Q_{oe} та коефіцієнта відокремлення k_{oe} домішок комбінованого очисника ОС, а також пошкодження коренеплодів P_{ke} робочими органами залежно від технологічних параметрів процесу завантаження та його основних конструктивно-кінематичних параметрів;

- визначити показники технологічної ефективності використання удосконаленої та базової коренезбиральної машини на основі проведення їх порівняльних польових досліджень в умовах виробництва.

Лабораторно-польові експериментальні дослідження базувалися на основі розроблених часткових методик і відомих загальних положень планування, проведення, обробки експериментального масиву багатofакторних експериментів та аналізу одержаних результатів із використанням прикладних програм для ПЕОМ.

В основу проведення експериментальних досліджень було покладено розробку та побудову загальної структурної моделі ОС або об'єкта досліджень (рис. 3.1), який було модельовано у вигляді кібернетичного поняття “чорного ящика” або багатовимірної динамічної системи «вхід-вихід» [132].

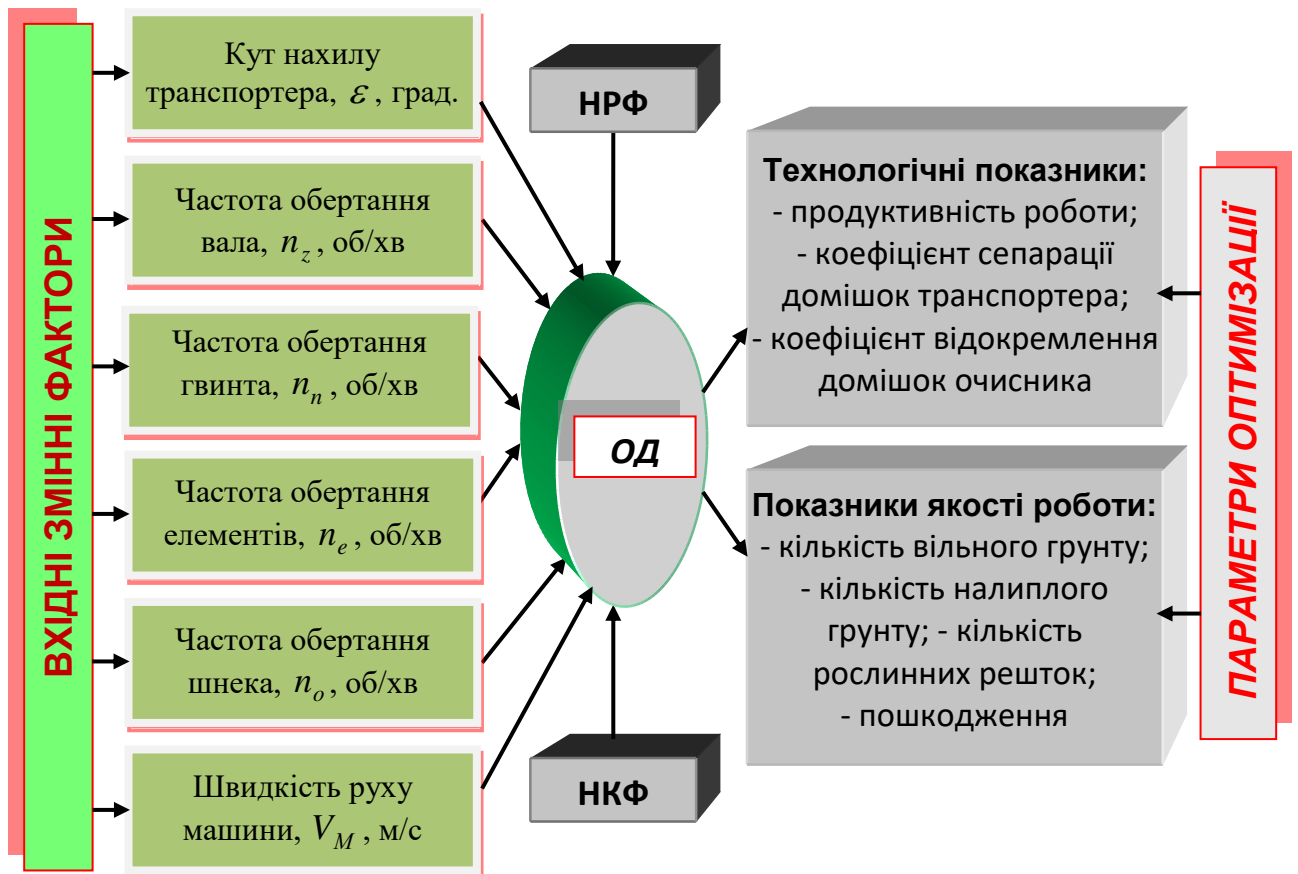


Рисунок 3.1 – Структурна модель проведення експериментальних досліджень ОС

Вхідними величинами, або змінними діючими факторами структурної моделі експериментальних досліджень ОС, є технологічні параметри процесу завантаження ВКЦ та конструктивно-кінематичні параметри робочих органів завантажувального транспортера та комбінованого очисника, а вихідними величинами, або параметрами оптимізації (функцією відгуку), – основні технологічні показники (продуктивність роботи завантажувального транспортера та комбінованого очисника) та показники якості виконання робочого процесу відокремлення домішок від коренеплодів – кількість вільного та налиплого ґрунту й кількість рослинних домішок.

Дослідження побудованої даної структурної моделі ОС (рис. 3.1), або завантажувального транспортера та комбінованого очисника, проведено на основі реалізації загальновідомої методики планування, проведення та обробки і аналізу результатів багатofакторних експериментів.

На першому етапі загальна продуктивність роботи ОС у повній

відповідності та загалом залежить від пропускної здатності завантажувального транспортера W_{ze} або регламентується його продуктивністю роботи Q_{ze} та коефіцієнтом сепарації вільних домішок k_{ze} , а вихідна продуктивність роботи ОС регламентується продуктивністю роботи Q_{oe} комбінованого очисника та його коефіцієнтом відокремлення k_{oe} домішок.

Для експериментального дослідження продуктивності роботи Q_{ze} , Q_{oe} , коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} , коефіцієнта відокремлення k_{oe} домішок і пошкодження коренеплодів P_{ke} , відповідно, завантажувального транспортера та комбінованого очисника ОС використано лабораторну установку очисної системи.

Конструктивну схему лабораторної установки наведено на рис. 3.2, а її загальний вигляд – на рис. 3.3.

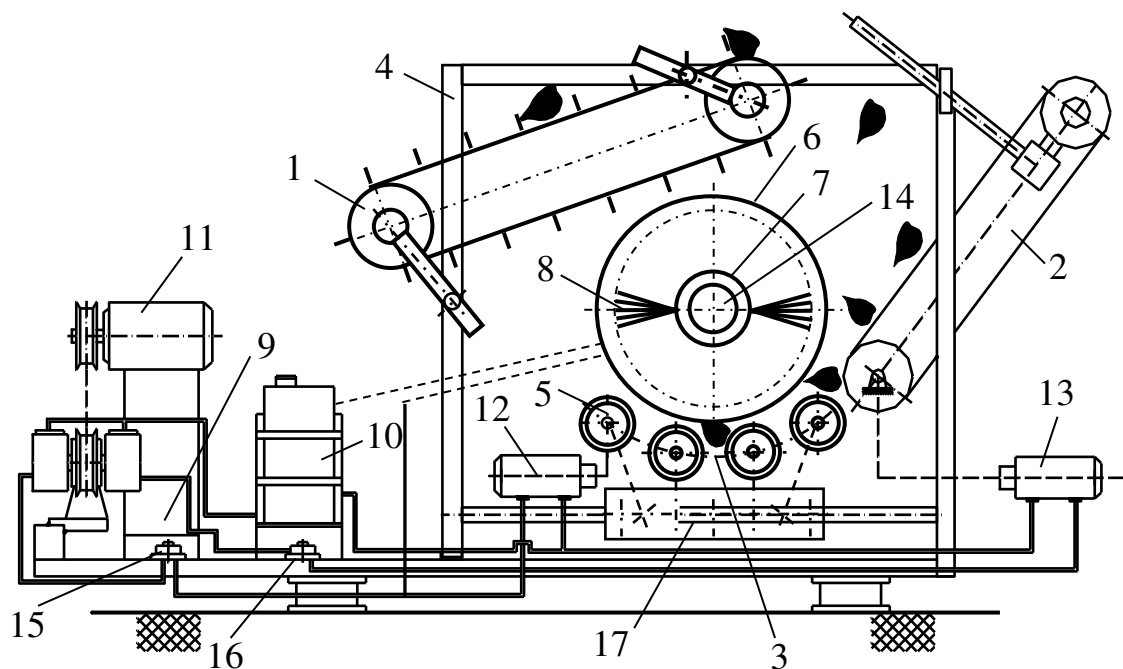


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема лабораторної установки: 1 – завантажувальний транспортер; 2 – очисна пальчикова гірка; 3 – комбінований очисник; 4 – рама; 5 – система шнеків; 6 – привідний гвинт; 7 – привідний вал; 8 – очисні пружні елементи; 9 – гідравлічна насосна станція; 10 – масляний бак; 11 – електродвигун; 12, 13, 14 – гідромотори; 15, 16 – регулювальні дроселі; 17 – привід шнеків



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд лабораторної установки



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд шнеків круглого перерізу

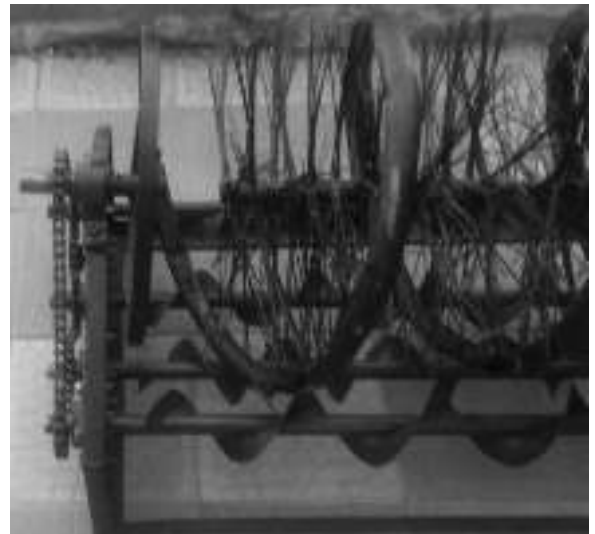
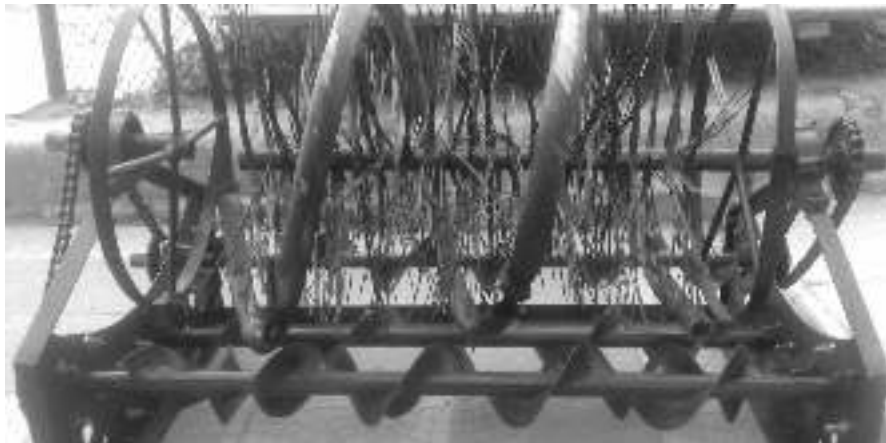


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд комбінованого очисника

Основними вузлами лабораторної установки є завантажувальний прутковий транспортер 1, очисна пальчикова гірка 2 та комбінований очисник 3, які утворюють ОС, яку змонтовано на опорній рамі 4. Будова ОС аналогічна будові пристрою, який наведено на рис. 1.16 підрозділу 1.3 першого розділу. Крім того, на опорній рамі встановлено гідравлічну насосну станцію 9, масляний бак 10, електродвигун 11 приводу гідравлічної насосної станції 9, гідромотори 12, 13, 14, регулювальні дроселі 15, 16 та привод 17, на якому змонтовано праву та ліву систему поздовжніх шнеків 5 круглого перерізу.

Загальний вигляд шнеків круглого перерізу наведено на рис. 3.4. На рис. 3.5 наведено загальний вигляд комбінованого очисника.

Комбінований очисник складається з правої 1 (рис. 3.5) та лівої 2 боковини, які встановлено на рами 3. На боковинах 1 і 2 змонтовано праву та ліву систему поздовжніх шнеків 4 круглого перерізу, при цьому осі обертання правої та лівої системи поздовжніх шнеків 4 встановлено на нижній вітці еліпса. Над та вздовж правої та лівої системи поздовжніх шнеків 4 встановлено приводний гвинт 5, який змонтовано консольно на боковині 1 та виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра. У порожнині пустотілого гвинтового циліндра встановлено приводний вал 6, на барабані 7 якого по гвинтовій лінії закріплено очисні пружні елементи 7, які набрані з пучків ворсу 8. При цьому приводний вал 6 змонтовано консольно на боковині 2, а напрямок гвинтової лінії приводного гвинта 5 та пучків ворсу 8, відповідно, однаковий та протилежний напрямку гвинтової лінії правої та лівої системи шнеків 4.

Привод очисної пальчикової гірки 2 (рис. 3.2) та робочих органів комбінованого очисника, тобто привода 16 системи поздовжніх шнеків 5 і приводного вала 7 з очисними пружними елементами 8, здійснюється від гідромоторів 12, 13 і 14, а гідравлічної насосної станції 9 – від електродвигуна 11. Привод завантажувального транспортера 1 та приводного гвинта 6 здійснюється від привода 17 системи поздовжніх шнеків 5 за допомогою ланцюгової передачі.

Технічну характеристику лабораторної установки наведено в табл. 1. Г1.1 додатка Г1.1.

Технологічний процес роботи ОС, яку встановлено на лабораторну установку, аналогічний процесу роботи запропонованої конструктивної схеми ОС (рис. 1.16), який описано в підрозділі 1.3 першого розділу роботи.

Для реалізації порівняльних польових експериментальних досліджень удосконаленої коренезбиральної машини, яку обладнано ОС, та макетного зразка базової коренезбиральної машини, визначення економічної ефективності застосування ОС у виробничих умовах використано дослідний зразок серійної коренезбиральної причіпної машини МКП-4 (додаток Г2.1), яку розроблено в СКБ ВАТ “Тернопільський комбайновий завод”.

Базова коренезбиральна машина являє собою дослідний зразок серійної коренезбиральної машини МКП-4, де замість існуючого поперечного пруткового транспортера, який переміщував ворох коренеплодів, що надходив із очисної пальчикової гірки на вивантажувальний транспортер, було встановлено очисну систему, яка складається з правої та лівої системи шнеків та встановленого між ними гладкого циліндричного вальця, осі обертання яких розміщено на нижній вітці еліпса, рис. 3.6а. Крім того, замість вилкового копача було встановлено викопуючий трирядний пристрій РКС-65.000, який складається з сферичного диска та приймального транспортера, рис. 3.6б.

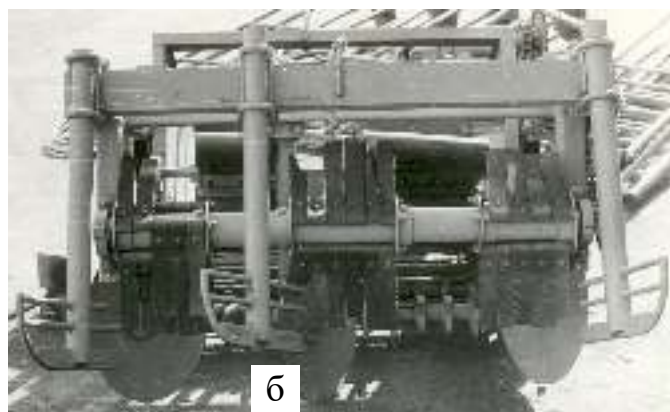


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд: а) очисна система; б) викопуючий пристрій РКС-65.000

Конструктивно-компонувальну схему удосконаленого дослідного зразка базової коренезбиральної машини наведено на рис. 3.7, а її загальний вигляд – у додатку Г3.1.

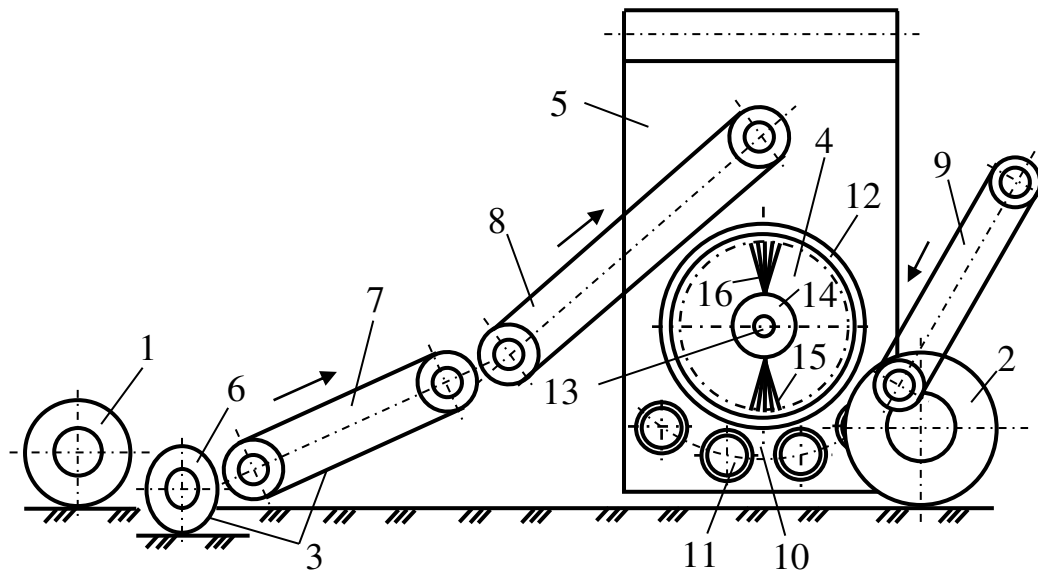


Рисунок 3.7 – Конструктивна схема модернізованої коренезбиральної машини: 1, 2 – копіювальне та опорне колесо; 3 – копач РКС.65.000; 4 – ОС; 5 – вивантажувальний транспортер; 6 – сферичний диск; 7 – приймальний транспортер; 8 – завантажувальний транспортер; 9 – очисна пальчикова гірка; 10 – комбінований очисник; 11 – права та ліва система шнеків; 12 – привідний гвинт; 13 – привідний вал; 14 – барабан; 15 – очисні пружні елементи; 16 – пучки ворсу

Удосконалення дослідного зразка базової коренезбиральної машини полягало в наступному: існуючу очисну систему (рис. 3.6а), яка переміщувала ворох коренеплодів, що надходив із гірки на вивантажувальний транспортер, було демонтовано, а на його місце встановлено комбінований очисник ВКЦ, конструктивну схему якого наведено на рис. 1.17, а його загальний вигляд – на рис. 3.5.

Модернізована коренезбиральна машина складається із рами (на рис. 3.7 не показано), на якій змонтовано копіювальні 1 та опорні колеса 2, копач 3 РКС.65.000, ОС 4, вивантажувальний транспортер 5. Копач 3 виконаний у вигляді встановлених під кутом атаки відносно рядка коренеплодів сферичних дисків 6 та розташованого за ним приймального пруткового транспортера 7. Будова ОС 4 вороху коренеплодів аналогічна будові ОС, конструктивно-компонувальну схему якої наведено на рис. 1.16 першого розділу роботи.

Технологічний процес роботи модернізованої коренезбиральної машини наступний.

Під час руху модернізованої коренезбиральної машини сферичні диски 6 копача 3 викопують коренеплоди цикорію, при цьому викопаний ВКЦ надходить до приймального пруткового транспортера 7, де відбувається перше попереднє очищення коренеплодів від домішок за рахунок просіювання вільних домішок між зазорами між прутками транспортера.

Далі ВКЦ приймальним транспортером 7 подається на робочі органи ОС 4. Технологічний процес роботи ОС ідентичний технологічному процесу роботи запропонованої ОС, який описано в підрозділі 1.3 першого розділу дисертаційної роботи, рис. 1.16. Очищені ОС від домішок коренеплоди цикорію пересуваються правою та лівою системами шнеків 11 до вивантажувального транспортера 5, який переносить очищені коренеплоди в технологічний транспорт, що рухається поруч із коренезбиральною машиною.

Технічну характеристику порівнюваних модернізованої та базової коренезбиральних машин наведено в додатку Г4.1.

3.2 Методика проведення експериментальних досліджень продуктивності роботи та коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера

Для експериментальних досліджень функціональної зміни продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера ОС залежно від технологічних параметрів процесу завантаження та його кінематичних параметрів використано лабораторну установку (рис. 3.2), при цьому дослідження проведено з метою визначення функціональних закономірностей впливу вхідних факторів на параметр оптимізації.

Функціональну зміну продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера ОС формалізовано у вигляді структурної моделі, яку наведено на рис. 3.8 [133, 134].

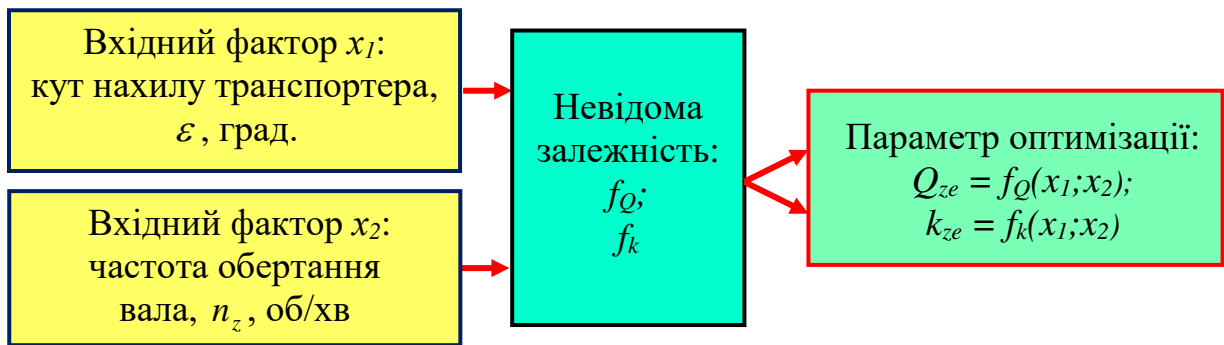


Рисунок 3.8 – Схема моделі двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2

Порядок побудови та проведення експериментальних досліджень продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера ОС, зміна яких описується апроксимуючою математичною моделлю у вигляді функціонала $Q_{ze} = f_Q(x_1; x_2)$ і $k_{ze} = f_k(x_1; x_2)$ в кодovаних факторах, або $Q_{ze} = f_Q(q_k; n_z)$ і $k_{ze} = f_k(q_k; n_z)$ в натуральних величинах і яка на емпіричному рівні характеризує функціональну залежність зміни продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера, був наступним:

- визначення змінних вхідних факторів і проведення кодування факторів;
- встановлення верхнього, нижнього рівнів і інтервалу варіювання фактора;
- складання план-матриці проведення багатofакторних експериментів;
- проведення рандомізації складеної план-матриці;
- реалізацію досліджень згідно з нумерованим порядком проведення експериментів рандомізованої план-матриці;
- обробку експериментального масиву даних із метою одержання рівняння регресії параметра оптимізації з визначенням вигляду функціональної залежності та її коефіцієнтів;
- перевірку відтворюваності одержаних функціональних даних експериментальному масиву даних;
- оцінку значущості коефіцієнтів рівняння регресії та перевірку адекватності отриманої математичної моделі реальному експериментальному процесу за встановленим критерієм.

Для отримання емпіричного рівняння регресії, яке характеризує функціональну зміну продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера ОС залежно від основних технологічних параметрів процесу, вибирали відповідний план двофакторного експерименту (рис. 3.7), при цьому незалежними змінними факторами приймали: кут нахилу транспортера ε до горизонту, який кодували індексом x_1 ; частоту обертання приводного вала n_z , яку кодували індексом x_2 .

Двофакторний експеримент із визначення продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера ОС провели на трьох рівнях варіювання змінних факторів або реалізували експеримент типу ПФЕ 3^2 . При побудові план-матриці експериментів вводили кодовані позначення верхнього, нижнього та нульового рівнів варіювання факторами, відповідно +1, -1, 0 [135]. Оскільки при проведенні експериментів незалежні змінні фактори x_1 і x_2 неоднорідні та мають різний порядок числових значень одиниць вимірювання, то їх приводили до єдиної системи обрахунків шляхом переходу від уведених позначень кодованих величин до дійсних (натуральних) значень.

Зв'язок між кодованими x_i та натуральними X_i значеннями змінних вхідних факторів двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 встановлювали згідно з залежністю [136]:

$$X_i = \frac{(x_i - x_0)}{\Delta x_i}, \quad (3.1)$$

де x_{i0} – значення i -го фактору на нульовому рівні;

x_i – натуральне позначення i -го фактору.

Нульовий рівень x_{0i} , або середнє значення та інтервали варіювання Δx_i кожного діючого змінного фактора, визначали за формулами [136]:

$$x_0 = 0,5(x_{max} + x_{min}), \quad \Delta x_i = 0,5(x_{max} - x_{min}), \quad (3.2)$$

де x_0, x_{max}, x_{min} – значення нульового, верхнього та нижнього рівнів фактора;

Δx_i – числове значення інтервалу варіювання i -го фактора.

Результати кодування та рівні варіювання факторів наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати кодування та рівні варіювання факторів

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натуральні/кодовані		
	Натур.	Код.				
Кут нахилу транспортера, ε , град.	X_1	x_1	15	30/-1	45/0	60/+1
Частота обертання приводного вала, n_z , об/хв	X_2	x_2	40	140/-1	180/0	220/+1

Після кодування вхідних факторів склали план-матрицю двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 для загального числа дослідів $N = P^k = 9$, де P – кількість рівнів варіювання, k – кількість діючих вхідних факторів у експерименті. Експерименти провели в трикратній повторності [137].

План-матрицю проведення двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 , наведено у табл. 1.Г5.2 додатка Г5.2.

Під час проведення експериментів із визначення продуктивності роботи Q_{ze} та коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера ОС, або реалізації складеної план-матриці, для усунення впливу неконтрольованих (НКФ) і нерегульованих (НРФ) факторів (рис. 3.1) на значення параметра оптимізації провели її рандомізацію шляхом застосування методу випадкового балансу, який реалізовано способом витягання порядкових номерів експериментів із урни [138].

Рандомізовану план-матрицю двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 наведено у табл. 2.Г5.2 додатка Г5.2.

Експериментальне визначення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС було проведено для трьох значень вологості ґрунту наважки $w_p = 18, 21$ і 24 ± 1 %.

Реалізацію двофакторного експерименту провели в три етапи – етап підготовки наважки ВКЦ, етап проведення експериментів із використанням

лабораторної установки та етап обробки експериментального масиву даних.

Етап підготовки наважки ВКЦ складався з наступних операцій:

- на полі дослідних посівів коренеплодів цикорію сорту «Уманський 99» вибирали залікову ділянку та визначали вологість ґрунту на глибині ходу викопуючого робочого органу, при цьому вибір залікової ділянки та визначення вологості ґрунту w_p було проведено згідно з положеннями [139, 140];

- гичку коренеплодів цикорію перед початком викопування залікової ділянки збирали гичкозбиральною машиною МБК-2.7;

- викопували коренеплоди цикорію кореневого із залікової ділянки польовою установкою, загальний вигляд якої наведено в додатку Г6.2;

- з утвореного валка відбирали викопаний ВКЦ, який доставляли до місця проведення експериментів, при цьому інтервал часу між викопуванням коренеплодів і початком проведення експериментів становив не більше 15 хв.

Характеристику культури та залікової ділянки наведено в додатку Г6.2, при цьому показники визначали згідно з стандартною методикою [141].

Етап проведення експериментів складався з наступних операцій:

- демонтували гідромотор 13 (рис. 3.2) привода очисної пальчикової гірки 2 та ланцюгову передачу привода завантажувального транспортера 1;

- встановлювали гідромотор 13 на приводний вал завантажувального транспортера 1 та перекривали подачу масла на регулювальний дросель 15 приводу комбінованого очисника 3, тобто відключали гідромотори 12, 14 приводу 17 та приводного вала 7 з очисними пружними елементами 8;

- встановлювали необхідний кут нахилу ε завантажувального транспортера 1 згідно з рандомізованою план-матрицею (табл. 2.Г5.2) проведення експериментальних досліджень шляхом переміщення регулювальної тяги та перестановки пальця в відповідний отвір кронштейна;

- запускали електродвигун 11 лабораторної установки на холостому ході та встановлювали необхідне числове значення рівня варіювання частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера 1 за рахунок надходження відповідної кількості робочої рідини з масляного бака 10 до

гідромотора 13 з регулювального дроселя 15;

- вручну рівномірно по полотну подавального транспортера завантажували наважку ВКЦ, який переміщував наважку ВКЦ на завантажувальний транспортер 1, при цьому: середнє значення коефіцієнта заповнення ψ робочої гілки завантажувального транспортера, яке розраховували аналітично, дорівнювало $\psi = 0,7$; швидкість руху подавального транспортера $V_{n.m}$ була адекватна швидкості руху завантажувального транспортера $V_{z.m}$ ОС; час t_e проведення кожного експерименту становив $t_e = 5$ с;

- окремо відбирали масу наважки ВКЦ, яка пройдена за час t_e з вихідної частини, та масу домішок, які просіяні через сепаруючі зазори між прутками завантажувального транспортера;

- визначали масу наважки ВКЦ та масу домішок шляхом їх зважування на електронних вагах із точністю до ± 1 кг;

- із коренеплодів вручну очищували налиплий ґрунт та визначали масу домішок, які пройшли за час t_e із вихідної частини шляхом їх зважування.

Етап обробки експериментального масиву даних провели в наступній послідовності.

1. Визначали числове значення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС за формулою [133, 134]:

$$Q_{ze}^{(i)} = M_z / t_e; \quad (3.3)$$

$$k_{ze}^{(i)} = \frac{w_z}{M_{zd}}, \quad (3.4)$$

де M_z , M_{zd} – відповідно, маса наважки ВКЦ та маса домішок, яка пройдена з вихідної частини завантажувального транспортера за час t_e , кг;

t_e – час експерименту, с.

w_z – маса домішок, яка просіяна через зазори між прутками завантажу-

вального транспортера за час t_e , кг.

2. Отримані експериментальні значення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС для граничних значень відповідних точок композиційного плану двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 заносили у відповідні граfi рандомізованої план-матриці експерименту.

3. Обробку отриманого експериментального масиву даних продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС проводили за загальновідомими методиками та методами статистичної обробки результатів досліджень для отримання в кінцевому випадку емпіричної математичної моделі у вигляді функціонала $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ з використанням методів кореляційного і регресійного аналізу апроксимуючої функції, яка характеризує вплив факторів і їх взаємодію на параметр оптимізації.

4. Проводили перевірку відтворюваності отриманого експериментального масиву даних продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС.

Для оцінки відтворюваності застосовували критерій Кохрена [142]:

$$G = \frac{S_{u,max}^2}{\sum_{i=1}^n S_u^2} \leq G_m(0,05; n; f_u), \quad (3.5)$$

де $G_m = (0,05; N; f_u)$ – табличне значення критерію Кохрена при 5%-му рівні значимості, при числі дослідів N і числі степенів свободи $f_u = m - 1$ із числом повторності m ;

S_u^2 , $S_{u,max}^2$ – дисперсія та її максимальне значення.

Дисперсію на u -му рівні визначали за формулою [143]:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_{uik} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.6)$$

де y_{uik} – значення вихідного параметра на відповідній повторності, при цьому похибку значення параметра оптимізації кожного експерименту розраховували за формулою:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2. \quad (3.7)$$

5. За умови ортогональності та симетрії побудованої моделі ПФЕ 3^2 визначали коефіцієнти регресії апроксимуючої функції, представлені у вигляді $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$, за відповідними формулами [144]:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{N}; \quad b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{N}; \quad b_{ijk} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} x_{ku} \bar{y}_u}{N}, \quad (3.8)$$

де b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ijk} – вільний член, коефіцієнти i -го фактора та сумісної взаємодії факторів;

x_{iu} – значення кодової змінної у відповідному стовпці плану-матриці проведення експериментів;

\bar{y}_u – середній результат u -го дослідження;

u, i, j, k – порядковий номер дослідження; номер фактора; номер фактора, відмінного від i -го;

N – кількість проведених експериментів однієї повторності.

6. Перевірку адекватності рівняння регресії, представленого у вигляді функціонала $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$, проводили за критерієм Фішера [145]:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F_m(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (3.10)$$

де $S_{ad}^2 = \frac{1}{f_{ad}} \sum_{u=1}^n (y - \bar{y}_u)^2$ – дисперсія адекватності; $f_{ad} = n - k - 1$ – число степенів свободи дисперсії адекватності при кількості факторів рівному k ; $f_y = n(m - 1)$ – число степенів свободи дисперсії відтворюваності.

Дисперсію адекватності та розрахунковий критерій відповідності Фішера F_p визначали за формулою:

$$S_{ag}^2 = \frac{n}{N - g'} \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \tilde{y}_u)^2; \quad F_p = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2}, \quad (3.11)$$

де $N - g'$, g' – число степенів вільності дисперсії адекватності та значимих коефіцієнтів у рівнянні регресії;

\tilde{y}_u – значення відгуку в u -й точці плану, обчислене за рівнянням регресії;

S_y^2 – дисперсія відтворення дослідів;

Визначали табличне значення критерію Фішера F_T за заданим рівнем значимості α та двома степенями відповідності $f_{ag} = N - g$ та $f_y = N(n - 1)$ [145].

Умову адекватності, записану у вигляді $F_p < F_T$ вибраної емпіричної математичної моделі $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$, перевіряли згідно з нерівністю (3.10).

Отримане розрахункове значення F_p порівнювали з табличним значення критерію Фішера F_T . Якщо умова $F_p < F_T(0,05, f_{ag}, f_y)$ виконувалась, тобто розрахункове значення F_p - критерію Фішера менше табличного F_T при 5 %-му рівні значущості, числі степені вільності дисперсії адекватності $f_{ag} = N - g$ та числі степені вільності дисперсії відтворюваності $f_y = N(n - 1)$, то одержане емпіричне рівняння регресії вибраної математичної моделі $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ адекватно описує реальний процес зміни параметра оптимізації або зміни експериментальних даних.

7. Значимість коефіцієнтів рівняння регресії b_i , b_{ij} , b_{ijk} оцінювали за критерієм Стюдента [146], при цьому коефіцієнт рівняння регресії b_i , b_{ij} , b_{ijk} значимий, якщо виконується умова:

$$|b_i| \geq t_m(0,05; f_y) S_y / \sqrt{n}, \quad (3.12)$$

де $t_m(0,05; f_y)$ – табличне значення критерію Стюдента при 5%-ому рівні значимості.

Визначали дисперсію похибок дослідів у рядках плану ПФЕ 3²:

$$S_u^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{uj} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.13)$$

де n – кількість повторності одного експерименту;

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

Визначали дисперсію відтворення досліду та похибку відтворення:

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2; \quad S_y = \sqrt{S_y^2}; \quad (3.14)$$

- визначали умову значимості коефіцієнтів b_i рівняння регресії, яке описується функціоналом $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$

$$b_{i(jk)} > \frac{t_T S_y}{\sqrt{Nn}}, \quad (3.15)$$

де t_T – табличне значення коефіцієнта Стюдента, яке вибирається з таблиці залежно від ступеня відповідності f та рівня значимості α [146], при цьому $f = (n-1)N$.

Якщо умова значимості (3.15) не виконується, то таким коефіцієнтом b_i і відповідним членом x_i рівняння регресії нехтували.

8. На основі проведення кореляційного аналізу встановлювали вигляд зв'язку між величинами (між вихідним параметром і фактором, а також між

факторами) згідно з [147].

Визначали коефіцієнт кореляції між величинами x і y

$$r_{xy} = \frac{K_{xy}}{S_x S_y}, \quad (3.16)$$

де S_x, S_y – середньоквадратичне відхилення відповідних величин;

K_{xy} – кореляційний момент.

Якщо коефіцієнт кореляції рівний нулю, тоді величини (вхідні змінні фактори) некорельовані, а за умови, коли коефіцієнт кореляції більший 0,7 – кореляційний зв'язок сильний, 0,3...0,7 – середній, менше 0,3 – слабкий.

Середньоквадратичну похибку коефіцієнта кореляції визначали за формулою:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}. \quad (3.17)$$

Зв'язок між величинами істотний за умови, коли розрахунковий критерій Стюдента більший за його табличне значення [147], тобто:

$$t_r = \frac{r_{xy}}{S_r} \geq t_{таб}. \quad (3.18)$$

При одночасному впливу декількох змінних факторів на параметр оптимізації та його аналізу доцільно застосовувати множинний коефіцієнт кореляції, при цьому тісноту зв'язку величини z з величинами x, y визначали за формулою:

$$R_{x,yz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2r_{xy}r_{xz}r_{yz}}{1 - r_{yz}^2}}. \quad (3.19)$$

Нульове значення множинного коефіцієнту кореляції означає відсутність лінійного зв'язку між величинами.

Якщо коефіцієнт рівний 1, тоді існує лінійний зв'язок, а всі експериментальні дані лежать в одній площині, яка, у свою чергу, є три просторовою (трикоординатною) поверхнею відгуку.

Квадрат коефіцієнта кореляції є коефіцієнтом детермінації D , який показує частку зміни протікання та характеризує взаємозалежності однієї величини від іншої.

9. Максимум або мінімум значень параметра оптимізації визначали за методом двомірних перерізів [148]. Для цього проводили диференціювання рівняння регресії за відповідними факторами, а отримані часткові похідні прирівнювали до нуля:

$$y = y(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{dy}{dx_1} = 0, \\ \frac{dy}{dx_2} = 0, \\ \dots, \\ \frac{dy}{dx_n} = 0. \end{array} \right\} \quad (3.20)$$

Цей метод призначений для одночасного визначення значень факторів, за яких функція відгуку приймає максимальне або мінімальне значення. При цьому, розв'язавши систему рівнянь відносно факторів, отримували, відповідно, оптимальні значення кожного фактора.

Для дослідження двомірного перерізу поверхні відгуку записували її рівняння регресії в канонічному вигляді:

$$K^2 + I_1 K + I_2 = 0, \quad (3.21)$$

$$\text{де } \left. \begin{array}{l} I_1 = -(b_{ii} + b_{jj}), \\ I_2 = b_{ii} b_{jj} - 0,25 b_{ij}^2, \end{array} \right\} \text{ , куди входять відповідні коефіцієнти регресії.}$$

Розв'язок характеристичного рівняння давав корені K_i, K_j , при цьому якщо $|K_i| < |K_j|$, то двомірний переріз витягнутий вздовж осі, яка відповідає

цьому фактору X_i . Якщо корені характеристичного рівняння менші нуля, то центр контурних кривих є максимумом.

Необхідні числові розрахунки параметра оптимізації $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ проводили за допомогою пакета прикладних статистичних програм обробки та аналізу результатів експериментальних досліджень для ПК.

Для наочного зображення результатів проведених експериментальних досліджень будували графічні залежності, які відтворюють характер зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера залежно від зміни його конструктивно-кінематичних параметрів процесу роботи.

3.3 Методика проведення експериментальних досліджень продуктивності роботи, коефіцієнта відокремлення домішок і пошкодження коренеплодів комбінованого очисника

Для отримання емпіричного рівняння регресії, яке характеризує зміну продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$, коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ і пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованого очисника ОС, вибирали відповідний план дво- та трифакторного експерименту, при цьому незалежними змінними факторами приймали [149]:

- частоту обертання гвинта n_n , яку кодували індексом x_1 , тобто $n_n \rightarrow x_1$;
- частоту обертання шнека n_o , яку кодували індексом x_2 , тобто $n_o \rightarrow x_2$;
- частоту обертання вала n_e , яку кодували індексом x_3 , тобто $n_e \rightarrow x_3$.

Дво- та трифакторний експеримент провели на трьох рівнях варіювання змінними факторами, тобто реалізували багатфакторний експеримент типу ПФЕ 3^2 та ПФЕ 3^3 .

Експериментальні дослідження з визначення зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$, коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ і пошкодження коренеплодів P_{ke}

комбінованого очисника ОС, які формалізовано у вигляді структурної моделі (рис. 3.9) та реалізовано на лабораторній установці (рис. 3.2), провели з метою визначення функціональних закономірностей впливу вхідних факторів або параметрів робочих органів комбінованого очисника та його умов роботи на параметр оптимізації.

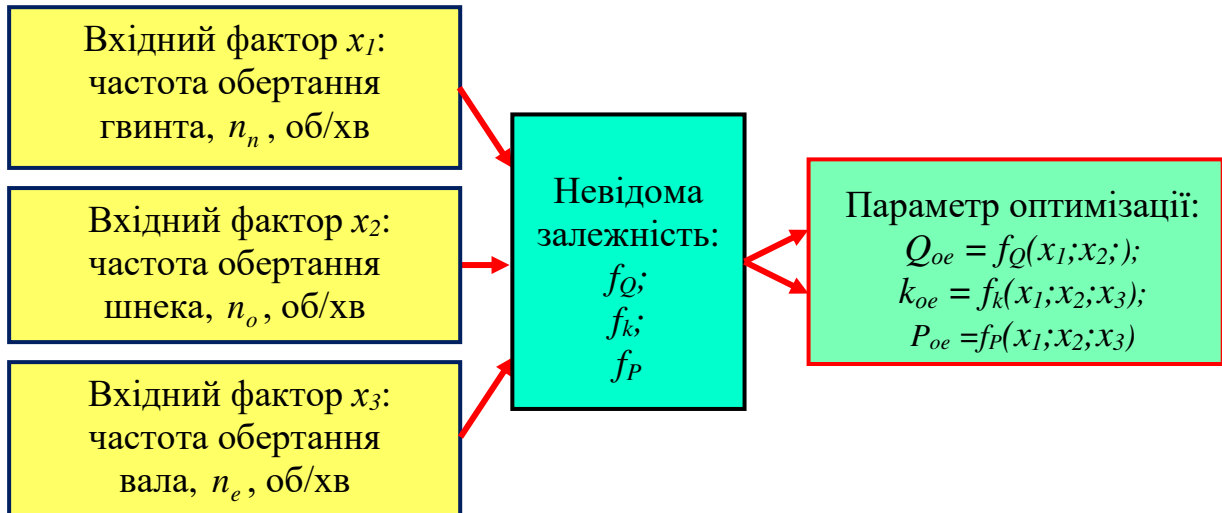


Рисунок 3.9 – Схема моделі дво- та трифакторного експерименту типу ПФЕ3² та ПФЕ 3³

Порядок планування, побудови та проведення лабораторних експериментальних досліджень, обробку експериментальних даних для отримання апроксимуючої емпіричної моделі функціональної зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)} = f_Q(x_1; x_2)$, коефіцієнта відокремлення домішок від коренеплодів $k_{oe} = f_k(x_1; x_2; x_3)$ і пошкодження коренеплодів $P_{ke} = f_P(x_1; x_2; x_3)$ комбінованого очисника ОС, проводили згідно з методикою, яку наведено у підрозділі 3.2, при цьому:

- результати кодування змінних факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 3.2, при цьому рівні варіювання змінних факторів встановлювали згідно з аналізом результатів теоретичних досліджень продуктивності роботи комбінованого очисника ОС;

Таблиця 3.2 – Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натуральні/кодовані		
	Натур.	Код.				
Частота обертання гвинта, n_n , об/хв	X_1	x_1	20	70/-1	90/0	110/+1
Частота обертання шнека, n_o , об/хв	X_2	x_2	30	120/-1	150/0	180/+1
Частота обертання вала, n_e , об/хв	X_3	x_3	100	350/-1	450/0	550/+1

- для зменшення досить значного загального числа експериментів при дослідженні функціональної зміни коефіцієнта відокремлення домішок від коренеплодів комбінованим очисником за трикратного повторення кожної точки композиційного плану, тобто $N = P^k = 3^3 \times 3 = 81$ однієї вологості ґрунту w_p наважки ВКЦ, застосували схему некомпозиційного плану другого порядку Бокса-Бенкіна [141];

- план-матрицю проведення експерименту типу ПФЕ 3^2 наведено в табл. 1.Г5.2, а експерименту типу ПФЕ 3^3 – у табл. 2.Г5.2 додатка Г5.2, при цьому експерименти проводили в трикратній повторності згідно з [141];

- рандомізовану план-матрицю експерименту типу ПФЕ 3^2 наведено в табл. 3.Г5.2, а експерименту типу ПФЕ 3^3 – у табл. 4.Г5.2 додатка Г5.2.

Загальну будову та принцип роботи лабораторної установки наведено в підрозділі 3.1, а її технічну характеристику – у додатку Г4.1.

Регулювання частоти обертання привода 17 (рис. 3.2) системи шнеків 6 і консольного приводного вала 7 з очисними пружними елементами 8 проводили за рахунок надходження відповідної кількості робочої рідини з масляного бака 10, відповідно, до гідромоторів 12 і 14 з регулювальних дроселів 15 і 16, а частоту обертання консольного гвинта – перестановкою приводної зірочки ланцюгової передачі привода вала гвинта.

Приводний вал 7 виконано у вигляді тонкостінної труби з двопідшипниковим опорним елементом (стаканом), на поверхні якої по гвинтовій лінії закріплено очисні пружні елементи 8, набрані з пучків ворсу. Параметри

очисних пружних елементів вибирали з урахуванням проведених досліджень щіткових робочих органів [150, 151], при цьому формування пучків ворсу, які виготовлено із полімерного матеріалу, проводили наступним чином: суцільну заготовку очисного пружного елемента 8 відповідної довжини перегинали навпіл, а поруч із нею формували другу заготовку і так далі. Набрані пучки ворсу за допомогою притискних пластин закріплювали до труби за допомогою різьбового гвинтового з'єднання по гвинтовій лінії, напрямком навивання якої протилежний напрямку навивання рифів системи шнеків 5. Діаметр ворсу суцільної заготовки був 2 мм, кількість ворсин у пучку становила 15 шт. Зовнішній діаметр приводного вала 7 з очисними пружними елементами 8 встановлювали відповідно до внутрішнього діаметра приводного гвинта 6, виконаного у вигляді пустотілого гвинтового циліндра.

Загальну характеристику культури та залікової ділянки поля наведено в додатку Г6.2, при цьому показники визначали за стандартною методикою [140].

Послідовність проведення першого та наступних експериментів встановлювали згідно з нумерованим порядком рандомізованої план-матриці експерименту типу ПФЕ 3² та ПФЕ 3³. Експериментальне визначення продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ та коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС було проведено для трьох значень вологості ґрунту $w_p = 18, 21$ і 24 ± 1 %.

Продуктивність роботи $Q_{oe}^{(i)}$ та коефіцієнт відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС визначали за формулою [149]:

$$Q_{oe}^{(i)} = M_o / t_e; \quad (3.22)$$

$$k_{oe} = w_o / M_{od}, \quad (3.23)$$

де M_o , M_{od} – відповідно, маса наважки ВКЦ та маса домішок, яка пройдена з вихідної частини системи шнеків за час t_e , кг;

w_o – маса домішок, яка просіяна через зазори між валами шнеків за час t_e , кг.

Пошкодження коренеплодів P_{ke} відносно маси коренеплодів однієї проби

визначали згідно з стандартною методикою [152].

Отримані експериментальні значення продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$, коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ і пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованого очисника ОС для граничних значень відповідних точок композиційного плану двофакторного експерименту типу ПФЕЗ² та трифакторного експерименту типу ПФЕЗ³ заносили у відповідні графи рандомізованої план-матриці експерименту.

Обробку отриманого експериментального масиву даних продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$, коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ і пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованого очисника ОС для отримання в кінцевому випадку емпіричної математичної моделі у вигляді функціонала $Q_{oe}^{(i)} = f_Q(n_n; n_o)$, $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_n; n_o; n_e)$ і $P_{ke} = f_k(n_n; n_o; n_e)$ проводили згідно з методикою, яку наведено в підрозділі 3.2.

3.4 Методика проведення польових порівняльних досліджень очисної системи

Для визначення ефективності використання у виробничих умовах удосконаленої конструкції ОС, яку встановлено на модернізовану коренезбиральну машину, було проведено польові порівняльні експериментальні дослідження показників якості її роботи з відповідними показниками базової коренезбиральної машини. При цьому у вихідному ВКЦ для обох порівнювальних коренезбиральних машин визначали: загальну кількість домішок; загальну кількість ґрунтових і рослинних домішок; кількість вільного ґрунту та вільних рослинних домішок; кількість налиплого ґрунту на поверхні тіла та залишків гички на головках коренеплодів; кількість сильно- та слабо пошкоджених коренеплодів; утрати коренеплодів.

Вихідними даними для проведення аналізу одержаних результатів

порівняльних досліджень показників якості удосконаленої коренезбиральної машини, яку обладнано ОС, та базової коренезбиральної машини є агротехнічні вимоги (АТВ) до технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію кореневого.

Із метою подальшого удосконалювання робочих органів для відокремлення домішок від коренеплодів і оцінки показників якості роботи робочих органів очисних систем і коренезбиральної машини загалом в умовах реального виробничого процесу збирання коренеплодів цикорію кореневого та для встановлення технологічної ефективності застосування удосконалених робочих органів було сформульовано агротехнічні вимоги до процесу збирання коренеплодів цикорію кореневого:

- загальні втрати коренеплодів – не більше 2,5 %;
- загальна кількість домішок – не більше 8 %;
- загальна кількість ґрунтових домішок – не більше 5 %;
- загальна кількість рослинних домішок – не більше 3 %;
- кількість налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів – не більше 1,5 %;
- кількість залишків гички на головках коренеплодів – не більше 0,5 %;
- загальна кількість пошкоджених коренеплодів – не більше 20 %, із них: сильно пошкоджених – 7 %, слабо пошкоджених – 13 %.

Кількісні показники якості роботи порівнювальних коренезбиральних машин визначали у відсотках від загальної маси коренеплодів однієї проби, при цьому загальну масу коренеплодів визначали шляхом зважування на терезах із точністю ± 1 кг.

Порівняльні польові дослідження модернізованої коренезбиральної машини, яку обладнано ОС ВКЦ, та базової коренезбиральної машини провели у 2016 р. на полях закладених дослідних посівів коренеплодів цикорію сільськогосподарського ТОВ «Вербів» Бережанського р-ну Тернопільської обл. (додаток Г7.3).

Конструктивну схему модернізованої коренезбиральної машини наведено

на рис. 3.7, а її загальний вигляд – у додатку Г3.1.

Будову та технологічний процес роботи порівнювальних коренезбиральних машин наведено в підрозділі 3.1 третього розділу дисертаційної роботи, а технічну характеристику модернізованої та базової коренезбиральної машини наведено в додатку Г4.1.

Умови проведення порівняльних досліджень, які були однаковими для обох коренезбиральних машин, визначали згідно з [140]. Умови проведення порівняльних досліджень наведено в додатку Г6.2.

Порядок проведення, умови відбору проб і визначення показників якості роботи технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію кореневого під час проведення порівняльних досліджень удосконаленої і базової коренезбиральної машини проводили за стандартними методиками згідно з положеннями [142].

Ефективність застосування удосконалених робочих органів визначали на основі аналізу співставлення одержаних результатів агротехнічних показників роботи удосконаленої і базової коренезбиральної машини.

3.4 Висновки до розділу

3.4.1. Запропоновано часткову методику експериментального визначення продуктивності роботи та коефіцієнтів сепарації вільних домішок завантажувального транспортера ОС.

3.4.2. Запропоновано часткову методику експериментального визначення коефіцієнта відокремлення домішок і пошкодження коренеплодів робочими органами комбінованого очисника ОС.

Основні положення розділу опубліковано в наукових працях [133, 134, 149].

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Експериментальні дослідження продуктивності роботи та коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера

Згідно з програмою експериментальних досліджень та для перевірки адекватності теоретичних положень і викладень розробленої математичної моделі (2.31), яка характеризує продуктивність роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та визначення коефіцієнта сепарації $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС для трьох значень вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18, 21$ і $24 \pm 1\%$, провели експериментальні дослідження лабораторної установки, конструктивну схему якої наведено на рис. 3.2, а загальний вигляд лабораторної установки – на рис. 3.3-3.5.

Методику проведення експериментальних досліджень із визначення зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС залежно від параметрів процесу наведено в пункті 3.2 розділу 3. Експериментальні дослідження провели на основі реалізації двофакторного експерименту на трьох рівнях варіювання факторами або експерименту типу ПФЕ 3^2 , структурну схему моделі якого наведено на рис. 3.1 та рис. 3.8. Умови проведення досліджень і загальну характеристику культури та залікової ділянки поля насаджень коренеплодів цикорію, із якої формували наважку ВКЦ, наведено в додатку Г6.2. Технічну характеристику лабораторної установки наведено в табл. 1. Г1.1 додатка Г1.1, при цьому зовнішній діаметр зірочки привідного вала завантажувального транспортера становив $D_z = 0,18$ м.

Послідовність проведення експериментів із визначення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера встановлювали згідно з нумерованим порядком рандомізованої

план-матриці двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 (табл. 3.Г5.2 додатка Г5.2), а характеристику визначених змінних факторів і значення їх рівнів варіювання, які встановлено згідно з результатами проведених теоретичних досліджень (пункт 2.1, розділ 2), наведено в табл. 3.1 третього розділу дисертаційної роботи.

Результати реалізації план-матриці експериментальних досліджень із визначення маси наважки M_z і маси домішок M_{zd} ВКЦ, які вивантажувалася з вихідної частини завантажувального транспортера та маси вільних домішок w_z , яка просіяна через зазори між прутками завантажувального транспортера ОС, наведено в табл. 1.Д1.1-3Д1.1 додатку Д1.1, а числові значення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС залежно від параметрів процесу, або експериментальний масив даних, який обчислено за формулами (3.3) і (3.4), наведено в табл. 1.Д2.1-3.Д2.1 додатку Д2.1.

Обробку одержаного експериментального масиву даних, який наведено в додатку Д3.1, трактування та аналіз отриманих результатів продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС провели згідно з методикою, наведеною в пункті 3.2 розділу 3 дисертаційної роботи.

Апроксимуючу функцію відгуку, або параметра оптимізації, тобто продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС, визначену експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі повного квадратного полінома [153]:

$$Q_{ze} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (4.1)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ – коефіцієнти відповідних значень x_i ;

x_1, x_2 – відповідні кодовані фактори.

Апроксимуючу функцію відгуку, або параметра оптимізації, тобто коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС,

визначену експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі оберненої функції [153]:

$$k_{ze}^{(i)} = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_2}. \quad (4.2)$$

Невідомі значення коефіцієнтів рівняння регресії, які характеризують зміну продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ (4.1) та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ (4.2) завантажувального транспортера ОС і які записано у вигляді функціональної залежності $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(x_1; x_2)$ та $k_{ze}^{(i)} = f_k(x_1; x_2)$ в кодованих величинах, визначали за формулами (3.8), а перехід від кодованих величин до натуральних або визначення коефіцієнтів рівняння регресії апроксимуючої моделі $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ та $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ у натуральних величинах визначали за формулами (3.1), (3.2).

Таблиця 4.1 – Натуральні значення коефіцієнтів b_i рівняння регресії зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС

Позначення	Натуральні значення коефіцієнтів рівняння регресії					
	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}
Вологість ґрунту $w_p = 18 \pm 1$ % наважки ВКЦ						
$Q_{ze}^{(18)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$	-63,14	-0,14	1,04	$-3,7 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$-1,9 \cdot 10^{-2}$
$k_{ze}^{(18)} = f_k(\varepsilon; n_z)$	0,85	10,5	-105,68			
Вологість ґрунту $w_p = 21 \pm 1$ % наважки ВКЦ						
$Q_{ze}^{(21)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$	-49,93	-0,27	0,97	$-3,7 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$-1,7 \cdot 10^{-2}$
$k_{ze}^{(21)} = f_k(\varepsilon; n_z)$	0,95	10,5	-105,68			
Вологість ґрунту $w_p = 24 \pm 1$ % наважки ВКЦ						
$Q_{ze}^{(24)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$	-46,93	-0,27	0,97	$-3,7 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$-1,7 \cdot 10^{-2}$
$k_{ze}^{(24)} = f_k(\varepsilon; n_z)$	0,75	10,5	-105,68			

Розраховані числові значення коефіцієнтів рівняння регресії в натуральних величинах, які характеризують функціональну зміну продуктивності роботи

$Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС, наведено в табл. 4.1.

Після перевірки адекватності апроксимуючої моделі згідно з умовою (3.10) та оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії згідно з умовою (3.15), результати статистичних розрахунків яких наведено в додатках Д4.1-Д6.1 та подальшого переходу від кодованих позначень вхідних змінних факторів до натуральних величин згідно з положеннями (3.1) та (3.2), одержано рівняння регресії, яке характеризує та функціонально описує зміну продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС [133, 134, 154]:

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18 \pm 1 \%$

$$Q_{ze}^{(18)} = -63,14 + 1,04n_z - 3,7 \cdot 10^{-2} \varepsilon n_z - 1,9 \cdot 10^{-2} n_z^2; \quad (4.3)$$

$$k_{ze}^{(18)} = 0,85 + \frac{10,5}{\varepsilon} - \frac{105,68}{n_z}, \quad (4.4)$$

при цьому згідно з додатком Д4.1 коефіцієнти b_1 і b_{11} рівняння регресії $Q_{ze}^{(18)}$ є незначущими;

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 21 \pm 1 \%$

$$Q_{ze}^{(21)} = -49,93 + 0,97n_z - 3,7 \cdot 10^{-2} \varepsilon n_z - 1,7 \cdot 10^{-2} n_z^2; \quad (4.5)$$

$$k_{ze}^{(21)} = 0,95 + \frac{10,5}{\varepsilon} - \frac{105,68}{n_z}, \quad (4.6)$$

при цьому згідно з додатком Д5.1 коефіцієнти b_1 і b_{11} рівняння регресії $Q_{ze}^{(21)}$ є незначущими;

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 24 \pm 1 \%$

$$Q_{ze}^{(24)} = -46,93 + 0,97n_z - 3,7 \cdot 10^{-2} \varepsilon n_z - 1,7 \cdot 10^{-2} n_z^2; \quad (4.7)$$

$$k_{ze}^{(24)} = 0,75 + \frac{10,5}{\varepsilon} - \frac{105,68}{n_z}, \quad (4.8)$$

а згідно з додатком Дб.1 коефіцієнти b_1 і b_{11} рівняння регресії $Q_{ze}^{(24)}$ є незначущими.

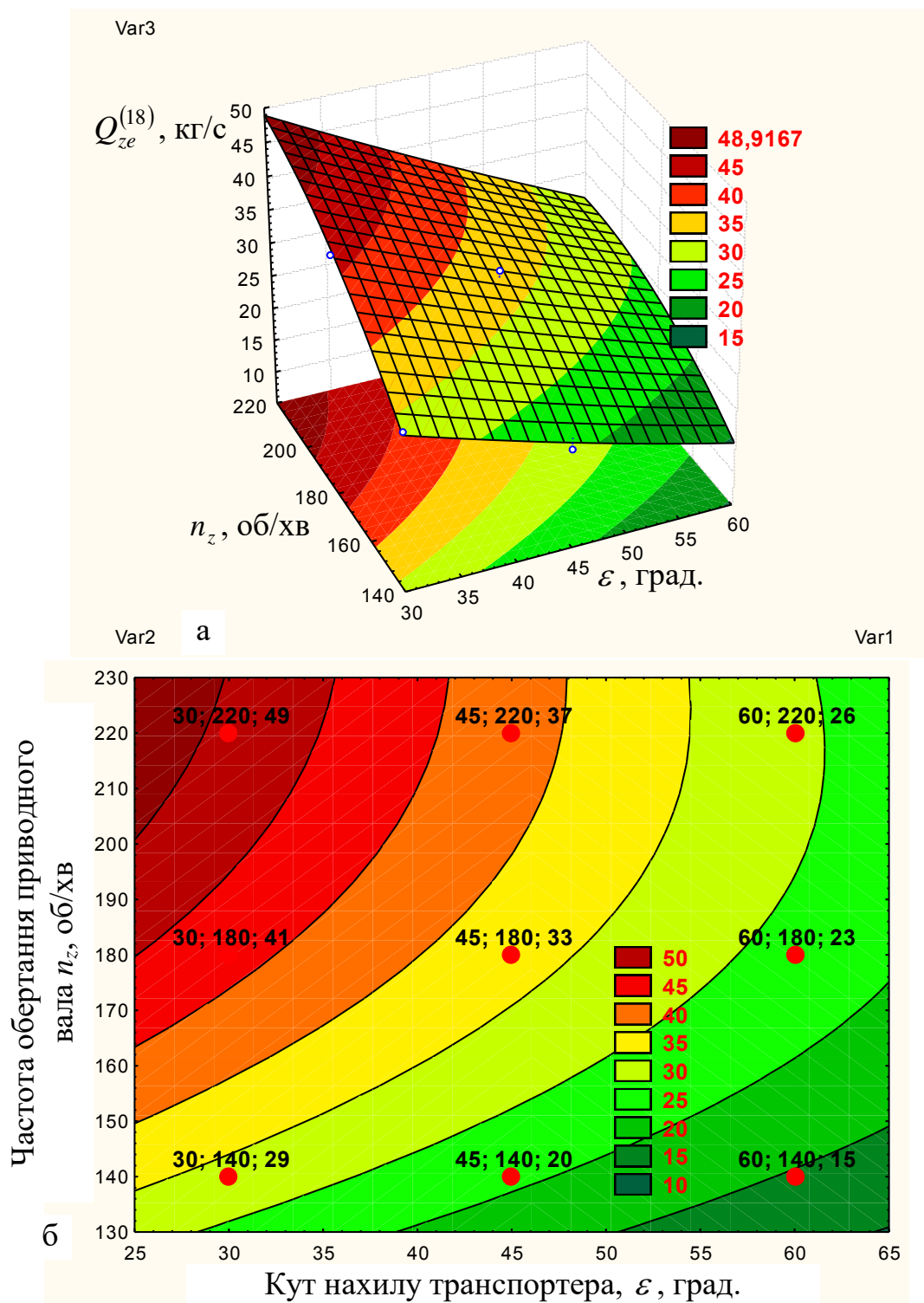


Рисунок 4.1 – Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз (б) поверхні відгуку зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера як функціонал $Q_{ze}^{(18)} = f_Q(\epsilon; n_z)$

Розроблені рівняння регресії (емпіричні моделі) у натуральних величинах (4.3)-(4.8) можуть бути використані для визначення характеру функціональної зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС, які записано у вигляді апроксимуючої моделі $Q_{ze}^{(i)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ та $k_{ze}^{(i)} = f_k(\varepsilon; n_z)$, у наступних межах варіювання значень змінних факторів: кут нахилу завантажувального транспортера $30 \leq \varepsilon \leq 60$ град.; частота обертання приводного вала транспортера $140 \leq n_z \leq 220$ об/хв.

Аналіз одержаного рівняння регресії (4.2) і (4.3) та побудованої згідно з ним поверхні відгуку (рис. 4.1а, рис. 4.2а) та двомірного перерізу поверхні відгуку у вигляді функціонала $Q_{ze}^{(18)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$, $k_{ze}^{(18)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ (рис. 4.1б, рис. 4.2б) та $Q_{ze}^{(18)} = f_Q(n_z)$, $k_{ze}^{(18)} = f_k(n_z)$ (рис. 4.3) показує, що за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18 \pm 1\%$ основний масив апроксимованих експериментальних значень продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ знаходиться в межах 16...50 кг/с, а коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера ОС – у межах 0,42...0,84.

Функціональна зміна продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера ОС залежно від зміни вхідних факторів кута нахилу ε та частоти обертання приводного вала n_z має двоякий характер – зворотний за збільшення кута нахилу завантажувального транспортера ε до горизонту та прямопропорційний за збільшення частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера (рис. 4.1 і рис. 4.2), що також характерно залежностям, які наведено на рис. 4.3.

Домінуючим фактором, який має суттєвий вплив на параметр оптимізації, тобто збільшення якого призводить до значного зростання продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера ОС, є його частота обертання n_z приводного вала або швидкість руху $V_{z.m}$ робочої гілки завантажувального транспортера.

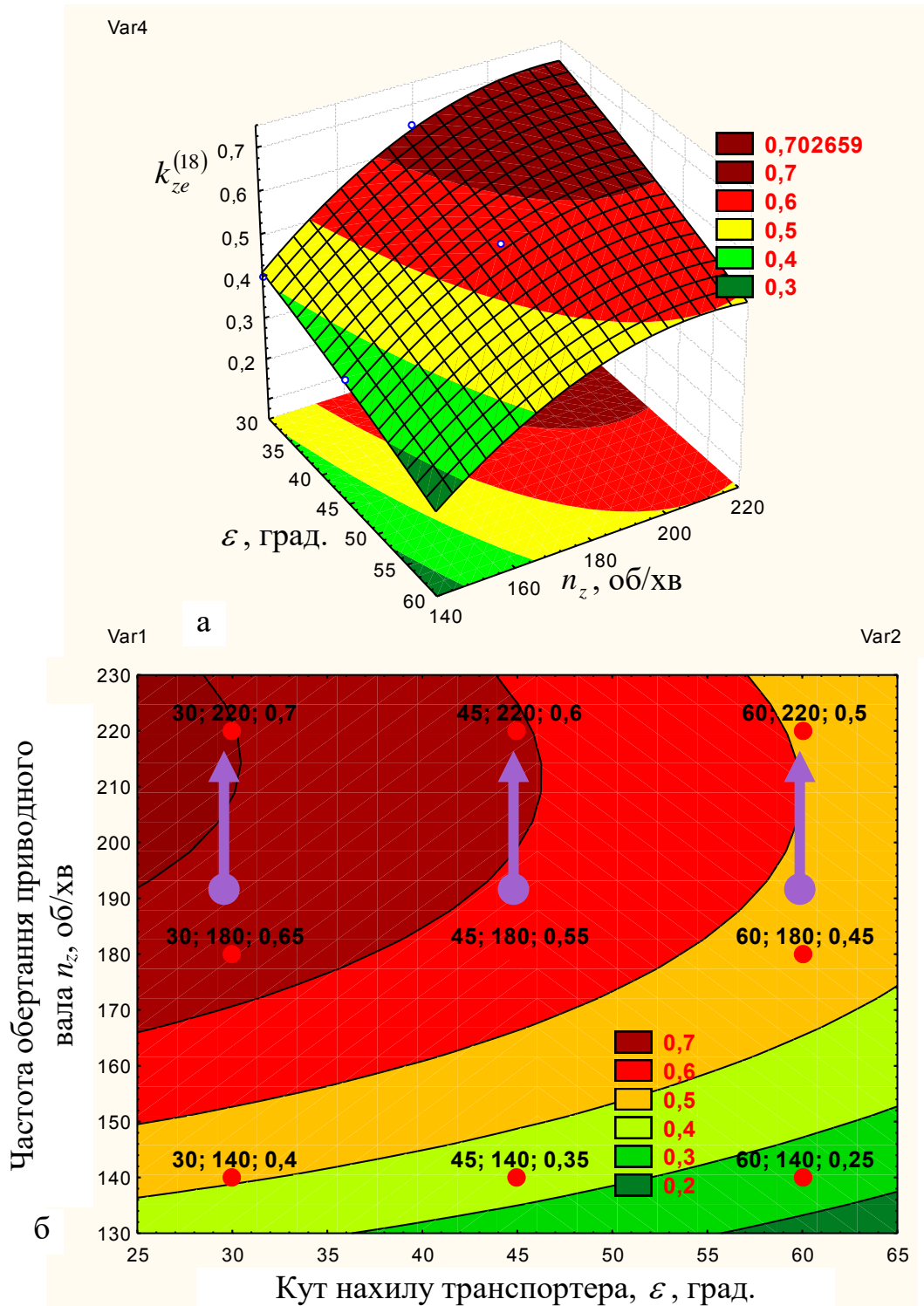


Рисунок 4.2 – Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз (б) поверхні відгуку зміни коефіцієнта сепарації вільних домішок k_{ze} завантажувального транспортера як функціонал $k_{ze}^{(18)} = f_k(\varepsilon; n_z)$

Значне зростання продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера ОС відбувається в межах зростання частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера ОС $140 \leq n_n \leq 180$ об/хв.

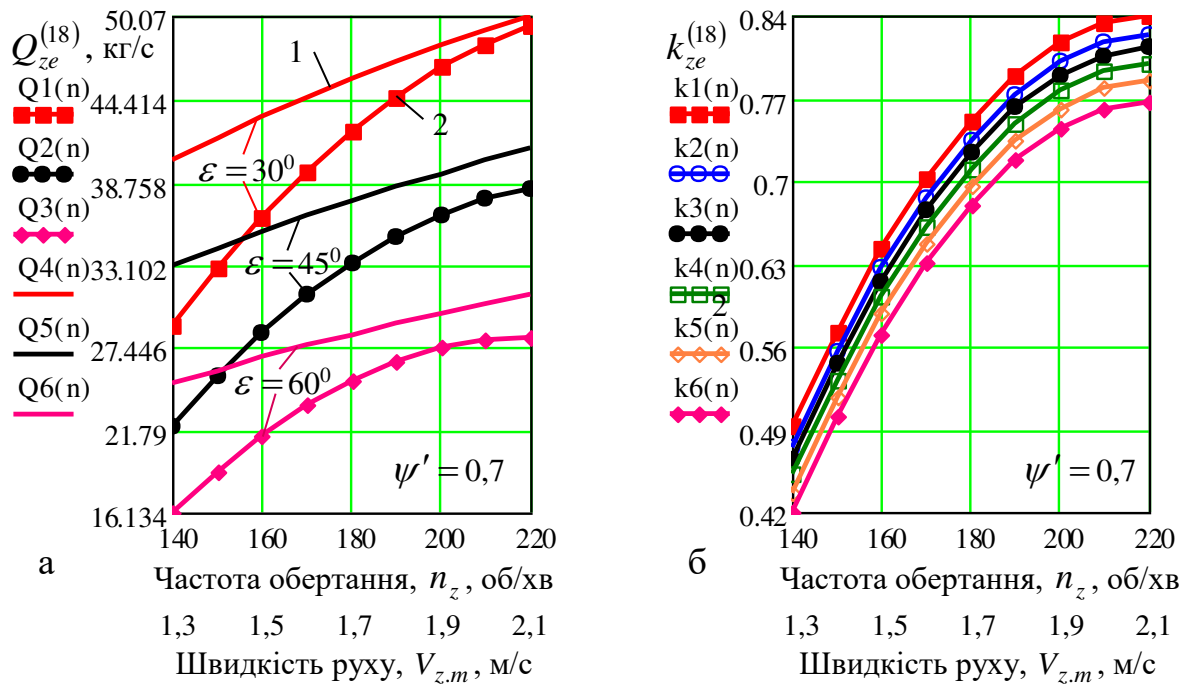


Рисунок 4.3 – Залежність зміни: а) продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера як функціонал $Q_{ze}^{(18)} = f_Q(n_z)$; 1 – теоретичне значення; 2 – експериментальне значення; б) коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ як функціонал $k_{ze}^{(18)} = f_k(n_z)$; k1(n)-k6(n) – відповідно, $\varepsilon = 30, 40, 45, 50, 55, 60^\circ$

Ці твердження також аналогічні та цілком адекватні характеру зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера ОС, які описуються залежностями, що наведено на рис. 4.3.

При цьому в межах зростання частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера ОС $140 \leq n_z \leq 180$ об/хв або адекватній швидкості руху $V_{z,m}$ завантажувального транспортера $1,3 \leq V_{z,m} \leq 1,7$ м/с його продуктивність роботи $Q_{ze}^{(18)}$ збільшується в середньому на 9...14 кг/с залежно від відповідного значення кута нахилу транспортера ε , рис. 4.3а.

Збільшення кута нахилу ε в межах зміни фактора $30 \leq \varepsilon \leq 60$ град. призводить до зворотного пропорційного зменшення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера – за збільшення рівня варіювання

фактора на $\varepsilon = 15$ град. продуктивність роботи $Q_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера зменшується в середньому на 8,5 кг/с або в 1,3 раза, рис. 4.3а.

Розбіжність експериментальних значень продуктивності роботи $Q_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера, які побудовано згідно з рівнянням регресії (4.3) (залежності Q1(n)-Q3(n)) та теоретичних значень Q_z , одержаних на аналітичному рівні згідно з математичною моделлю (2.31) (залежності Q4(n)-Q6(n)), коливається у межах 8...25 %, при цьому більші значення (20...35 %) відповідають межі зміни швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера ОС від 1,3 до 1,6 м/с, рис. 4.3а.

Максимальне числове значення коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера ОС $k_{ze}^{(18)} = 0,8$ одержано в точці композиційного плану експерименту за комбінації змінних факторів на рівні: кут нахилу ε та частота обертання n_z приводного вала (швидкості руху $V_{z.m}$) завантажувального транспортера ОС рівними, відповідно, $\varepsilon = 30$ град. і $n_z = 220$ об/хв ($V_{z.m} = 2,1$ м/с). рис. 4.2б, рис. 4.3б.

Закономірність зменшення коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера ОС залежно від збільшення кута нахилу ε полягає в тому, що збільшення ε призводить до зменшення проекції площі сепаруючого зазору, який обмежений суміжними прутками завантажувального транспортера на горизонтальну площину та відповідно меншої кількості просіяних у зазор домішок. За збільшення рівня варіювання фактора $\varepsilon = 15$ град. коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ завантажувального транспортера зменшується в середньому на 0,015 або в 1,05 раза, рис. 4.3б.

За збільшення частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера ОС у межах $190 \leq n_z \leq 220$ об/хв або адекватній частоті обертання n_z швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера в межах $1,8 \leq V_{z.m} \leq 2,1$ м/с коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ зростає в незначних межах – у

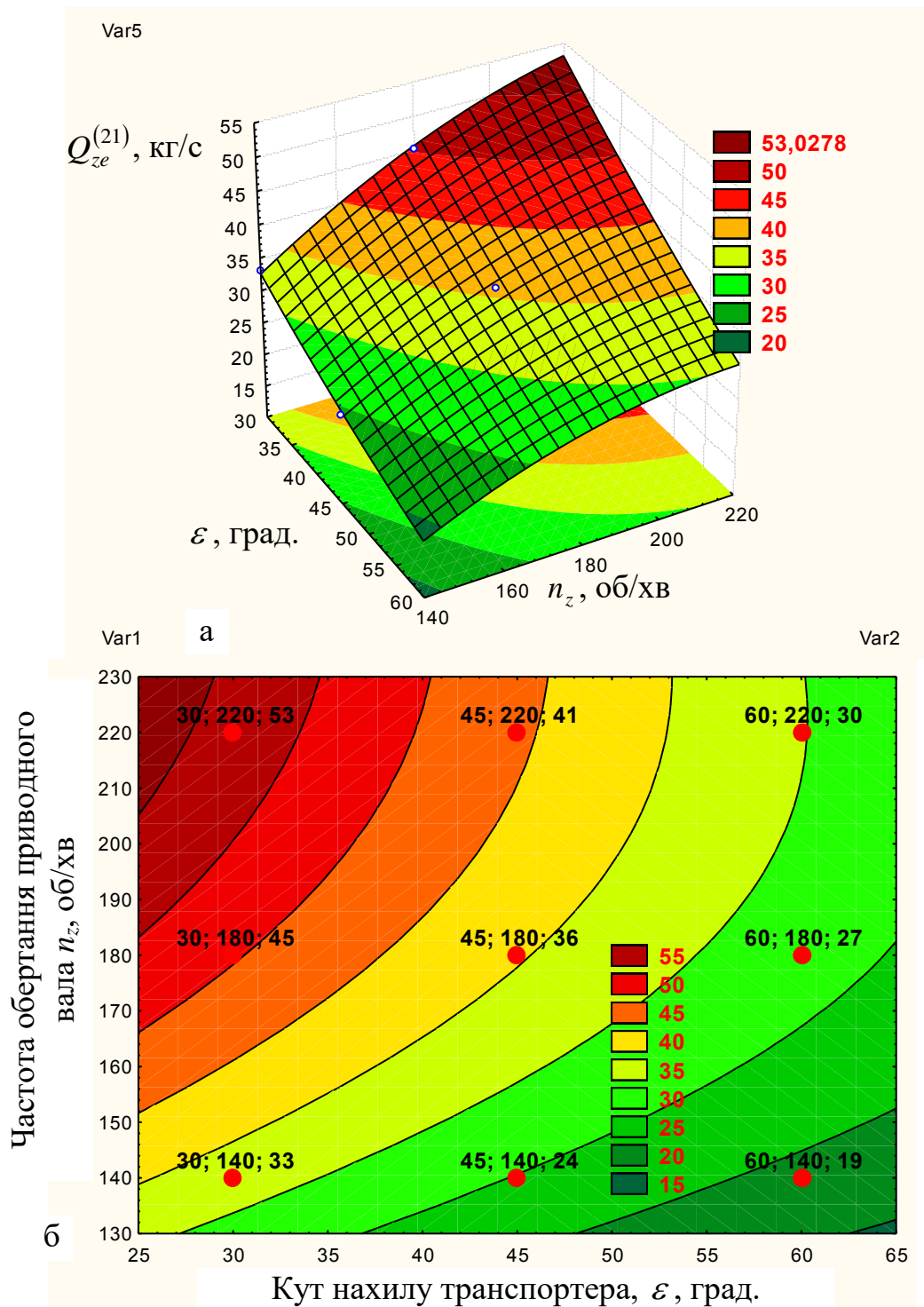


Рисунок 4.4 – Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз (б) поверхні відгуку зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера як функціонал $Q_{ze}^{(21)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$

середньому на 0,03...0,04 (рис. 4.1-4.3), тобто за швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера $V_{z.m} > 1,8$ м/с відокремлення вільних домішок від ВКЦ практично припиняється або не відбувається.

На рис. 4.4 та рис. 4.5 наведено поверхню відгуку та двомірний переріз поверхні відгуку функціональної зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера

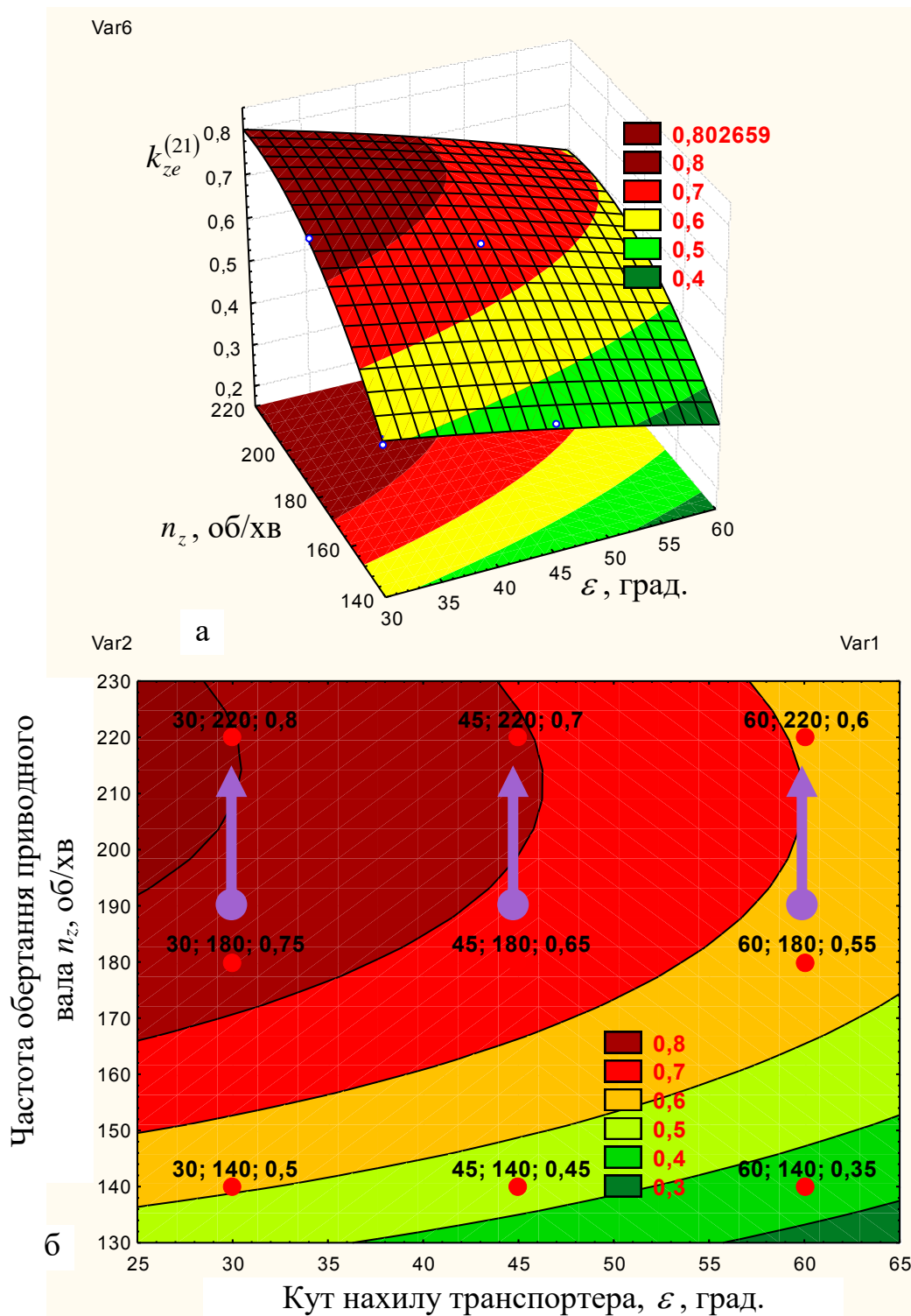


Рисунок 4.5 – Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз (б) поверхні відгуку зміни коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера як функціонал $k_{ze}^{(21)} = f_k(\varepsilon; n_z)$

ОС у вигляді функціонала $Q_{ze}^{(21)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ та $k_{ze}^{(21)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 21 \pm 1\%$, які побудовано, відповідно, згідно з рівняннями регресії 4.5 та 4.6.

Функціональний аналіз рівняння регресії (4.4) і (4.5) та побудованої згідно з ним поверхні відгуку (рис. 4.4а, рис. 4.5а) та двомірного перерізу поверхні відгуку (рис. 4.4б, рис. 4.5б) у вигляді функціонала $Q_{ze}^{(21)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ та $k_{ze}^{(21)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ показує, що характер зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера ОС за вологості ґрунту $w_p = 21 \pm 1\%$ наважки ВКЦ залежно від змінних факторів у межах варіювання кута нахилу $30 \leq \alpha \leq 60$ град. та частоти обертання приводного вала $140 \leq n_z \leq 220$ об/хв завантажувального транспортера ОС

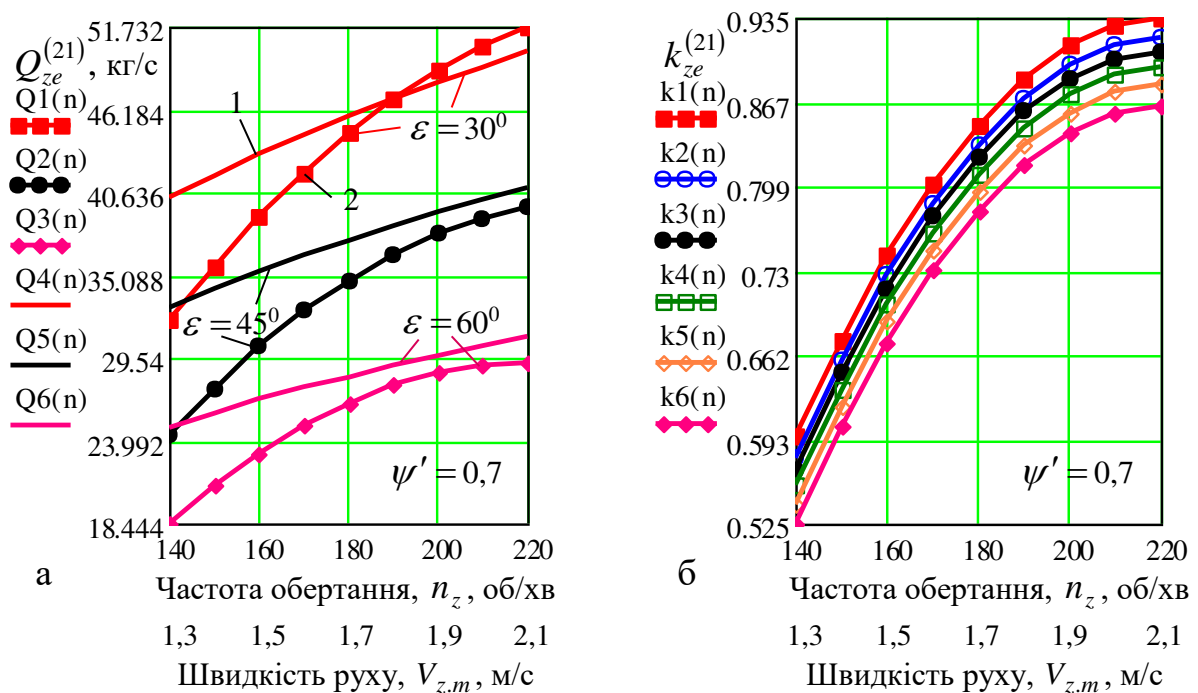


Рисунок 4.6 – Залежність зміни: а) продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера як функціонал $Q_{ze}^{(21)} = f_Q(n_z)$; 1 – теоретичне значення; 2 – експериментальне значення; б) коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ як функціонал $k_{ze}^{(21)} = f_k(n_z)$; k1(n)-k6(n) – відповідно, $\varepsilon = 30, 40, 45, 50, 55, 60^\circ$

аналогічний характеру функціональної зміни залежності $Q_{ze}^{(18)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(18)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ за вологості ґрунту $w_p = 18 \pm 1\%$ наважки ВКЦ.

Подібність або адекватність характеру функціональної зміни $Q_{ze}^{(21)}$, $Q_{ze}^{(18)}$ та $k_{ze}^{(21)}$, $k_{ze}^{(18)}$ цілком обумовлюється ідентичним характером кореляційного аналізу і зв'язку тісноти впливу змінних факторів ε і n_z та їх взаємодії на параметр оптимізації та рівно значимості коефіцієнтів множинної кореляції (відповідно, 0,999 і 0,998 та 0,971 і 0,971; додатки Д4.1, Д5.1), при цьому:

- основний масив апроксимованих експериментальних значень продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ знаходиться в межах 18,5...51,7 кг/с, а коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера ОС – у межах 0,6...0,94 (рис. 4.4-4.6);

- значне зростання продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера ОС відбувається в межах зростання частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера ОС $140 \leq n_z \leq 180$ об/хв або адекватній швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера $1,3 \leq V_{z.m} \leq 1,7$ м/с, при цьому його продуктивність роботи $Q_{ze}^{(21)}$ збільшується в середньому на 9,5...14,5 кг/с залежно від відповідного значення кута нахилу транспортера ε , що адекватно характеру зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера ОС, які описуються залежностями, що наведено на рис. 4.6а;

- збільшення кута нахилу ε в межах зміни фактора $30 \leq \varepsilon \leq 60$ град. (за збільшення рівня варіювання фактора $\varepsilon = 15$ град.) призводить до зворотного пропорційного зменшення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера ОС у середньому на 9,5 кг/с або в 1,3 раза, рис. 4.6а;

- розбіжність експериментальних значень продуктивності роботи $Q_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера, які побудовано згідно з рівнянням регресії

(4.5) (залежності $Q1(n)$ - $Q3(n)$) та теоретичних значень Q_z , одержаних на аналітичному рівні згідно з математичною моделлю (2.31) (залежності $Q4(n)$ - $Q6(n)$), коливається в межах 5...20 %, при цьому більші значення (15...20 %) відповідають межі зміни швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера ОС від 1,3 до 1,6 м/с, рис. 4.6а;

- максимальне числове значення коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)} = 0,94$ завантажувального транспортера ОС відповідає точці $\varepsilon = 30$ град. і $n_z = 220$ об/хв ($V_{z.m} = 2,1$ м/с). рис. 4.5б, рис. 4.6б;

- за збільшення рівня варіювання фактора на $\varepsilon = 15$ град. коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера зменшується в середньому на 0,017 або в 1,13 раза, рис. 4.6б;

- за збільшення частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера ОС у межах $180 \leq n_z \leq 220$ об/хв або адекватній швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера в межах $1,7 \leq V_{z.m} \leq 2,1$ м/с коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ зростає в незначних межах – у середньому на 0,05...0,08 (рис. 4.4-4.6), тобто за швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера $V_{z.m} > 1,7$ м/с відокремлення вільних домішок від ВКЦ практично припиняється або не відбувається.

Також ідентична та однотипна поведінка характеру функціональної зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера ОС за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_\rho = 24 \pm 1\%$ від вхідних факторів, яка описується поверхнею відгуку та двомірним перерізом поверхні відгуку, які побудовано згідно з рівнянням регресії (4.7) і (4.8) та які наведено на рис. 4.7, рис. 4.8 у вигляді функціоналів $Q_{ze}^{(24)} = f_k(\varepsilon; n_z)$ і $k_{ze}^{(24)} = f_k(\varepsilon; n_z)$, при цьому основний масив апроксимованих експериментальних значень $Q_{ze}^{(24)}$ знаходиться в межах 21,4...54,7 кг/с, а коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера – у межах 0,17...0,62.

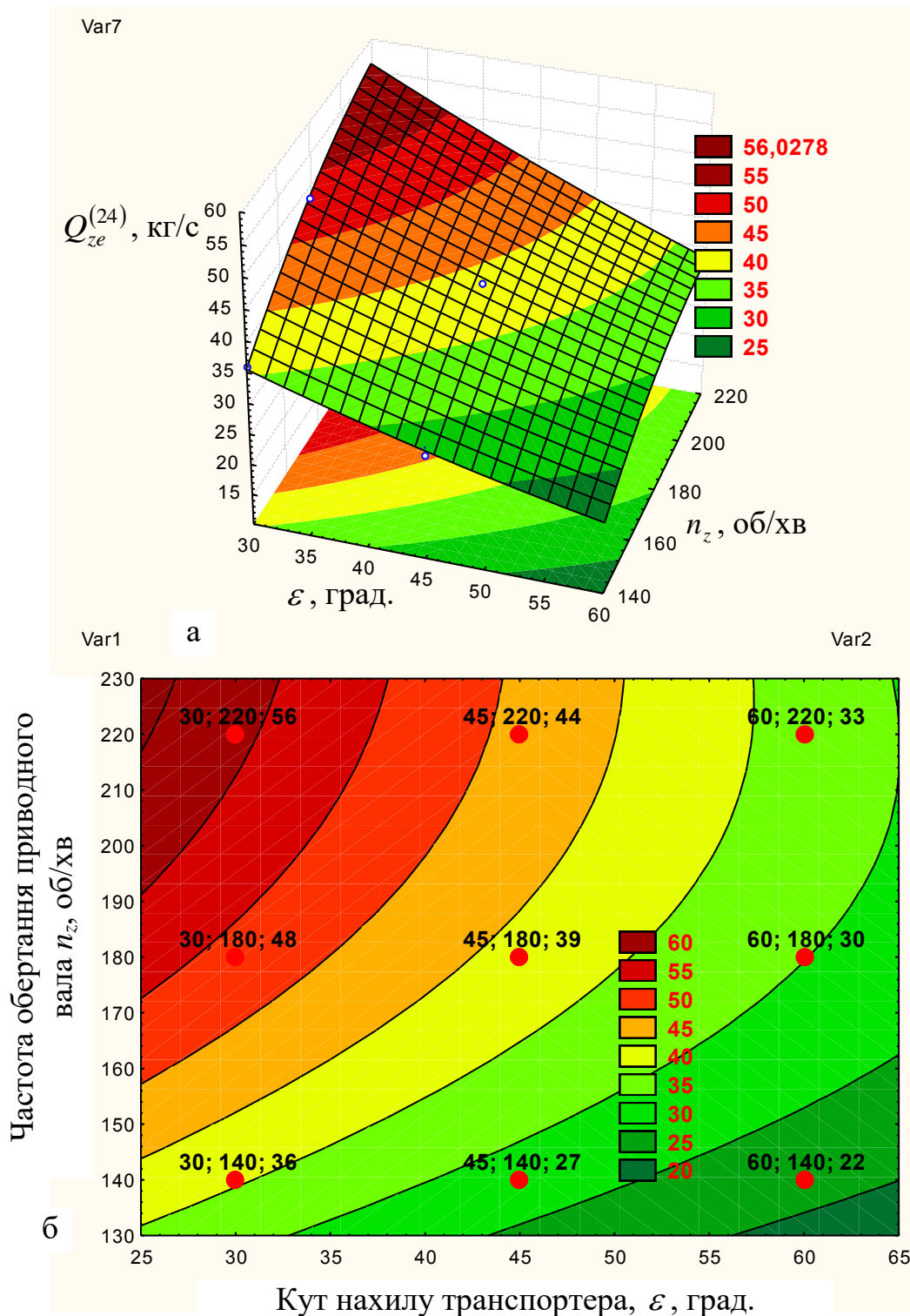


Рисунок 4.7 – Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз (б) поверхні відгуку зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера як функціонал $Q_{ze}^{(24)} = f_Q(\varepsilon; n_z)$

Ідентичність поведінки функціонального характеру зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)}$ завантажувального

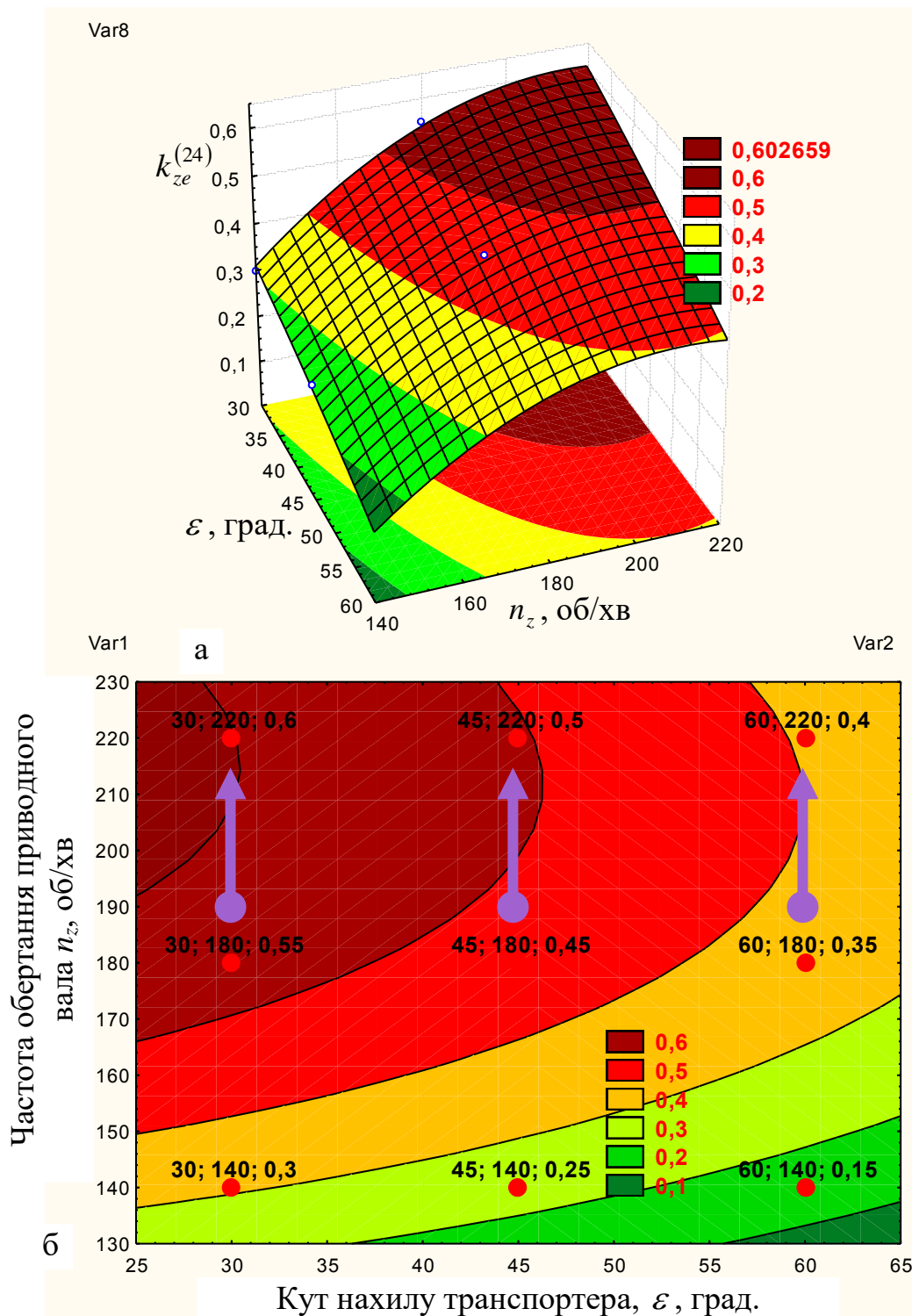


Рисунок 4.8 – Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз (б) поверхні відгуку зміни коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера як функціонал $k_{ze}^{(24)} = f_k(\varepsilon; n_z)$

транспортера ОС за вологості ґрунту $w_\rho = 24 \pm 1\%$ наважки ВКЦ залежно від вхідних факторів у межах їх зміни (кута нахилу $30 \leq \varepsilon \leq 60$ град. та частоти

обертання приводного вала $140 \leq n_z \leq 220$ об/хв завантажувального транспортера) відносно поведінки функціонального характеру зміни $Q_{ze}^{(21)}$ і $k_{ze}^{(21)}$ регламентується однаковими знаками та числовими значеннями коефіцієнтів при змінних факторах і їх взаємодії рівнянь регресії (4.5), (4.7) і (4.6), (4.7), тобто рівністю коефіцієнтів множинної кореляції, які дорівнюють, відповідно, 0,999 і 0,971 (додатки Д5.1 і Д6.1).

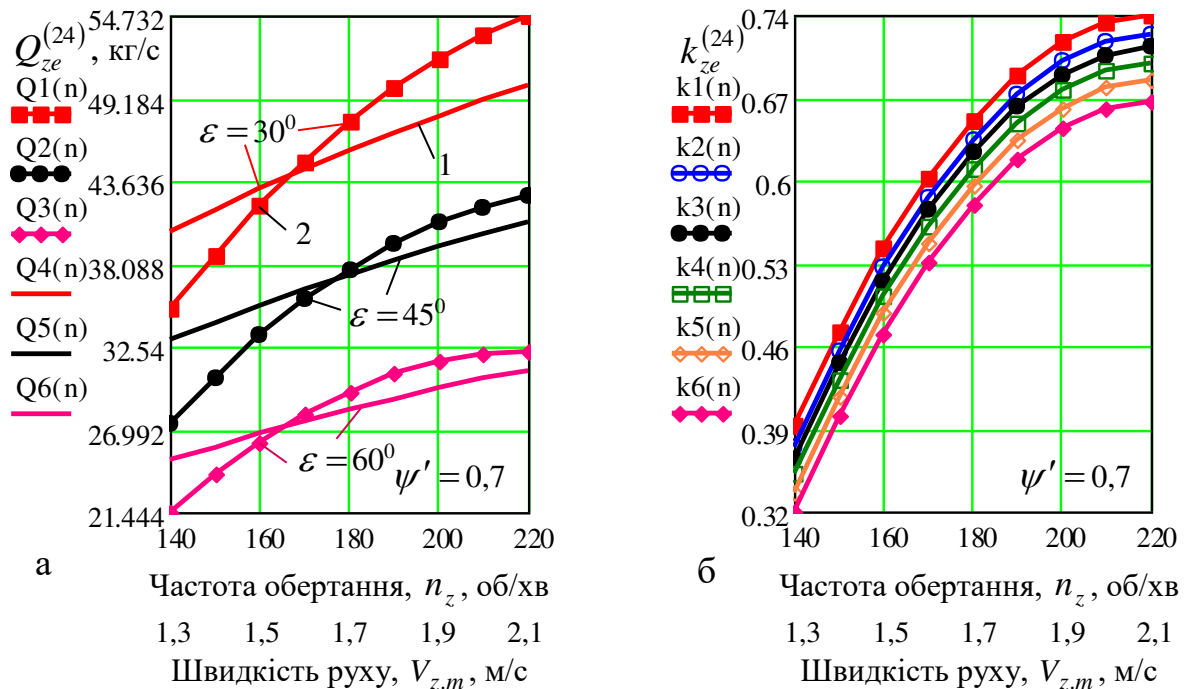


Рисунок 4.9 – Залежність зміни: а) продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера як функціонал $Q_{ze}^{(24)} = f_Q(n_z)$; 1 – теоретичне значення; 2 – експериментальне значення; б) коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)}$ як функціонал $k_{ze}^{(24)} = f_k(n_z)$; k1(n)-k6(n) – відповідно, $\varepsilon = 30, 40, 45, 50, 55, 60^\circ$

При цьому:

- значне зростання продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера ОС відбувається в межах зростання частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера ОС $140 \leq n_z \leq 180$ об/хв або адекватній швидкості руху $V_{z,m}$ завантажувального транспортера $1,3 \leq V_{z,m} \leq 1,7$

м/с, при цьому його продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ збільшується в середньому на 8,5...12,5 кг/с залежно від відповідного значення кута нахилу транспортера ε , що адекватно характеру зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(21)}$ завантажувального транспортера ОС, які описуються залежностями, що наведено на рис. 4.9а;

- збільшення кута нахилу ε в межах зміни фактора $30 \leq \varepsilon \leq 60$ град. (за збільшення рівня варіювання фактора $\varepsilon = 15$ град.) призводить до зворотного пропорційного зменшення продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера ОС у середньому на 10,5 кг/с або в 1,35 раза, рис. 4.9а;

- розбіжність експериментальних значень продуктивності роботи $Q_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера, які побудовано згідно з рівнянням регресії (4.7) (залежності Q1(n)-Q3(n)) та теоретичних значень Q_z , одержаних на аналітичному рівні згідно з математичною моделлю (2.31) (залежності Q4(n)-Q6(n)), коливається в межах 4,5...18,5 %, при цьому в точці з координатою частоти обертання приводного вала n_z завантажувального транспортера ОС близькій до $n_z = 170$ об/хв або адекватній їй швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера $V_{z.m} = 1,6$ м/с теоретична та експериментальна точка співпадають або залежності перехрещуються одна з одною, рис. 4.9а;

На основі цього можна констатувати, що розроблена теоретична модель (2.31), яка характеризує аналітичну зміну продуктивності роботи Q_z завантажувального транспортера ОС у загальному контексті на аналітичному рівні адекватно або в задовільній мірі описує реальний процес зміни продуктивності $Q_{ze}^{(i)}$, одержаної на емпіричному рівні згідно з рівняннями регресії (4.3), (4.5), (4.7).

Максимальне числове значення коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)} = 0,74$ завантажувального транспортера відповідає точці з координатами $\varepsilon = 30$ град. і $n_z = 220$ об/хв ($V_{z.m} = 2,1$ м/с), а за збільшення рівня варіювання

фактора на $\varepsilon = 15$ град. коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера зменшується в середньому на 0,023 або в 1,15 раза, рис. 4.8б, рис. 4.9б.

За збільшення частоти обертання n_z приводного вала завантажувального транспортера ОС у межах $180 \leq n_z \leq 220$ об/хв або адекватній швидкості руху $V_{z.m}$ завантажувального транспортера в межах $1,8 \leq V_{z.m} \leq 2,1$ м/с коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(24)}$ зростає в незначних межах – у середньому на 0,05...0,07 (рис. 4.7-4.9), тобто за $V_{z.m} > 1,7$ м/с відокремлення вільних домішок від ВКЦ практично припиняється або не відбувається.

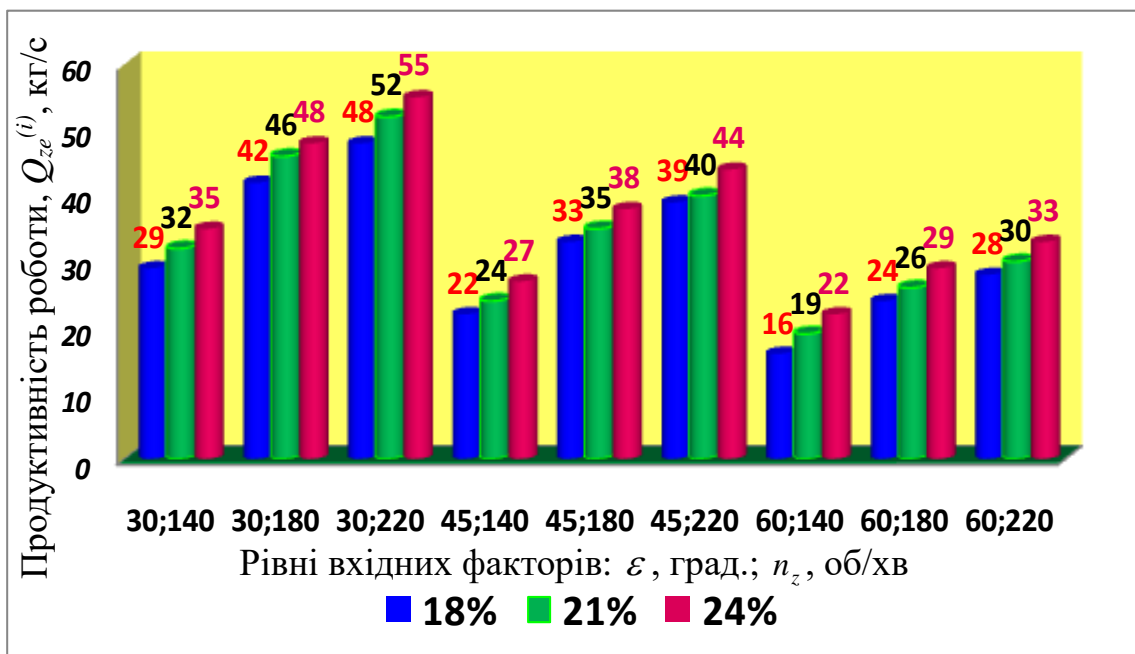


Рисунок 4.10 – Діаграма зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера залежно від вологості ґрунту w_ρ наважки ВКЦ

На рис. 4.10, 4.11 заведено діаграму зміни, відповідно, продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС залежно від вологості ґрунту w_ρ наважки ВКЦ [133, 155].

На основі аналізу графічної інтерпретації зміни продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ (рис. 4.10) завантажувального транспортера ОС залежно від вологості

грунту w_p наважки ВКЦ встановлено, що зі збільшенням вологості ґрунту w_p наважки ВКЦ від $w_p = 18\%$ до $w_p = 24\%$ продуктивність роботи $Q_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера збільшується в середньому в 1,2 раза за рахунок збільшення об'ємної маси більшої вологості ґрунту.

Найбільші значення коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС одержано за вологості ґрунту $w_p = 21\%$ наважки ВКЦ, рис. 4.11 [155].

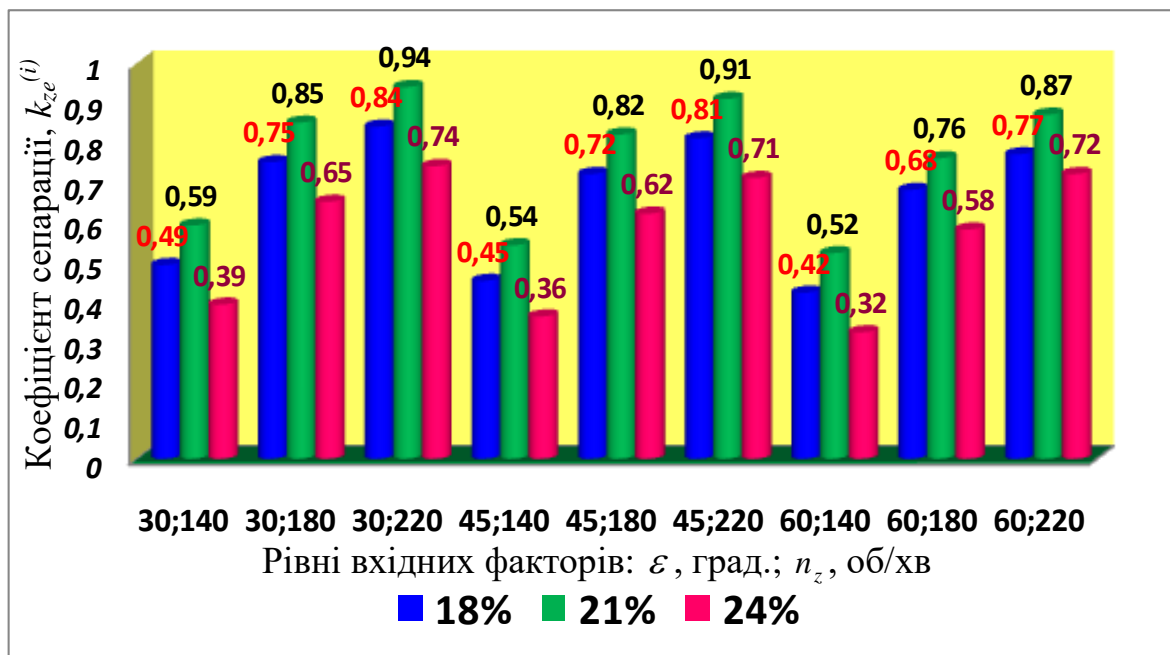


Рисунок 4.11 – Діаграма зміни коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ транспортера залежно від вологості ґрунту w_p наважки ВКЦ

Зменшення коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(18)}$ і $k_{ze}^{(24)}$ завантажувального транспортера ОС за вологості ґрунту $w_p = 18\%$ і $w_p = 24\%$ наважки ВКЦ відносно отриманих значень коефіцієнта сепарації $k_{ze}^{(21)}$ пояснюється тим, що за вологості ґрунту $w_p = 18\%$ склад компонентів наважки ВКЦ має більше великорозмірних грудок ґрунту, які частково не руйнуються та не просіюються в зазори між прутками завантажувального транспортера, а за вологості ґрунту $w_p = 24\%$ наважки ВКЦ компоненти ґрунту більш липкі та взаємозв'язані між собою, що також зменшує просіювання липкого ґрунту в зазори між прутками.

Згідно з [76] секундна подача Q_M викопаного копачами коренезбиральної машини ВКЦ з трьох рядків коренеплодів цикорію знаходиться в межах $Q_M = 40 \dots 45$ кг/с. Тоді за результатами проведеного аналізу оптимізації параметрів $Q_{ze}^{(i)}$ і $k_{ze}^{(i)}$ можна констатувати, що забезпечення раціонального функціонування ОС на першому етапі технологічного процесу роботи завантажувального транспортера згідно з умовою (2.1) або (2.16) досягається за наступних режимів роботи (кута нахилу ε та швидкості руху $V_{z.m}$) завантажувального транспортера (рис. 2.10): $\varepsilon \leq 30$ град., $V_{z.m} = 1,7$ м/с; $\varepsilon = 30$ град., $V_{z.m} = 2,1$ м/с; $\varepsilon = 45$ град., $V_{z.m} = 2,1$ м/с.

Таким чином, на основі проведеного аналізу продуктивності роботи $Q_{ze}^{(i)}$ і коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ встановлено, що раціональні параметри завантажувального транспортера, які забезпечують стабільний функціональний процес роботи ОС, дорівнюють: кут нахилу завантажувального транспортера до горизонту – менше 30 град.; швидкість руху завантажувального транспортера – 1,7 м/с.

4.2 Експериментальні дослідження продуктивності роботи, коефіцієнта відокремлення домішок і пошкодження коренеплодів комбінованого очисника

Згідно з програмою експериментальних досліджень для встановлення емпіричної функціональної зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ та коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника для трьох значень вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18 \pm 1 \%$, $21 \pm 1 \%$ і $24 \pm 1 \%$, а також для визначення загальних пошкоджень коренеплодів P_{ke} робочими органами комбінованого очисника провели експериментальні дослідження лабораторної установки, конструктивну схему якої наведено на рис. 3.2, а її загальний вигляд – на рис. 3.3-3.5.

Методику проведення експериментальних досліджень із визначення характеру функціональної зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ та коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$, а також функціонального характеру зміни пошкодження коренеплодів P_{ke} залежно від параметрів процесу комбінованого очисника ОС наведено в пункті 3.3 розділу 3.

Експериментальні дослідження провели на основі реалізації дво- та трифакторного експерименту на трьох рівнях варіювання факторами або експерименту типу ПФЕ 3^2 і ПФЕ 3^3 , структурну схему моделі яких наведено на рис. 3.1 та рис. 3.9.

Умови проведення досліджень і загальну характеристику культури та залікової ділянки поля насаджень коренеплодів цикорію, з якої викопували та в подальшому формували наважку ВКЦ для трьох значень вологості ґрунту, наведено в додатку Г6.2.

Технічну характеристику лабораторної установки наведено у табл. 1. Г1.1 додатка Г1.1.

Послідовність проведення першого та наступних експериментів із визначення продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ та коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$, а також характеру зміни пошкодження коренеплодів P_{ke} залежно від параметрів процесу комбінованого очисника ОС встановлювали згідно з нумерованим порядком рандомізованої план-матриці дво- та трифакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 і ПФЕ 3^3 (табл. 3.Г5.2 та табл. 4 Г5.2 додатка Г5.2), а характеристику визначених змінних факторів і значення їх рівнів варіювання наведено в табл. 3.2 третього розділу дисертаційної роботи.

Результати реалізації план-матриці експериментальних досліджень із визначення маси наважки M_o і маси домішок M_{od} ВКЦ, які вивантажувалися з вихідної частини завантажувального транспортера лабораторної установки та маси вільних домішок w_o , яка просіяна через зазори між валами правої та лівої системи шнеків комбінованого очисника ОС, наведено в табл. 1.Д7.2-3.Д7.2 додатку Д7.2.

Числові значення зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника, який обчислено за формулами (3.22) і (3.23), а також загальні пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованого очисника залежно від параметрів процесу, або експериментальний масив даних, наведено в табл. 1.Д8.2 і табл. 2.Д8.2 додатка Д8.2 та табл. 1.Д9.2 і табл. 2.Д9.2 додатка Д9.2.

Загальні пошкодження P_{ke} робочими органами очисника визначали як середнє арифметичне значення пошкоджень коренеплодів за різної вологості ґрунту.

Обробку одержаного експериментального масиву даних, який наведено в додатку Д10.2, трактування та аналіз отриманих результатів продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ та коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{oe}^{(i)}$, а також пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованого очисника ОС провели згідно з методикою, наведеною в пункті 3.3 розділу 3 дисертаційної роботи.

Апроксимуючу функцію відгуку, або параметра оптимізації, тобто продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС, визначену експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі повного квадратного полінома [152] згідно з (4.1).

Таблиця 4.2 – Натуральні значення коефіцієнтів b_i рівняння регресії зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС

Позначення	Натуральні значення коефіцієнтів рівняння регресії					
	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}
Вологість ґрунту $w_p = 18 \pm 1$ % наважки ВКЦ						
$Q_{oe}^{(18)} = f_Q(n_n; n_o)$	-24,28	-1,04	0,9	0,005	0,005	-0,004
Вологість ґрунту $w_p = 21 \pm 1$ % наважки ВКЦ						
$Q_{oe}^{(21)} = f_Q(n_n; n_o)$	-35,21	-0,64	0,86	0,003	0,003	-0,003
Вологість ґрунту $w_p = 24 \pm 1$ % наважки ВКЦ						
$Q_{oe}^{(24)} = f_Q(n_n; n_o)$	-45,56	-0,6	1,02	0,002	0,004	-0,003

Невідомі значення коефіцієнтів рівняння регресії, які характеризують зміну продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника, яку записано у вигляді функціональної залежності $Q_{oe}^{(i)} = f_Q(x_1; x_2)$ у кодованих величинах, визначали за формулами (3.8), а перехід від кодованих величин до натуральних значень вхідних факторів або визначення коефіцієнтів рівняння регресії апроксимуючої моделі $Q_{oe}^{(i)} = f_Q(n_n; n_o)$ у натуральних величинах визначали за (3.1), (3.2).

Числові значення коефіцієнтів рівняння регресії у натуральних величинах, які характеризують зміну продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС, наведено у табл. 4.2.

Після перевірки адекватності апроксимуючої моделі згідно з умовою (3.10) та оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії згідно з умовою (3.15), результати розрахунків яких наведено в додатках Д11.2 та подальшого переходу від кодованих позначень змінних факторів до натуральних величин, одержано рівняння регресії, яке характеризує та функціонально описує зміну продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС [156]:

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18 \pm 1 \%$

$$Q_{oe}^{(18)} = -24,28 - 1,04n_n + 0,9n_o + 0,005n_n n_o + 0,005n_n^2 - 0,004n_o^2, \quad (4.9)$$

при цьому згідно з додатком Д11.2 коефіцієнт b_{11} рівняння регресії $Q_{oe}^{(18)}$ є незначущими;

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 21 \pm 1 \%$

$$Q_{oe}^{(21)} = -35,21 - 0,64n_n + 0,86n_o + 0,003n_n n_o + 0,003n_n^2 - 0,003n_o^2, \quad (4.10)$$

при цьому згідно з додатком Д11.2 коефіцієнт b_{11} рівняння регресії $Q_{oe}^{(21)}$ є незначущими;

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 24 \pm 1 \%$

$$Q_{oe}^{(24)} = -45,56 - 0,6n_n + 1,02n_o + 0,002n_n n_o + 0,004n_n^2 - 0,003n_o^2, \quad (4.11)$$

при цьому згідно з додатком Д11.2 коефіцієнт b_{11} рівняння регресії $Q_{oe}^{(24)}$ є незначущими.

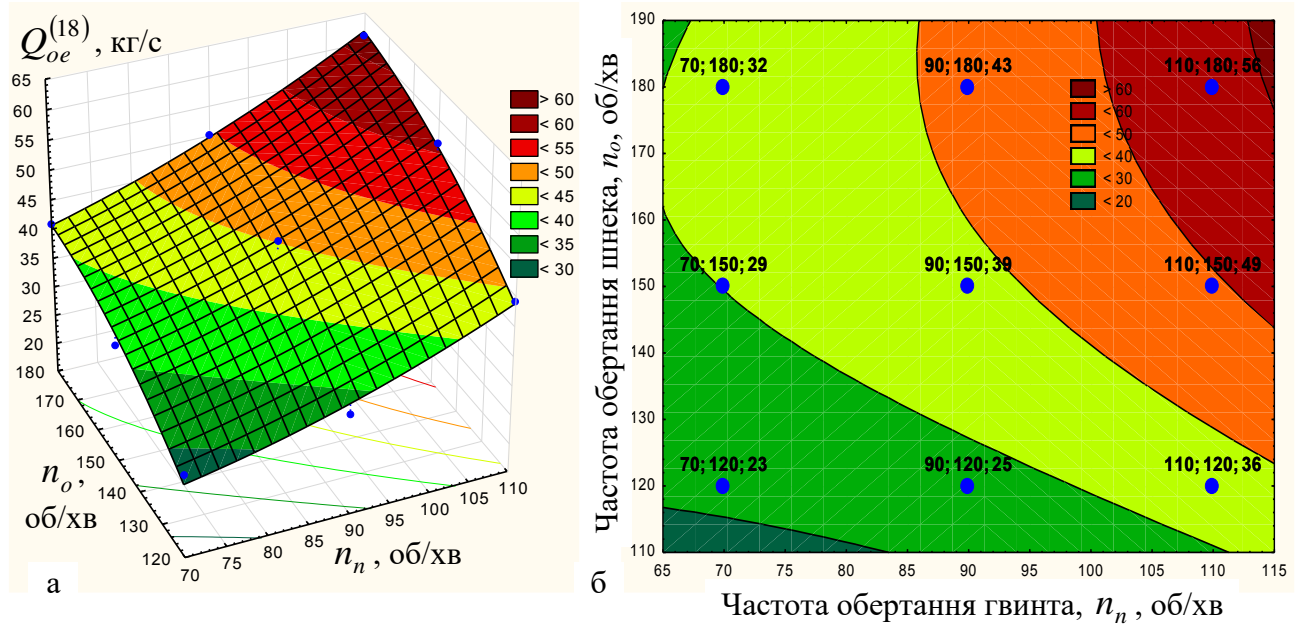


Рисунок 4.12 – Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз (б) поверхні відгуку зміни продуктивності $Q_{oe}^{(18)}$ комбінованого очисника як функціонал

$$Q_{oe}^{(18)} = f_Q(n_n; n_o)$$

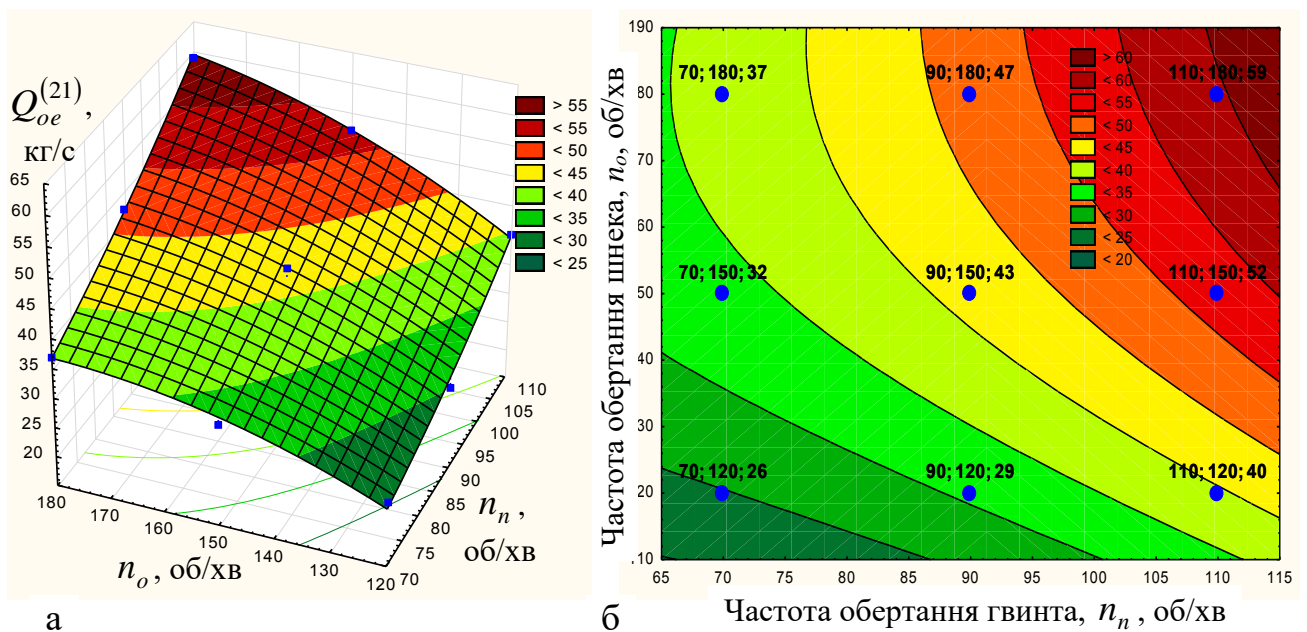


Рисунок 4.13 – Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз (б) поверхні відгуку зміни продуктивності $Q_{oe}^{(21)}$ комбінованого очисника як функціонал

$$Q_{oe}^{(21)} = f_Q(n_n; n_o)$$

Розроблені рівняння регресії (емпіричні моделі) у натуральних величинах (4.9)-(4.11) можуть бути використані для визначення характеру функціональної зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС, яку записано у вигляді апроксимуючої моделі $Q_{oe}^{(i)} = f_Q(n_n; n_o)$, у наступних межах варіювання значень змінних факторів: частота обертання гвинта $70 \leq n_n \leq 110$ об/хв.; частота обертання шнека $120 \leq n_o \leq 180$ об/хв.

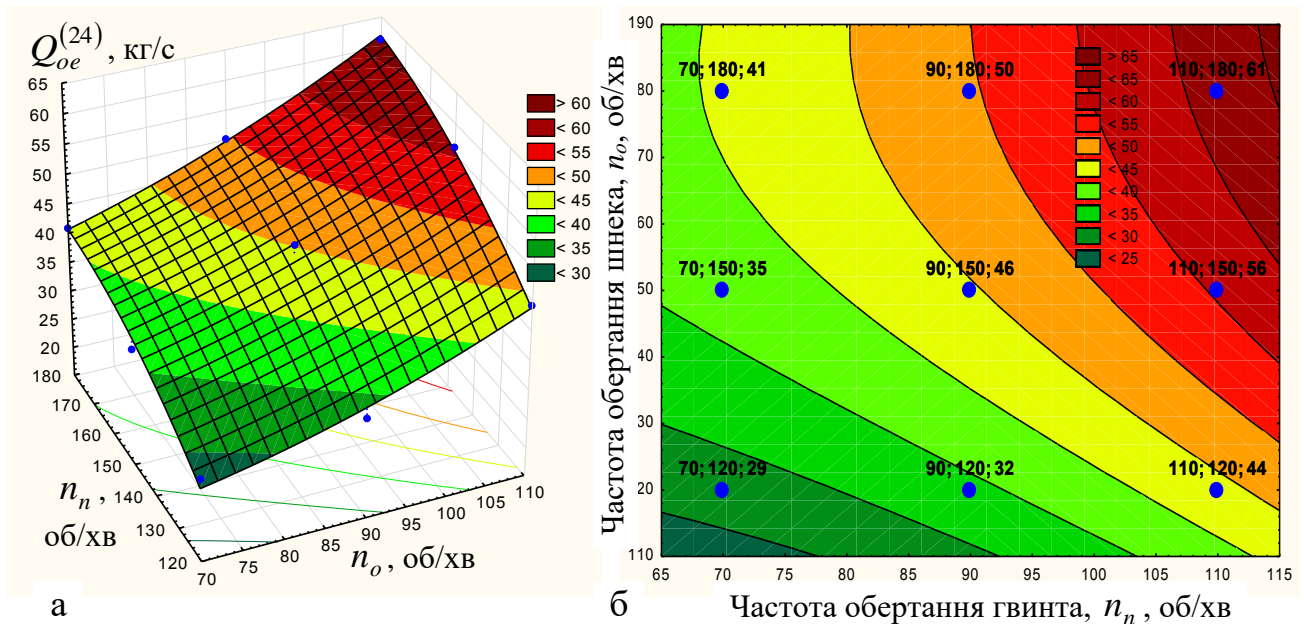


Рисунок 4.14 – Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз (б) поверхні відгуку зміни продуктивності $Q_{oe}^{(24)}$ комбінованого очисника як функціонал $Q_{oe}^{(24)} = f_Q(n_n; n_o)$

Аналіз одержаного рівняння регресії (4.9)-(4.11) та побудованої згідно з ним у вигляді функціонала $Q_{oe}^{(i)} = f_Q(n_n; n_o)$ поверхні відгуку та двомірного перерізу поверхні відгуку (рис. 4.12-рис. 4.14) показує, що за вологості ґрунту наважки ВКЦ рівній $w_p = 18 \pm 1\%$, $21 \pm 1\%$, $24 \pm 1\%$, основний масив апроксимованих експериментальних значень продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС знаходиться, відповідно, у межах $Q_{oe}^{(18)} = 23 \dots 56$ кг/с, $Q_{oe}^{(21)} = 26 \dots 59$ кг/с та $Q_{oe}^{(24)} = 29 \dots 61$ кг/с залежно від діапазону варіювання змінних вхідних факторів.

Функціональна зміна продуктивності роботи $Q_{oe}^{(18)}$, $Q_{oe}^{(21)}$ та $Q_{oe}^{(24)}$ комбінованого очисника ОС залежно від зміни вхідних факторів або частоти обертання гвинта n_n та частоти обертання шнека n_o має прямопропорційний характер – за збільшення частоти обертання гвинта n_n та частоти обертання шнека n_o продуктивність комбінованого очисника збільшується для трьох значень вологості ґрунту w_p наважки ВКЦ (рис. 4.12-рис. 4.14). При цьому зростання функціонала $Q_{oe}^{(i)} = f_Q(n_n; n_o)$ відбувається за рахунок збільшення швидкості переміщення компонентів ВКЦ вздовж осей обертання приводного гвинта та шнеків ОС.

Домінуючим фактором, який має пріоритетний вплив на збільшення продуктивності роботи комбінованого очисника ОС, є частота обертання шнека n_o – у межах зміни $120 \leq n_o \leq 180$ об/хв продуктивність $Q_{oe}^{(i)}$ збільшується в середньому на 10...18 кг/с, що також характерно залежностям, які наведено на рис. 4.15.

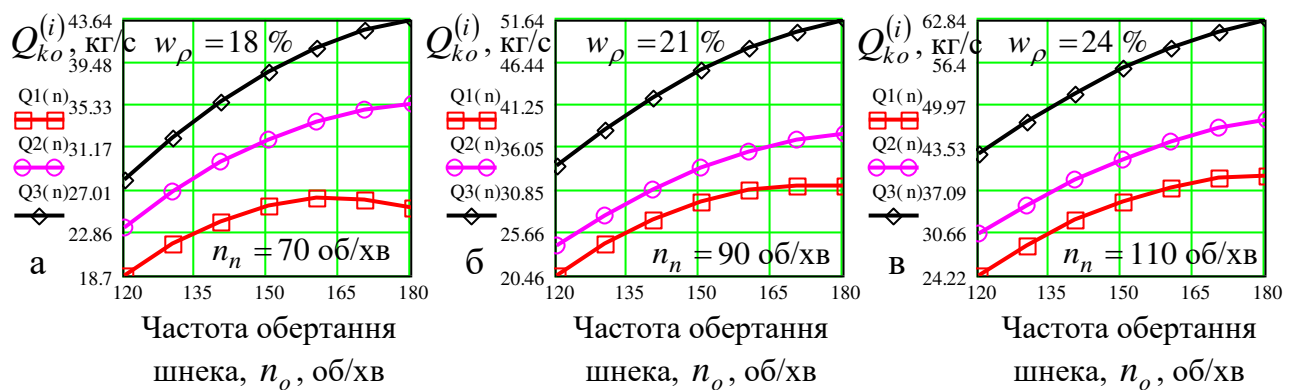


Рисунок 4.15 – Залежність зміни продуктивності $Q_{ko}^{(i)} = f_Q(n_o)$ комбінованого очисника: а, б, в – відповідно, $w_p = 18, 21, 24\%$

Збільшення частоти обертання приводного гвинта n_n , який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, витками якого є навіта по гвинтовій лінії труба круглого перерізу, призводить до несуттєвого збільшення продуктивності $Q_{ko}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС – збільшення приросту $Q_{ko}^{(i)}$ становить у середньому на 2,5...4,5 кг/с, рис. 4.15.

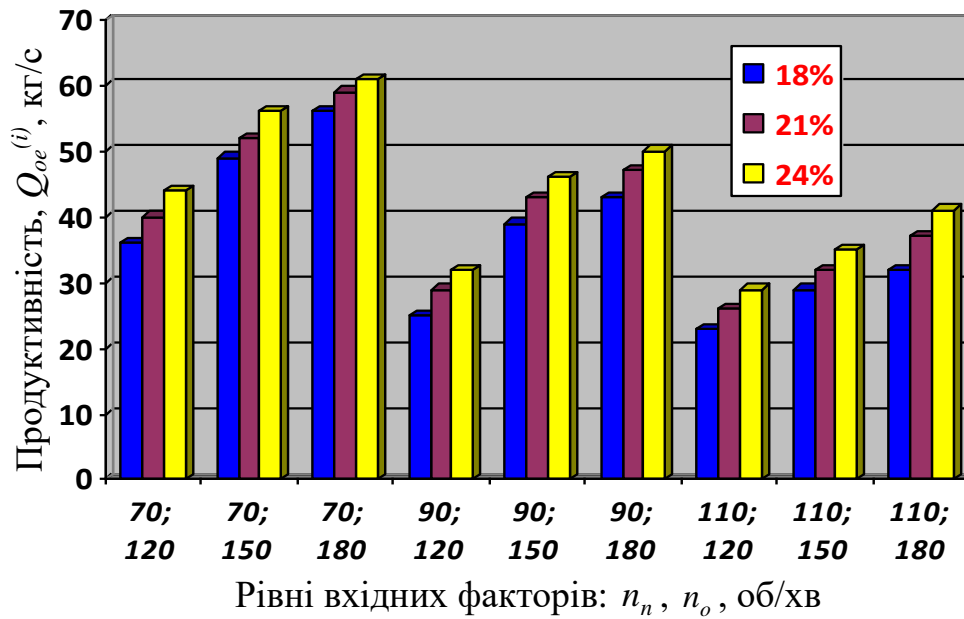


Рисунок 4.16 – Діаграма зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС залежно від вологості ґрунту w_ρ наважки ВКЦ

На основі аналізу графічної інтерпретації (рис. 4.15) та побудованої діаграми (рис. 4.16) зміни продуктивності роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС залежно від вологості ґрунту w_ρ наважки ВКЦ встановлено, що зі збільшенням вологості ґрунту w_ρ наважки від $w_\rho = 18\% \pm 1\%$ до $w_\rho = 24 \pm 1\%$ продуктивність роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника збільшується в середньому в 1,2...1,3 раза за рахунок збільшення питомої об'ємної маси ґрунту наважки ВКЦ, або відповідного збільшення маси наважки, яка збільшується за зростання вологості ґрунту w_ρ .

Апроксимуючу функцію відгуку, або параметра оптимізації, тобто коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника та загального пошкодження коренеплодів P_{ke} робочими органами комбінованого очисника ОС, числові значення яких визначено експериментальним шляхом, знаходили у вигляді емпіричної математичної моделі, яку записано у вигляді логарифмічної функції [152]:

$$k_{oe}^{(i)}(P_{ke}) = b_0 + \ln x_1 + \ln x_2 + \ln x_3. \quad (4.12)$$

Невідомі значення коефіцієнтів рівняння регресії, які характеризують зміну коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ і пошкодження коренеплодів P_{ke} (4.12) комбінованого очисника ОС та які записано у вигляді функціональної залежності $k_{oe}^{(i)} = f_k(x_1; x_2; x_3)$ та $P_{ke} = f_p(x_1; x_2; x_3)$ у кодованих величинах визначали за формулами (3.8), а перехід від кодованих величин до натуральних, або визначення коефіцієнтів рівняння регресії апроксимуючої емпіричної математичної моделі $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_n; n_o; n_e)$, $P_{ke} = f_p(n_n; n_o; n_e)$ у натуральних величинах, або в натуральних позначеннях змінних вхідних факторів, визначали за формулами (3.1), (3.2).

Таблиця 4.3 – Натуральні значення коефіцієнтів b_i рівняння регресії зміни коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС

Позначення	Натуральні значення коефіцієнтів рівняння регресії			
	b_0	b_1	b_2	b_3
Вологість ґрунту $w_p = 18 \pm 1$ % наважки ВКЦ				
$k_{oe}^{(18)} = f_k(n_n; n_o; n_e)$	3,21	0,27	-0,92	0,09
Вологість ґрунту $w_p = 21 \pm 1$ % наважки ВКЦ				
$k_{oe}^{(21)} = f_k(n_n; n_o; n_e)$	3,56	0,26	-0,92	0,09
Вологість ґрунту $w_p = 24 \pm 1$ % наважки ВКЦ				
$k_{oe}^{(24)} = f_k(n_n; n_o; n_e)$	3,65	0,23	-0,92	0,09

Таблиця 4.4 – Натуральні значення коефіцієнтів b_i рівняння регресії зміни пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованим очисником ОС

Позначення	Натуральні значення коефіцієнтів рівняння регресії			
	b_0	b_1	b_2	b_3
$P_{ke} = f_p(n_n; n_o; n_e)$	-129,73	12,24	15,35	1,58

Числові значення коефіцієнтів рівняння регресії у натуральних величинах, які характеризують функціональну зміну коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника залежно від параметрів процесу наведено у табл. 4.3., а пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованим очисником – у табл. 4.4.

Після перевірки адекватності апроксимуючої моделі згідно з умовою

(3.10) та оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії згідно з умовою (3.15), результати розрахунків яких наведено в додатках Д12.2 та подальшого переходу від кодованих позначень змінних факторів до натуральних величин, одержано рівняння регресії, яке характеризує та функціонально описує зміну коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ і пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованого очисника ОС [155]:

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18 \pm 1 \%$

$$k_{oe}^{(18)} = 3,21 + 0,27 \ln n_n - 0,92 \ln n_o + 0,9 \ln n_e, \quad (4.13)$$

при цьому згідно з додатком Д12.2 усі коефіцієнти рівняння регресії $k_{oe}^{(18)}$ є значущими;

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 21 \pm 1 \%$

$$k_{oe}^{(21)} = 3,56 + 0,26 \ln n_n - 0,92 \ln n_o + 0,9 \ln n_e, \quad (4.14)$$

при цьому згідно з додатком Д12.2 усі коефіцієнти рівняння регресії $k_{oe}^{(21)}$ є значущими;

- за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 24 \pm 1 \%$

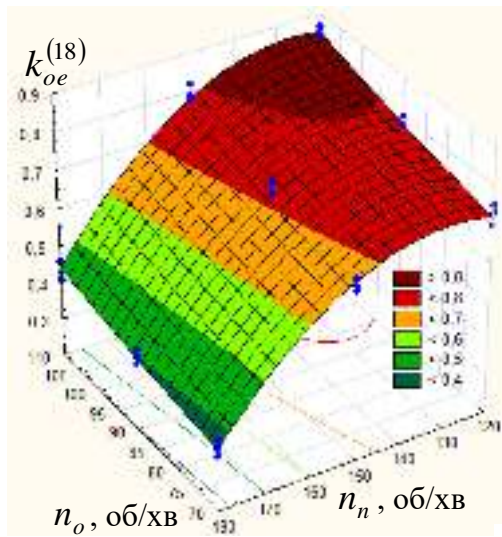
$$k_{oe}^{(24)} = 3,65 + 0,23 \ln n_n - 0,92 \ln n_o + 0,9 \ln n_e, \quad (4.15)$$

при цьому згідно з додатком Д12.2 усі коефіцієнти рівняння регресії $k_{oe}^{(24)}$ є значущими;

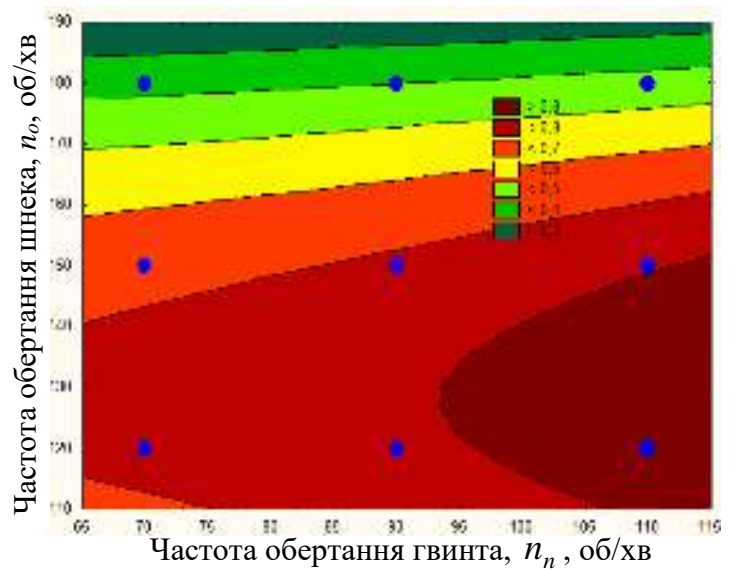
- пошкодження коренеплодів P_{ke}

$$P_{ke} = -129,73 + 12,24 \ln n_n + 15,35 \ln n_o + 1,58 \ln n_e, \quad (4.16)$$

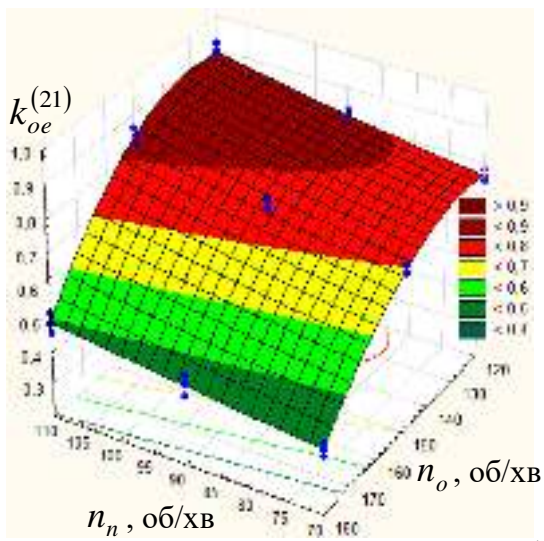
при цьому згідно з додатком Д12.2 усі коефіцієнти рівняння регресії P_{ke} є значущими.



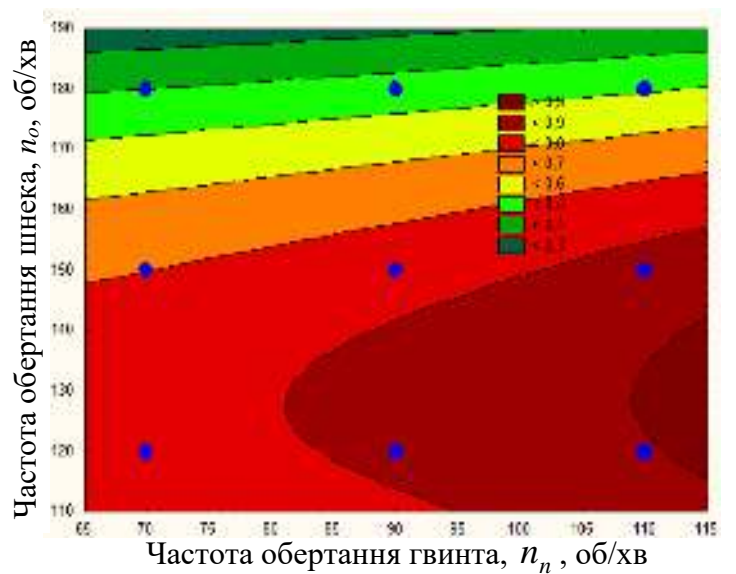
а



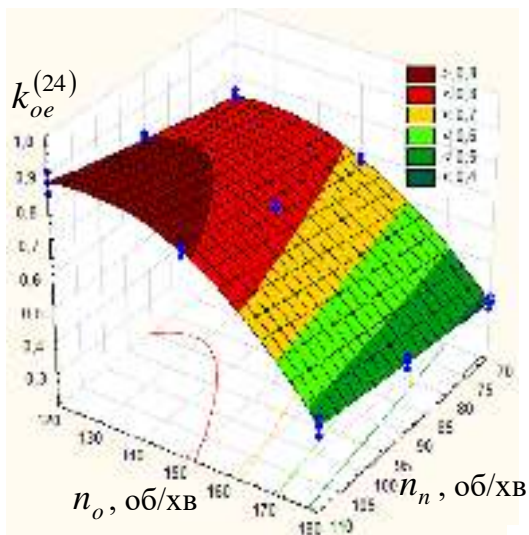
а



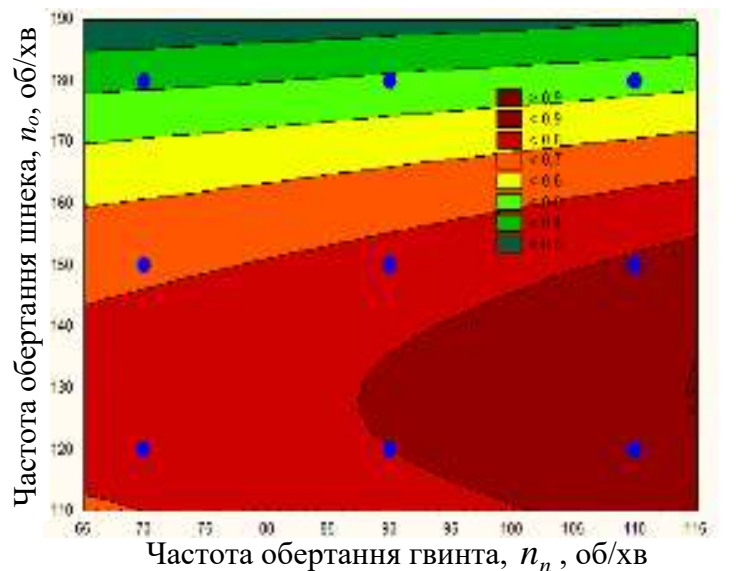
б



б

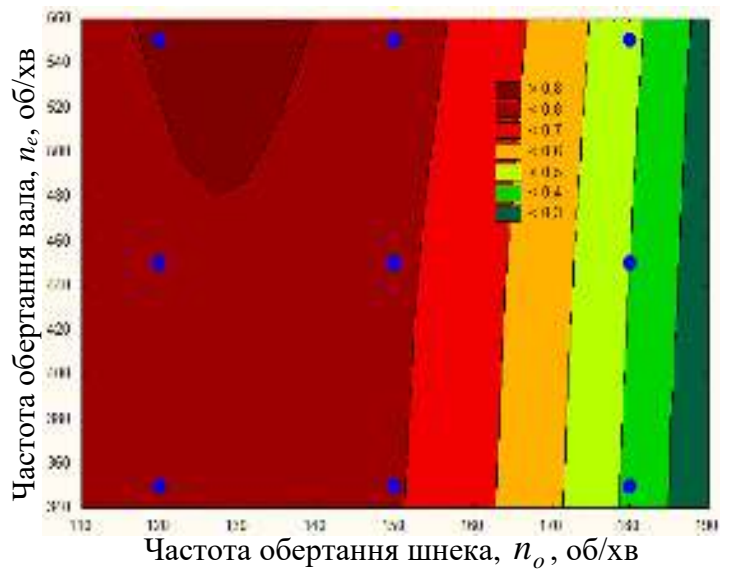
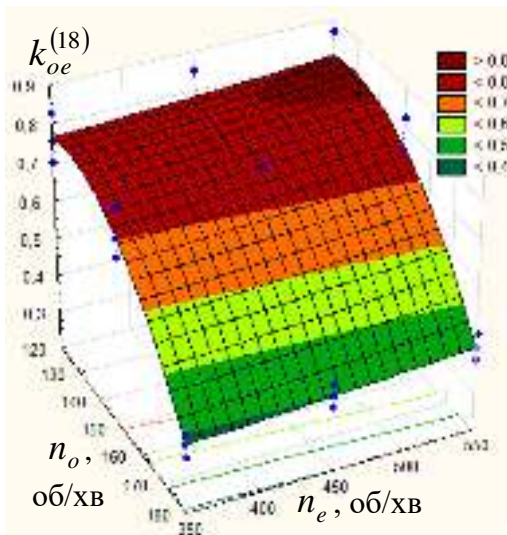


в

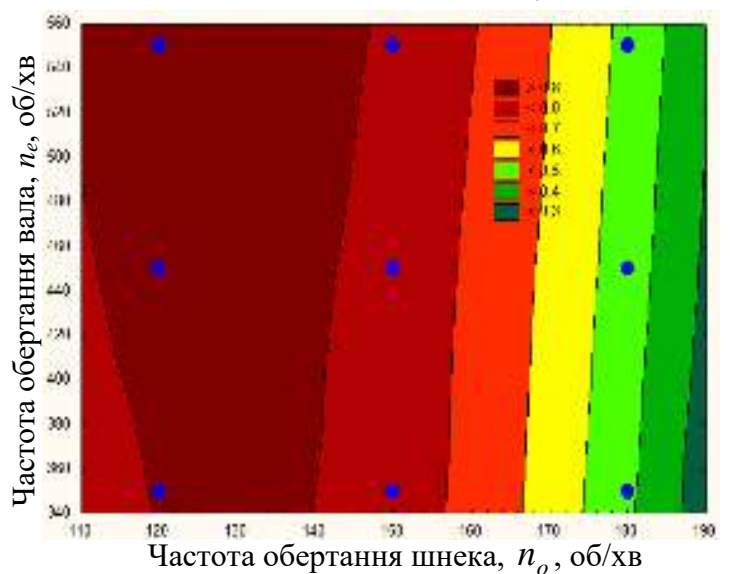
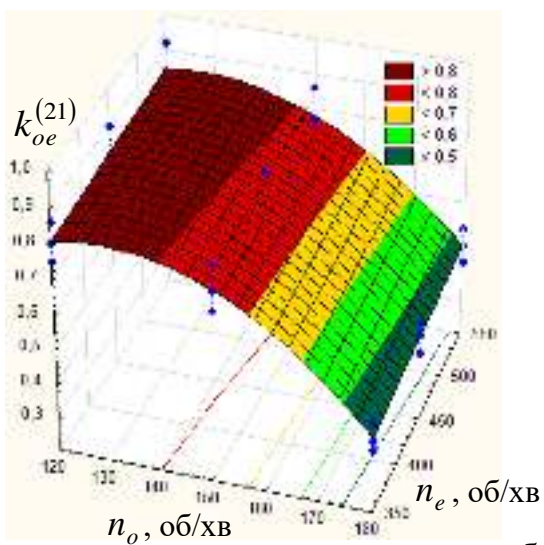


в

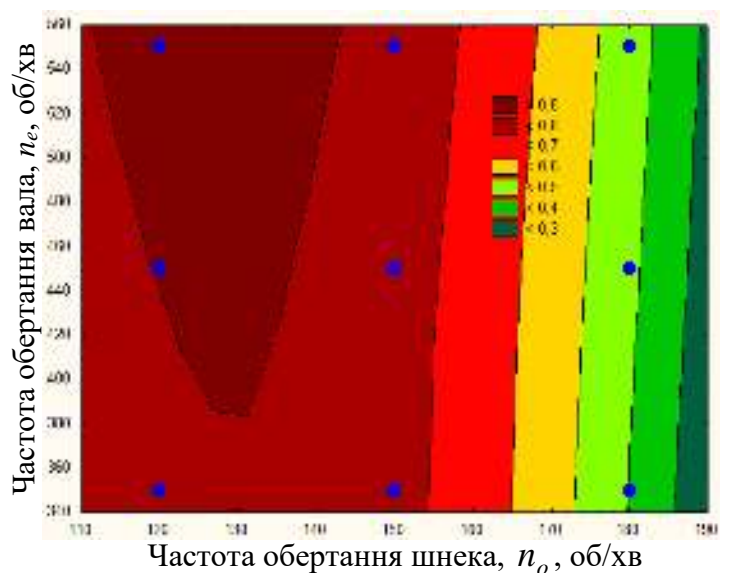
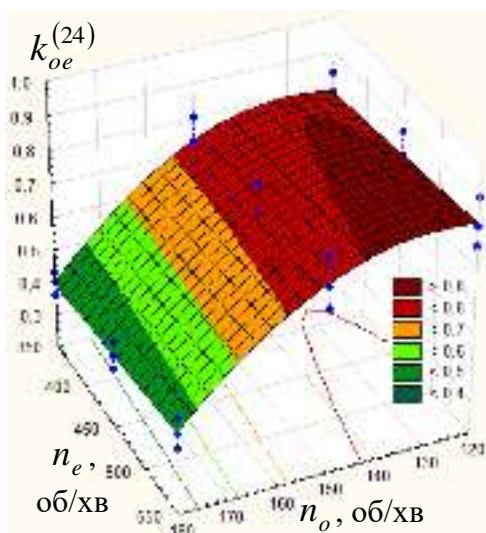
Рисунок 4.17 – Поверхня відгуку та її двомірний переріз зміни коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника як функціонал: а, б, в – відповідно, $k_{oe}^{(18)} = f_Q(n_n; n_o)$, $k_{oe}^{(21)} = f_Q(n_n; n_o)$, $k_{oe}^{(24)} = f_Q(n_n; n_o)$



а



б



в

Рисунок 4.18 – Поверхня відгуку та її двомірний переріз зміни коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника як функціонал: а, б, в – відповідно, $k_{oe}^{(18)} = f_k(n_o; n_e)$, $k_{oe}^{(21)} = f_k(n_o; n_e)$, $k_{oe}^{(24)} = f_k(n_o; n_e)$

Розроблені рівняння регресії (емпіричні моделі) у натуральних величинах (4.13)-(4.16) можуть бути використані для визначення характеру функціональної зміни коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ завантажувального транспортера ОС, а також пошкодження коренеплодів P_{ke} , які записано у вигляді апроксимуючої моделі $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_n; n_o; n_e)$ та $P_{ke} = f_p(n_n; n_o; n_e)$, у наступних межах варіювання значень змінних факторів: частоти обертання гвинта $70 \leq n_n \leq 110$ об/хв; частота обертання шнека $120 \leq n_o \leq 180$ об/хв; частоти обертання вала (очисних елементів) $350 \leq n_e \leq 550$ об/хв.

Аналіз одержаного рівняння регресії (4.13) і (4.15) та побудованої згідно з ним поверхні відгуку та двомірного перерізу поверхні відгуку у вигляді функціонала $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_n; n_o)$ (рис. 4.16), $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_o; n_e)$ (рис. 4.17) і $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_o; n_e)$ (додаток Д12.2) показує, що за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18 \pm 1\%$, $21 \pm 1\%$, $24 \pm 1\%$ основний масив апроксимованих експериментальних значень коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС знаходиться у межах $k_{oe}^{(i)} = 0,15 \dots 0,95$, що також підтверджується залежностями, які наведено на рис. 4.19 та рис. 4.20.

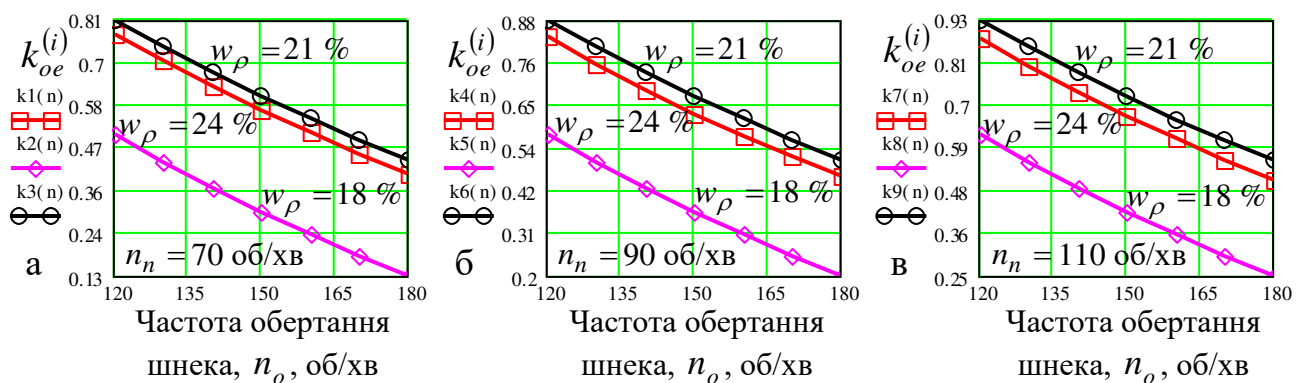


Рисунок 4.19 – Залежність зміни коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ як функціонал: а, б, в – відповідно, $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_o)$, $n_e = 450$ об/хв

Функціональна зміна коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС залежно від зміни входних факторів або частоти обертання приводного гвинта n_n , шнека n_o , приводного вала (очисних

елементів) n_e має двоякий характер – зворотний за збільшення частоти обертання шнека n_o та прямопропорційний за збільшення частоти обертання приводного гвинта n_n і частоти обертання очисних пружних елементів n_e комбінованого очисника, рис. 4.17-4.20.

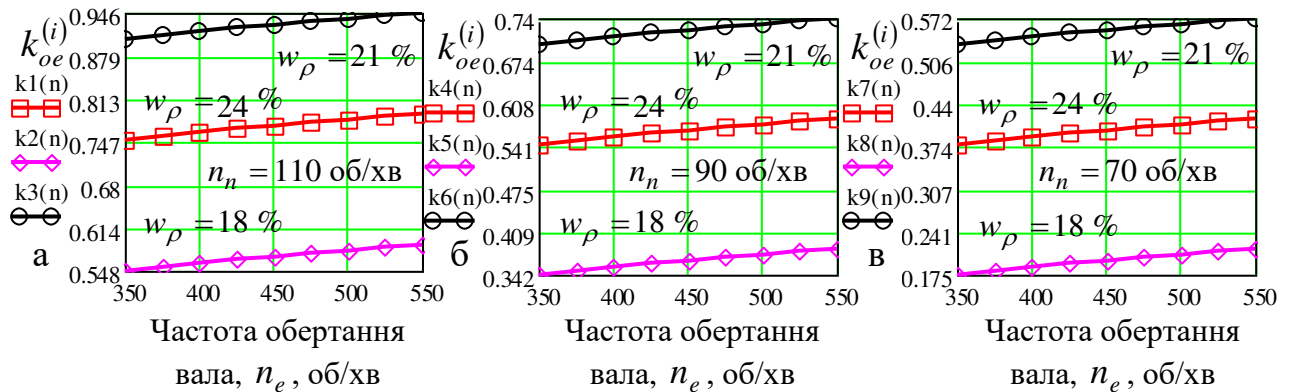


Рисунок 4.20 – Залежність зміни коефіцієнта відокремлення домішок

$k_{oe}^{(i)}$ як функціонал: а, б, в – відповідно, $k_{oe}^{(i)} = f_k(n_e)$, $n_n = 150$ об/хв

Домінуючим фактором, який у значній мірі регламентує поведінку функціональної зміни параметра оптимізації або зміна якого призводить до значного зменшення коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника ОС, є частота обертання n_o правої та лівої системи шнеків. За збільшення n_o у межах її варіювання від 120 до 180 об/хв коефіцієнт відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ зменшується приблизно в 1,7...2,3 раза залежно від значення вологості ґрунту w_ρ наважки ВКЦ. При цьому зменшення коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ настає внаслідок зменшення часу перебування ВКЦ на поверхні шнеків за рахунок зростання швидкості переміщення компонентів ВКЦ вздовж осі обертання правої та лівої системи шнеків, а характер зміни $k_{oe}^{(i)}$ залежно від значення вологості ґрунту w_ρ аналогічний характеру зміни коефіцієнта сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ – максимальне значення $k_{oe}^{(i)} = 0,95$ отримано за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_\rho = 21\%$, рис. 4.19в, рис. 4.20а, рис. 4.21.

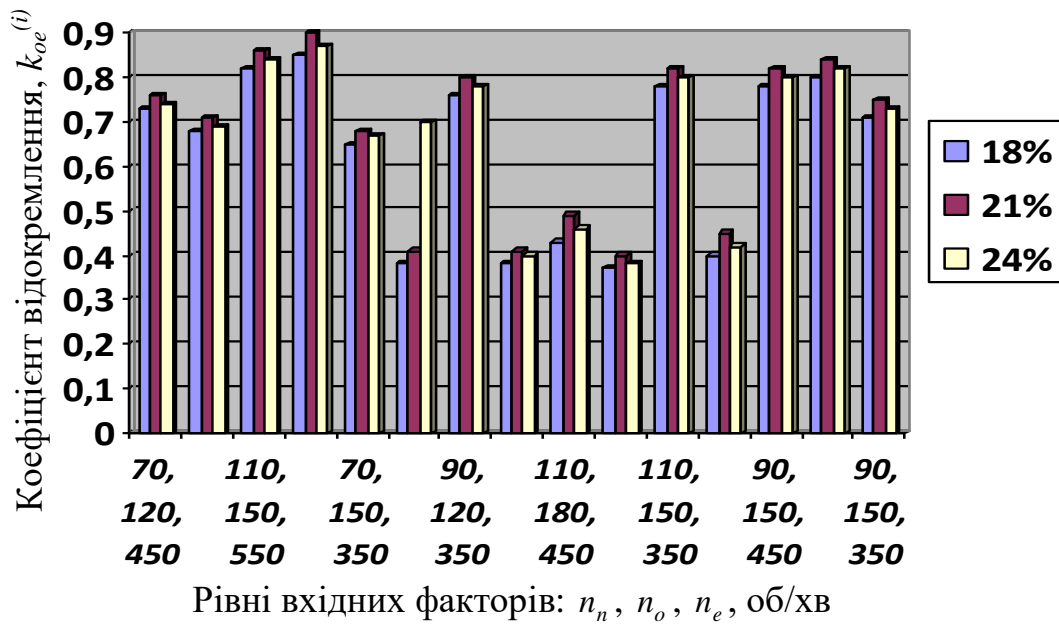


Рисунок 4.21 – Діаграма зміни коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника залежно від вологості ґрунту w_ρ

Збільшення частоти обертання приводного гвинта n_n призводить до зростання інтенсивності кінематичної та динамічної взаємодії його витків на компоненти ВКЦ, тобто відбувається підвищення інтенсивності процесу перемішування домішок, що і зумовлює зростання коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ – за збільшення n_n від 70 до 110 об/хв коефіцієнт відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ зростає приблизно в 1,3...1,8 раза залежно від значення вологості ґрунту w_ρ наважки ВКЦ, рис. 4.19, рис. 4.20, рис. 4.21.

Функціональний вплив зміни частоти обертання приводного вала (очисних пружних елементів) n_e має несуттєвий характер – збільшення n_e від 350 до 450 об/хв сприяє зростанню приблизно в 1,1...1,15 раза залежно від значення вологості ґрунту w_ρ наважки ВКЦ, рис. 4.20. Такий незначний характер функціонального впливу n_e на зміну коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$ регламентується тим, що співвідношення маси відокремленого з поверхні тіла коренеплодів налиплого ґрунту відносно загальної маси компонентів ВКЦ є незначним.

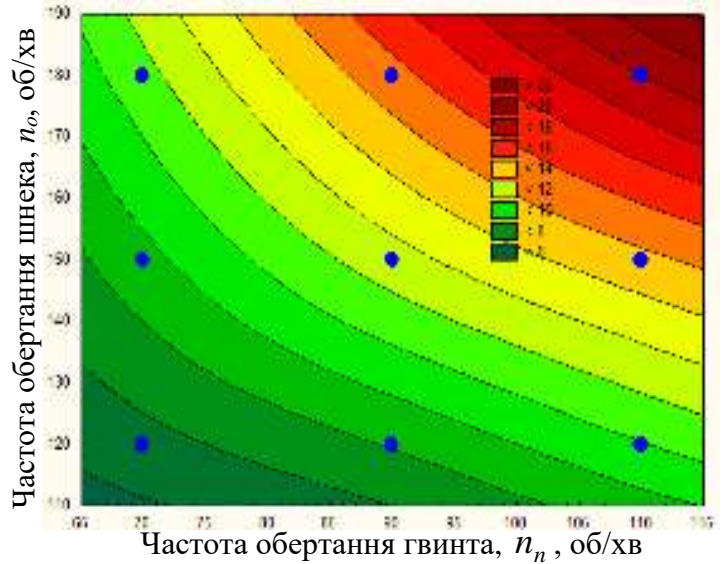
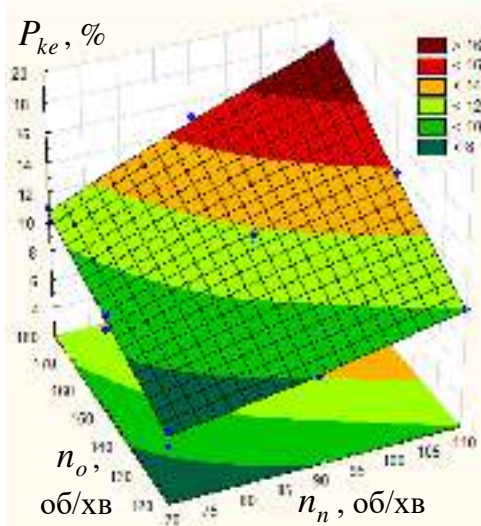
Установлено, що максимальні значення коефіцієнта відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)} = 0,9 \dots 0,95$ комбінованим очисником ОС отримано за наступних умов і значень параметрів комбінованого очисника: вологості ґрунту наважки $w_p = 21 \%$, частота обертання приводного гвинта $n_n \geq 110$ об/хв; частота обертання правої та лівої системи шнеків $120 \leq n_o \leq 140$ об/хв; частота обертання пружних очисних елементів $n_e \geq 480$ об/хв.

Загальні пошкодження коренеплодів цикорію P_{ke} робочими органами комбінованого очисника ОС знаходяться в межах $P_{ke} = 5 \dots 18 \%$, при цьому функціональна зміна P_{ke} залежно від вхідних факторів має прямопропорційний характер – зі збільшенням частоти обертання приводного гвинта n_n , частоти обертання шнека n_o та частоти обертання пружних очисних елементів n_e загальні пошкодження коренеплодів P_{ke} також збільшуються, рис. 4.22.

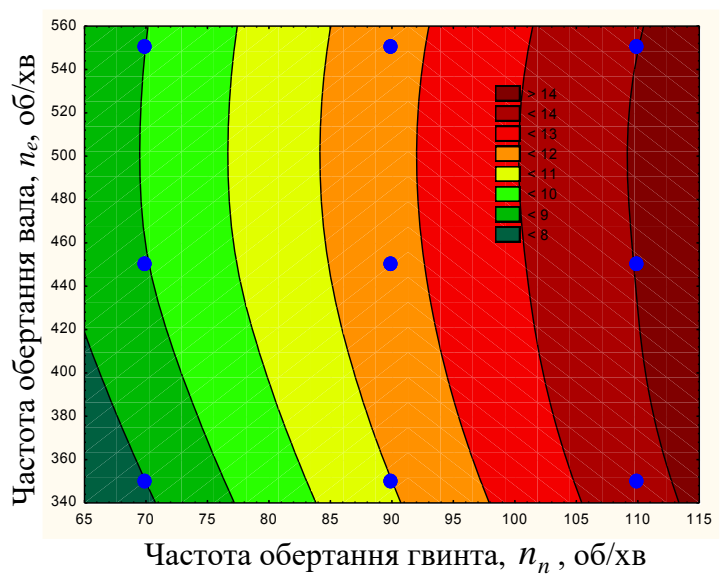
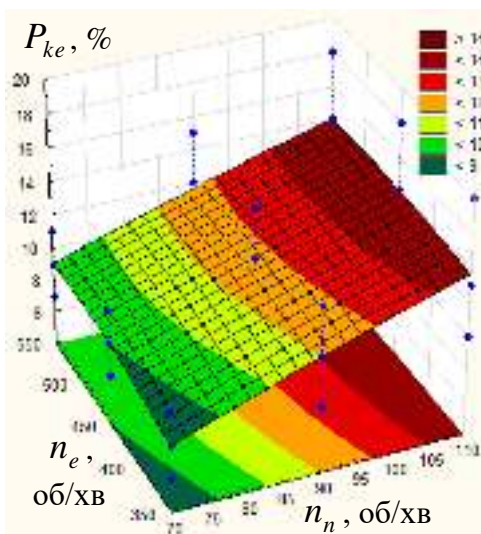
Домінуючим фактором, який має суттєвий вплив на функціональний приріст загального пошкодження коренеплодів цикорію P_{ke} , є частота обертання шнека n_o – за збільшення n_o у межах $120 \leq n_o \leq 180$ об/хв пошкодження коренеплодів збільшуються в середньому в 2 рази.

Установлено, що загальні пошкодження P_{ke} коренеплодів цикорію робочими органами комбінованого очисника ОС та які задовольняють встановлені показники згідно з вихідними умовами [151], за яких $P_{ke} \leq 15 \%$, забезпечуються за частоти обертання приводного гвинта $n_n \leq 110$ об/хв, частоти обертання шнека $n_o \leq 160$ об/хв та частоти обертання пружних очисних елементів $350 \leq n_e \leq 550$ об/хв.

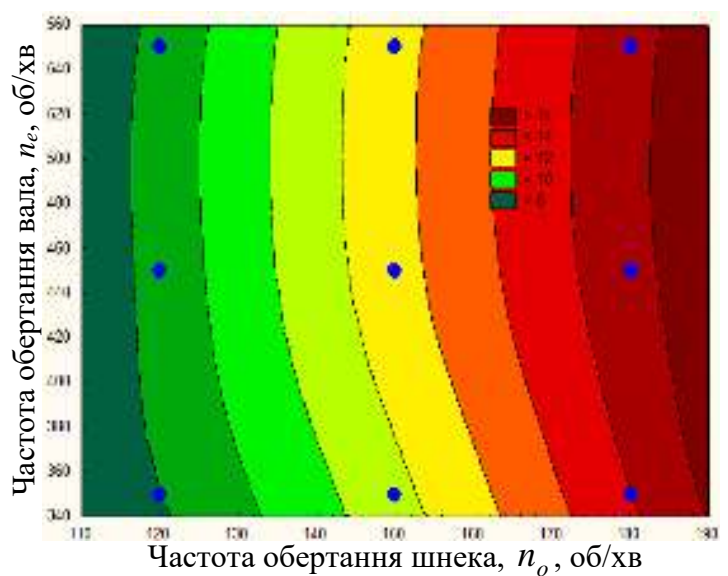
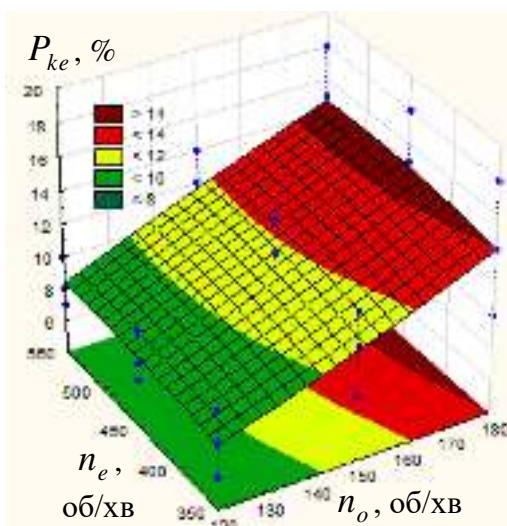
Таким чином, на основі проведеного аналізу результатів експериментальних досліджень можна констатувати, що раціональні параметри робочих органів ОС будуть: кут нахилу транспортера до горизонту – 30 град.; швидкість руху транспортера – 1,7 м/с; частота обертання приводного гвинта $n_n \leq 110$ об/хв; шнека $n_o \leq 160$ об/хв; пружних очисних елементів $350 \leq n_e \leq 550$ об/хв.



а



б



в

Рисунок 4.22 – Поверхня відгуку та її двомірний переріз зміни пошкодження коренеплодів P_{ke} комбінованим очисником як функціонал: а, б, в – відповідно,

$$P_{ke} = f_P(n_n; n_o), P_{ke} = f_P(n_n; n_e), P_{ke} = f_P(n_o; n_e)$$

4.3 Результати польових порівняльних досліджень очисної системи

Мета проведення польових порівняльних експериментальних досліджень модернізованої коренезбиральної машини полягала у встановленні технологічної ефективності процесу роботи удосконалених робочих органів ОС порівняно з показниками базової машини.

Польові порівняльні дослідження базової та модернізованої коренезбиральної машини (додаток Г3.1) проводили в однакових ґрунтово-кліматичних умовах і суміжних посівах коренеплодів цикорію кореневого та згідно з методикою, яку наведено в підрозділі 3.3 розділу 3. Загальну технічну характеристику конструктивно-кінематичних параметрів удосконаленої та базової коренезбиральної машини наведено в додатку Г4.1, а умови проведення порівняльних досліджень і характеристика плантації насаджень коренеплодів цикорію кореневого під час їх збирання – у додатку Г6.2.

Визначали агротехнічні показники якості роботи коренезбиральних машин і на основі порівняльної характеристики показників якості роботи модернізованої та базової машини визначали загальну технологічну ефективність процесу коренеплодів цикорію кореневого – показники якості відокремлення домішок від коренеплодів.

Модернізація конструктивної схеми серійної коренезбиральної машини МКП-4 полягає в тому, що замість двоконусного вилчастого копача було встановлено копач РКС-65.00, а замість традиційного (класичного) повздовжнього пруткового транспортера було встановлено комбіновану очисну систему, яка складається з лівої та правої систем поздовжніх шнеків круглого перерізу.

Ця коренезбиральна машина прийнята за базову.

Удосконалення базової машини було проведено наступним чином: над правою та лівою системою поздовжніх шнеків круглого перерізу та вздовж них було розміщено привідний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, а в порожнині циліндра розміщено привідний вал із

пружними очисними елементами, причому гвинт та вал встановлено консольно на окремих опорах, які розташовані одна проти одної. Конструктивне поєднання цих робочих органів утворювало комбінований очисник.

Модернізація технологічного процесу комбінованого очисника полягає в тому, що ВКЦ після сходу з очисної пальчикової гірки надходить на комбінований очисник у жолоб робочого русла або в міжвитковий простір привідного гвинта. Переміщуючись уздовж робочого русла, утвореного конструктивним розміщенням центрів поздовжніх очисних шнеків витками шнека та витками привідного гвинта, коренеплоди інтенсивно очищуються від ґрунту та рослинних домішок пружними очисними елементами привідного вала за рахунок надання різної кутової швидкості поздовжніх шнеків, привідного гвинта та вала, при цьому вільні домішки (сипучий ґрунт і залишки гички, бур'яни) просіюються у зазор між валами поздовжніх шнеків правої та лівої системи.

Таким чином відбувається інтенсифікація відокремлення домішок від коренеплодів і, відповідно, значне підвищення показників якості роботи удосконаленої коренезбиральної машини відносно показників якості базової коренезбиральної машини.

За результатами проведеного комплексу теоретичних та експериментальних досліджень нами вибрано основні раціональні конструктивно-кінематичні параметри ОС, які було встановлено в процесі її проектування та виготовлення і компонування в технологічній схемі удосконаленої коренезбиральної машини: завантажувальний транспортер: швидкість руху – 1,7 м/с; кут нахилу – 30 град.; пальчикова гірка: швидкість руху робочої гілки – 1,4 м/с; кут нахилу – 50 град.; поздовжній шнек: діаметр – 0,2 м; частота обертання – 160 об/хв; крок гвинтової лінії витка шнека – 0,35 м; висота витка шнека – 0,05 м; зазор між валами шнеків – 0,05 м; привідний гвинт: діаметр – 0,5 м; частота обертання – 90 об/хв; крок гвинтової лінії – 0,3 м; привідний вал: діаметр очисних пружних елементів – 0,4 м; частота обертання очисних пружних елементів – 500...550 об/хв; крок гвинтової лінії очисних елементів – 0,15 м.

Інші показники технічної характеристики конструктивно-кінематичних параметрів модернізованої коренезбиральної машини відповідали технічним показникам машини МКП-4.

Таблиця 4.5 – Показники якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів модернізованою та базовою коренезбиральною машиною

Найменування показників	Значення показників*		
	Модернізована	Базова	АТВ
Робоча швидкість руху машини, м/с	1,5	1,5	до 1,5
Продуктивність за годину основного часу, га/год.	1,1	1,1	до 1,4
Глибина підкопування:			
– середня, см	11,5	11,5	-
– середньоквадратичне відхилення, ± см	0,81	0,81	-
Якість підкопування та підбору коренеплодів, %:			
– зібрано машиною	97,3	97,3	-
– втрати, всього	2,7	2,7	2,5
у тому числі:			
– не викопаних коренеплодів	2,1	2,1	2,0
– на поверхні ґрунту	0,4	0,4	-
– присипаних ґрунтом	0,2	0,2	-
Склад вороху зібраних коренеплодів, %:			
– коренеплоди	95,6	92,2	-
– домішки, всього	4,4	7,8	8,0
у тому числі:			
– ґрунтові домішки:	2,5	4,6	5,0
– вільного ґрунту	1,5	2,9	-
– налиплого ґрунту на коренеплодах	1,0	1,7	1,5
– рослинні домішки:	1,9	3,1	3,0
– вільні рослинні рештки	0,7	1,9	-
– залишки гички на головках коренеплодів	1,2	1,2	0,5
Пошкодження коренеплодів, %:			
– всього	13,5	13,5	15,0
у тому числі сильно пошкоджених	8,5	8,5	7,0

* – показники якості виконання технологічного процесу визначені відносно маси коренеплодів; АТВ – агротехнічні вимоги до коренезбиральних машин



Рисунок 4.23 – Діаграма показників якості роботи модернізованої коренезбиральної машини



Рисунок 4.24 – Діаграма показників якості роботи базової коренезбиральної машини

Результати показників якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів коренезбиральними машинами наведено в табл. 4.4 та на рис. 4.22, 4.23 [157].

На основі порівняльного аналізу показників якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію кореневого встановлено, що загальна кількість домішок у зібраному ВКЦ базової коренезбиральної машини становить 7,8 %, а модернізованої машини – 4,4 %, тобто зменшується приблизно в 1,8 раза, рис. 4.23, 4.24. При цьому кількість налиплого ґрунту на бічній поверхні коренеплодів зменшується в 1,6 раза, що відбувається за рахунок додаткової інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів пружними очисними елементами комбінованого очисника.

Також позитивні показники порівняння загальної кількості рослинних домішок та вільного ґрунту. Вони, відповідно, зменшуються майже в 1,5 і 1,9 рази порівняно з показниками серійної машини, що досягається за рахунок пригальмування компонентів вороху пружними очисними елементами над правою та лівою системою шнеків та збільшення часу їх знаходження в жолобі русла комбінованого очисника. Показники втрат і пошкодження коренеплодів порівнюваних машин однакові.

На основі аналізу та порівняння показників якості виконання технологічного процесу (табл. 4.4) можна констатувати, що застосування удосконаленої ОС дозволяє покращити агротехнічні показники якості збирання коренеплодів цикорію відносно показників базової машини.

4.4 Висновки до розділу

За результатами проведених експериментальних досліджень можна зробити такі висновки:

4.4.1. Експериментальні значення продуктивності роботи завантажувального транспортера знаходиться в межах 16...55 кг/с, при цьому за збільшення швидкості руху транспортера від 1,3 м/с та кута нахилу до горизонту на 15 град. його продуктивність роботи, відповідно, зростає на 10...15 кг/с та зменшується в 1,3 рази.

Розбіжність експериментальних і теоретичних значень продуктивності роботи завантажувального транспортера становить 5...15 %.

4.4.2. Домінуючим фактором, який впливає на зміну продуктивності роботи комбінованого очисника, яка знаходиться у межах 23...61 кг/с, є частота обертання шнека – за її збільшення від 120 до 180 об/хв продуктивність роботи збільшується в середньому на 10...18 кг/с.

4.4.3. Встановлено, що максимальне значення коефіцієнта відокремлення домішок завантажувального транспортера 0,8 та комбінованого очисника 0,95 забезпечується за вологості ґрунту наважки 21 % та наступних параметрів

робочих органів очисної системи: швидкості руху завантажувального транспортера 1,7 м/с; частоти обертання привідного гвинта більше 110 об/хв, частоти обертання шнека від 120 до 140 об/хв; частоти обертання пружних очисних елементів більше 480 об/хв.

4.4.4. Загальні пошкодження коренеплодів цикорію робочими органами комбінованого очисника, які не перевищують 15 % забезпечуються за частоти обертання привідного гвинта менше 110 об/хв, частоти обертання шнека менше 160 об/хв та частоти обертання пружних очисних елементів від 350 до 550 об/хв.

4.4.5. На основі проведеного аналізу результатів експериментальних досліджень можна констатувати, що раціональні параметри робочих органів ОС будуть: кут нахилу завантажувального транспортера до горизонту $\varepsilon = 30$ град.; швидкість руху завантажувального транспортера $V_{z.m} = 1,7$ м/с; частота обертання привідного гвинта $n_n \leq 110$ об/хв; частота обертання шнека $n_o \leq 160$ об/хв; частота обертання пружних очисних елементів $500 \leq n_e \leq 550$ об/хв.

Основні наукові результати розділу опубліковані у працях [133, 134, 154-157].

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ

5.1 Етапи вдосконалення очисних систем і методика розрахунку основних параметрів очисної системи

Сучасний рівень одержаних агротехнічних показників якості виконання технологічного процесу роботи очисних пристроїв коренезбиральних машин не в достатній мірі відповідають існуючим вимогам підвищення ступеня відокремлення домішок від коренеплодів цикорію і, як наслідок, повного усунення ручних робіт на операції очищення ВКЦ від домішок під час їх переробки.

Підвищення показників якості очищення ВКЦ, або ефективності процесу відокремлення компонентів домішок від коренеплодів, може бути досягнуто за рахунок удосконалення конструктивно-компонувальних схем ОС та нових наукових підходів до обґрунтування параметрів і режимів роботи робочих органів, що дозволить інтенсифікувати технологічний процес сепарації ВКЦ у “мертвих” робочих зонах очисних пристроїв і досягати більш повного відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплоду та вільних рослинних домішок.

Різноманітність технологічних процесів сепарації домішок у прямій залежності пов'язана як із технологічними процесами відокремлення домішок від коренеплодів, так і з технологічними вимогами до якості очищення коренеплодів, тобто якості сировини для її переробки.

Ці технологічні аспекти, у свою чергу, регламентують досить значну різноманітність конструктивно-компонувальних схем очисних робочих органів, що спонукає проводити диференційований підхід на етапах вибору, розрахунку, проектування, компоновання, дослідження, конструювання та впровадження нових розробок у виробництво.

Тому класифікований підхід із урахуванням конструктивно-технологічних особливостей і різноманітності очисних робочих органів, схем їх компонок і способів функціонування забезпечить можливість проведення ідентифікації необхідної конструктивно-технологічної схеми ОС і коренезбиральної машини загалом для існуючих на момент збирання конкретних умов їх експлуатації.

Інтегральними показниками прогнозування ймовірності подальшого підвищення ефективного використання ОС збиральних машин повинні бути:

- розроблення технологічних схем, способів очищення вороху коренеплодів на основі проведення загальних принципів системної оптимізації технологічних процесів застосування ОС коренезбиральних машин;

- удосконалення робочих органів для очищення ВКЦ на основі проведеної оптимізації з подальшим обґрунтуванням раціональних параметрів, яке передбачає всебічний аналіз агрофізичних властивостей коренеплодів і реологічних властивостей функціонування системи «робочий орган-коренеплід».

Перспектива розроблення удосконалених ОС коренезбиральних машин і досягнення ефективної реалізації вказаних наукових завдань ефективного використання очисних систем досягається шляхом аналізу:

- ідентифікації конструктивно-технологічних схем комбінованих очисних систем і аспектів їх застосування;

- агрофізичних властивостей коренеплодів цикорію, їх розмірно-масових характеристик;

- системних взаємозалежних кінематично-динамічних характеристик технологічного процесу відокремлення домішок від ВКЦ.

Одним із напрямків реалізації цих положень є удосконалення ОС, конструктивна схема якої наведена на рис. 1.16, рис. 1.17.

Недоліком даного очисника є незадовільний ступінь відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів та рослинних домішок, які знаходяться на початку (в кінці) відповідної зони жолоба 6 (рис. 1.16) робочого русла правої 1 та лівої 2 систем шнеків.

Завдання підвищення інтенсивності відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів вирішується конструктивним удосконаленням даного очисника.

На відміну від робочого органа (рис. 1.17) конструктивне удосконалення полягає в тому, що в просторі жолоба робочого русла вздовж правої та лівої систем шнеків і зверху над ними горизонтально встановлено приводні вали, на барабанах яких розміщено очисні пружні елементи набраних із пучків ворсу, причому осі обертання приводних валів розташовано адекватно осям обертання шнеків (рис. 1.Ж1.1 додатка Ж1.1).

Технологічний процес роботи удосконаленого доочисника суттєво не відрізняється від процесу роботи комбінованого очисника, який наведено на рис. 1.17, окрім того, що за рахунок встановлення горизонтальних приводних валів із очисними пружними елементами відбувається інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів на початку (в кінці) відповідної зони жолоба робочого русла правої та лівої систем шнеків.

Аналіз процесу роботи очисних робочих органів коренезбиральних машин, результати лабораторних і польових досліджень указують на те, що ступінь очищення коренеплодів залежить від багатьох факторів: типу ґрунту, його вологості, швидкісних режимів роботи збиральної машини, а також від конструктивних особливостей очисників.

У цьому аспекті перспективним напрямком подальшого удосконалення очисних робочих органів коренезбиральних машин є встановлення нижнього сходу очисної гірки над жолобом робочого русла з торцевої частини зони початку руху коренеплодів, за рахунок чого підвищується ступінь очищення вороху шляхом збільшення часу знаходження вороху на шнеках [158], додаток Б7.3. Крім того, із метою зменшення втрат коренеплодів у процесі їх руху вздовж жолоба пропонується над верхнім шнеком, розміщеним із протилежної сторони гірки, установлювати шнек або шнеки круглого перерізу [159].

Методика розрахунку основних параметрів робочих органів ОС наведена в додатку Ж2.1.

Рекомендовані дані основних конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів транспортно-очисної системи наведено в табл. 1.Ж3.1 додатка Ж3.1.

Результати агротехнічної оцінки модернізованої та базової коренезбиральної машини підтвердили технологічну ефективність роботи очисника у виробничих умовах. Результати наукових досліджень прийняті ПАТ «БОРЕКС» для розроблення та вдосконалення існуючих коренезбиральних машин (додаток Ж4.1). Конструктивна новизна технічного рішення підтверджена 3 патентами на корисну модель України.

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності використання очисної системи

Техніко-економічний аналіз застосування однотипних сільськогосподарських машин і пристосувань (знарядь) необхідно проводити комплексно з урахуванням функціональних показників якості роботи [160].

За базу під час розрахунку показників економічної ефективності приймають показники якості роботи аналога (базового, серійного) та модернізованого технічного засобу, які одержано в процесі проведення порівняльних польових досліджень [160].

У нашому випадку за базовий аналог приймаємо переобладнану існуючу конструкцію коренезбиральної машини МКП-4, при цьому:

- базова та модернізована коренезбиральна машини виконують однотипні операції;
- мають подібну схему агрегування з енергетичним засобом;
- мають відмінні числові показники якості складу зібраного ВКЦ відносно кількості домішок.

Тоді, згідно з [160], розрахунок порівняльної техніко-економічної ефективності використання однотипних технічних засобів проводять виключно за функціональними показниками якості виконання технологічного процесу

збирання коренеплодів або їх роботи.

Застосування удосконаленої ОС у конструктивно-технологічній схемі модернізованої коренезбиральної машини, на відміну від базового аналога, значно підвищує, порівняно з базовим аналогом (базовою коренезбиральною машиною), показники якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію кореневого (табл. 4.4).

При цьому використання удосконаленої ОС дозволило зменшити загальну забрудненість ВКЦ порівняно з базовою машиною в 1,8 раза.

Тоді розрахунок показників техніко-економічної ефективності застосування удосконаленої ОС проведемо згідно з [160].

Вихідні дані для проведення порівняльної техніко-економічної оцінки удосконаленої ОС за її функціональними показниками якості роботи наведено в додатку Ж5.2 згідно з результатами порівняльних досліджень базової та модернізованої коренезбиральної машини (табл. 4.4).

Розрахунок техніко-економічних показників виконуємо з урахуванням виконання порівнювальними машинами однотипних операцій процесу збирання коренеплодів цикорію на площі 100 га та їх перевезення до пункту переробки на відстань 20 км.

У цьому випадку розрахунок техніко-економічних показників проведено з визначенням економічного ефекту від зниження загальної забрудненості ВКЦ після його очищення очисними системами та з урахуванням затрат на відвезення очищеного ВКЦ до місця подальшої переробки.

Економічний ефект застосування модернізованої машини, перш за все, є наслідком зменшення видатків на відвезення викопаного ВКЦ до місця переробки коренеплодів.

Функціональні показники роботи модернізованої машини забезпечують перевезення більш чистого зібраного ВКЦ, що сприяє зниженню транспортних видатків, а також витрат на додаткове ручне доочищення коренеплодів та зворотне вивезення ґрунту з місця переробки в поле.

Загальний економічний ефект E_Z (грн) за один рік експлуатації

удосконаленої машини на зібраній площі згідно з [160] становить:

$$E_Z = E_B + E_V + E_M, \quad (5.1)$$

де E_B – економічний ефект від зниження втрат, грн;

E_V – економічний ефект від зниження забрудненості ВКЦ, грн;

E_M – економічний ефект від зниження пошкоджень коренеплодів, грн.

У нашому випадку економічний ефект E_Z буде визначатися лише від економічного ефекту E_V , який є наслідком зниження забрудненості ВКЦ, тому що згідно табл. 4.4 показники втрат та пошкодження коренеплодів цикорію однакові для обох коренезбиральних машин.

Оскільки основні витрати пов'язані з перевезенням вільного ґрунту в складі ВКЦ із поля на переробний пункт і в зворотному напрямку, тоді розрахунок техніко-економічної ефективності застосування ОС від зниження загальної забрудненості ВКЦ проводимо відносно зменшення видатків на його перевезення в двох напрямках.

Продуктивність транспортних машин W_T (т/год.) на відвезенні ВКЦ від машини до переробного пункту за одну годину змінного часу визначається:

$$W_T = B/T_Z; \quad B = \frac{q}{100} M_k, \quad (5.2)$$

де B – вантажомісткість причепа у тоннах чистої продукції коренеплодів, т;

T_Z – час одного циклу відвезення ВЦК, год.;

q – паспортна вантажомісткість причепа, т;

M_k – чистота ВКЦ при збиранні базовою і модернізованою машинами, %.

Тому що забрудненість коренеплодів у додатку Ж5.2 наведена у відсотках, тоді чисті коренеплоди становитимуть $100\% - q_k$, де q_k – забрудненість ВЦК, %. Крім того, приймаємо, що перевезення ВКЦ здійснюється трактором МТЗ-82 з причепом 2ПТС-4, паспортна вантажомісткість якого $q = 4$ т [161].

Тоді згідно з (5.2) отримаємо:

$$B_b = 4 \cdot (100 - 7,8) / 100 = 3,69 \text{ (т)}; B_m = 4 \cdot (100 - 4,4) / 100 = 3,83 \text{ (т)}.$$

Час одного циклу T_Z транспортування ВКЦ до пункту переробки та зворотного переїзду до поля визначається:

$$T_Z = T_H + T_{II} + T_B + T_X, \quad (5.3)$$

де T_H – час навантаження транспортного засобу, год;

T_{II} – час перевезення ВКЦ до переробного пункту, год;

T_B – час вивантаження ВКЦ, год;

T_X – час зворотного холостого переїзду до поля, год.

Час навантаження T_H (год) транспортного засобу:

$$T_H = \frac{B}{U_k \cdot W_k}, \quad W_k = W_o \tau = 0,1BV_k \tau, \quad (5.4)$$

де $U_k = 18,5$ – середня урожайність коренеплодів цикорію, т/га;

W_k – продуктивність машини за час зміни, га/год;

W_o – продуктивність машини за основний час, га/год;

$\tau = 0,8$ – коефіцієнт ефективного використання часу зміни [162];

$B = 1,35$ – робоча ширина захвату коренезбиральної машини, м;

$V_k = 5,4$ – робоча швидкість руху коренезбиральної машини, км/год;

$$W_k = 0,1 \cdot 1,35 \cdot 5,4 \cdot 0,8 = 0,6 \text{ (га)};$$

$$T_{Hb} = 3,69 / 18,5 \cdot 0,6 = 0,33 \text{ (год)};$$

$$T_{Hm} = 3,83 / 18,5 \cdot 0,6 = 0,35 \text{ (год)};$$

Вважаємо, що середня транспортна швидкість трактора МТЗ-82 з причепом при перевезенні коренеплодів цикорію до місця переробки становить

$V_p = 15,0$ км/год, а швидкість холостого переїзду – $V_X = 20,0$ км/год.

Тоді маємо:

$$T_{IIb} = T_{IIm} = 15,0 / 20,0 = 0,75 \text{ (год)}; T_{Xb} = T_{Xm} = 20,0 / 20,0 = 1,0 \text{ (год)}.$$

Час вивантаження коренеплодів T_B приймаємо згідно з [161], при цьому:

$$T_{Bb} = T_{Bm} = 0,1 \text{ (год)}.$$

Час одного циклу при відвезенні коренеплодів згідно з (5.3) становить:

$$T_{Zb} = 0,33 + 0,75 + 0,1 + 1,0 = 2,18 \text{ (год)};$$

$$T_{Zm} = 0,35 + 0,75 + 0,1 + 1,0 = 2,2 \text{ (год)}.$$

Продуктивність транспортних машин на відвезенні коренеплодів за годину змінного часу згідно з (5.2) становить:

$$W_{Tb} = 3,69 / 2,18 = 1,69 \text{ (т/год)};$$

$$W_{Tm} = 3,83 / 2,12 = 1,81 \text{ (т/год)}.$$

Необхідну кількість транспортних засобів N_{mp} (шт.) для вивезення коренеплодів цикорію з площі 1 га визначаємо за залежністю:

$$N_{mp} = U_k / B, \quad (5.5)$$

$$N_{mpb} = 18,5 / 3,69 = 5,0 \text{ (шт.)}; \quad N_{mpm} = 18,5 / 3,83 = 4,3 \text{ (шт.)}.$$

Заробітна плата працівників P_Z (грн/га) на операції вивезення коренеплодів із площі 1 га визначається за формулою:

$$P_Z = (\sum K \cdot r_j) / (T_Z \cdot k_T), \quad (5.6)$$

де K – кількість механізаторів, які зайняті на перевезенні коренеплодів, чол.;

r_j – погодинна ставка механізатора, грн/год;

k_T – коефіцієнт використання експлуатаційного часу.

Кількість механізаторів K приймаємо згідно з необхідною кількістю транспортних засобів N_{mp} , погодинну ставку механізатора $r_j = 10,8$ грн/га, а коефіцієнт використання експлуатаційного часу $k_T = 0,7$ приймаємо згідно з даними [163].

$$P_{Zb} = (5 \cdot 10,8) / (2,18 \cdot 0,7) = 35,39 \text{ (грн/га)};$$

$$P_{Zm} = (4 \cdot 10,8) / (2,2 \cdot 0,7) = 28,05 \text{ (грн/га)}.$$

Питомі витрати на реновацію транспортних засобів P_T (грн/га):

$$P_T = \frac{W_{m.a} \cdot a_P \cdot U_k}{T_{p.mp} \cdot W_T}, \quad (5.7)$$

де $W_{m.a}$ – балансова вартість транспортного агрегату, грн;

a_P – нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на реновацію;

$T_{p.mp}$ – нормативне річне завантаження трактора на перевезенні, год.

Балансову вартість агрегату МТЗ-82 + 2ПТС-4 для перевезення ВКЦ до місця переробки (трактора та причепа) $W_{m.a} = 160000$ грн приймаємо згідно з положеннями [164].

Нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на реновацію транспортних засобів $a_P = 0,16$ та нормативне річне завантаження трактора на перевезенні ВКЦ $T_{p.mp} = 1000$ год приймаємо згідно з даними [162].

$$P_{Tb} = 68000 \cdot 0,16 \cdot 18,5 / 1000 \cdot 1,69 = 280,24 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{TM} = 160000 \cdot 0,16 \cdot 18,5 / 1000 \cdot 1,81 = 261,66 \text{ (грн/га).}$$

Питомі відрахування P_k (грн/га) на капітальний і поточний ремонт та планове технічне обслуговування:

$$P_K = \frac{W_{m.a} (R_k + R_n) \cdot U_k}{T_{p.mp} \cdot W_T}, \quad (5.8)$$

де R_k , – нормативний коефіцієнт річних відрахувань на капітальний ремонт;

R_n – нормативний коефіцієнт річних відрахувань на поточний ремонт.

Суму нормативних коефіцієнтів річних відрахувань на капітальний і поточний ремонт приймаємо згідно з даними [162] $(R_k + R_n) = 0,34$.

Тоді:

$$P_{Kb} = 160000 \cdot 0,34 \cdot 18,5 / 1000 \cdot 1,69 = 595,5 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{Km} = 160000 \cdot 0,34 \cdot 18,5 / 1000 \cdot 1,81 = 556,02 \text{ (грн/га).}$$

Питомі затрати на паливно-мастильні матеріали P_U (грн/га):

$$P_U = \frac{N_{mp} \cdot q_d \cdot A_d \cdot a_n \cdot N_n \cdot T_Z}{100}, \quad (5.9)$$

де N_n – номінальна потужність двигуна трактора, кВт;

q_d – питомі витрати пального, кг/год;

A_d – вартість дизельного пального, грн/кг;

a_n – середній відсоток використання потужності трактора, %.

Номінальну потужність двигуна трактора МТЗ-82 ($N_n = 51,5$ кВт), питомі витрати пального ($q_d = 0,26$ кг/кВт) і середній відсоток використання потужності трактора ($a_n = 80$ %) приймаємо з даними [162], а вартість дизельного пального ($A_d = 20,0$ грн/кг) приймаємо станом на 01.06.2017 р.

Тоді отримуємо:

$$P_{Ub} = 51,5 \cdot 0,26 \cdot 20 \cdot 80 \cdot 5 \cdot 2,18 / 100 = 2335,22 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{Ub} = 51,5 \cdot 0,26 \cdot 20 \cdot 80 \cdot 4 \cdot 2,2 / 100 = 1885,31 \text{ (грн/га).}$$

Прямі експлуатаційні видатки B_E (грн/га) визначаються за формулою:

$$B_E = P_Z + P_T + P_K + P_U, \quad (5.10)$$

$$B_{Eb} = 35,39 + 280,24 + 595,5 + 2335,22 = 3246,35 \text{ (грн/га);}$$

$$B_{Em} = 28,05 + 261,66 + 556,02 + 1885,21 = 2730,94 \text{ (грн/га).}$$

Питомі капіталовкладення K_n (грн/га) визначаються за формулою:

$$K_n = W_{m.a} \cdot U_k / W_T \cdot T_{p.mp}. \quad (5.11)$$

$$K_{nb} = 160000 \cdot 18,5 / 1,69 \cdot 1000 = 1751,48 \text{ (грн/га);}$$

$$K_{nm} = 160000 \cdot 18,5 / 1,81 \cdot 1000 = 1635,4 \text{ (грн/га).}$$

Питомі приведені витрати на 1 га зібраної площі P_{B_1} (грн/га) складають:

$$P_{B_1} = K_e \cdot K_n + B_E, \quad (5.12)$$

де K_e – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Таблиця 5.1 – Показники розрахунку економічної ефективності

Показник	Значення показника		Ступінь зміни показника, %
	Базова	Модерн.	
Продуктивність за 1 год змінного часу на вивезенні коренеплодів, т/год	1,69	1,81	+7,7
Кількість транспортних засобів для вивезення коренеплодів із 1 га, шт.	5	4	
Заробітна плата працівників на перевезенні коренеплодів із 1 га, грн	35,39	28,05	-19,5
Питомі витрати на реновацію транспортних засобів, грн/га	280,24	261,66	-7,1
Питомі відрахування на капітальний ремонт і технічне обслуговування, грн/га	595,5	556,02	-7,1
Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га	2335,22	1885,31	-23,9
Прямі експлуатаційні видатки, грн/га	3246,35	2730,94	-18,9
Питомі капіталовкладення, грн/га	1751,48	1635,4	-7,1
Приведені витрати на 1 га, грн/га	3509,07	2976,25	-17,9
Економічний ефект від зниження забрудненості на 1га, грн/га	-	532,82	-
Річний економічний ефект від зниження забрудненості, грн	-	95907,6	-

Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ($K_e = 0,15$) приймаємо згідно з [162], тоді:

$$P_{B_{1b}} = 0,15 \cdot 1751,48 + 3246,35 = 3509,07 \text{ (грн/га);}$$

$$P_{B_{1m}} = 0,15 \cdot 1635,4 + 2730,94 = 2976,25 \text{ (грн/га).}$$

Економічний ефект E_{V_1} (грн/га) від зниження забрудненості ВКЦ на площі 1 га дорівнює:

$$E_{V_1} = P_{B_{1C}} - P_{B_{1M}}, \quad (5.13)$$

$$E_{V_1} = 3509,07 - 2976,25 = 532,82 \text{ (грн/га).}$$

Річний економічний ефект E_V (грн) від зменшення забрудненості ВКЦ дорівнює:

$$E_V = E_{V_1} \cdot W_k \cdot T_{p.k}, \quad (5.14)$$

$$E_v = 532,82 \cdot 0,6 \cdot 300 = 95907,6 \text{ (грн)}.$$

Результати розрахунку економічних показників зведені в табл. 5.1.

Таким чином, на основі одержаних показників табл. 5.1 можна зробити висновок, що застосування модернізованої коренезбиральної машини, яку обладнано ОС у порівнянні з базовою коренезбиральною машиною, є доцільним та економічно ефективним.

5.3 Висновки до розділу

5.3.1. Подальше підвищення показників якості роботи очисних систем ВКЦ можливе за рахунок інтенсифікації динамічної дії робочих поверхонь на компоненти вороху шляхом конструктивного удосконалення очисного вала комбінованого очисника.

5.3.2. Результати розрахунку економічної ефективності удосконаленої конструкції ОС підтверджують доцільність його практичного використання, при цьому загальний економічний ефект за рік експлуатації машини від підвищення її функціональних показників становить 95907,6 грн або 532,82 грн на 1 га.

Основні наукові результати розділу опубліковані в праці [67, 158].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вперше вирішено наукове завдання підвищення показників якості очищення коренеплодів цикорію від домішок шляхом розроблення та обґрунтування параметрів очисної системи коренезбиральних машин. Підвищення показників якості роботи досягнуто за рахунок інтенсифікації процесу динамічної дії на компоненти вороху приводного гвинта та очисних пружних елементів очисної системи з їх обґрунтованими раціональними конструктивно-кінематичними параметрами.

1. На основі аналізу рівнянь матеріального балансу встановлено, що відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами очисної системи функціонально залежить від вхідної подачі вороху та часу його знаходження на них.

2. За зміни частоти обертання завантажувального транспортера від 100 до 220 об/хв продуктивність його роботи, яка становить 9...62 збільшується в середньому на 15...20 кг/с, а умова раціонального технологічного функціонування завантажувального транспортера забезпечується за швидкості руху робочої гілки 1,6...1,7 м/с, кута нахилу до горизонту 15...20 град. при значенні коефіцієнта заповнення простору робочої гілки 0,7 і коефіцієнта відокремлення домішок 0,5.

3. Експериментальні значення продуктивності роботи завантажувального транспортера знаходиться у межах 16...55 кг/с, при цьому за збільшення швидкості руху робочої гілки транспортера від 1,3 м/с його продуктивність роботи зростає на 10...15 кг/с та зменшується в 1,3 раза за збільшення кута нахилу до горизонту на 15 град. Розбіжність експериментальних і теоретичних значень продуктивності роботи транспортера становить 5...15 %.

4. Домінуючим фактором, який впливає на зміну продуктивності роботи комбінованого очисника, яка знаходиться у межах 23...61 кг/с, є частота обертання шнека – за її збільшення від 120 до 180 об/хв продуктивність роботи збільшується в середньому на 10...18 кг/с.

5. Встановлено, що максимальне значення коефіцієнта відокремлення домішок завантажувального транспортера 0,8 та комбінованого очисника 0,95 забезпечується за вологості наважки 21 % та наступних параметрів робочих органів очисної системи: швидкості руху завантажувального транспортера 1,7 м/с; частоти обертання приводного гвинта більше 110 об/хв, частоти обертання шнека від 120 до 140 об/хв; частоти обертання пружних очисних елементів більше 480 об/хв.

6. Загальні пошкодження коренеплодів цикорію робочими органами комбінованого очисника, які не перевищують 15 % забезпечуються за частоти обертання приводного гвинта менше 110 об/хв, частоти обертання шнека менше 160 об/хв та частоти обертання пружних очисних елементів від 350 до 550 об/хв.

7. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень рекомендовано такі основні раціональні параметри робочих органів очисної системи: кут нахилу завантажувального транспортера до горизонту 15...30 град.; швидкість руху робочої гілки завантажувального транспортера 1,7 м/с; частота обертання приводного гвинта 110 об/хв; частота обертання шнека 140 об/хв; частота обертання пружних очисних елементів 500...550 об/хв.

8. Встановлено, що розроблена очисна система забезпечує зниження загальної кількості домішок вороху коренеплодів цикорію в 1,8 раза, в тому числі налиплого ґрунту в 1,6 раза, рослинних домішок у 1,5 рази порівняно з базовою машиною. Загальний економічний ефект за один рік експлуатації коренезбиральної машини становить 95907,6 грн, або 532,82 грн на 1 га. Результати досліджень прийняті ПАТ «БОРЕКС» для розроблення та вдосконалення існуючих машин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гументик М.Я. Особливості цикорію кореневого і агротехніка його вирощування. Збірник наукових праць ІЦБ УААН. 2003. С. 339–341.
2. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 8–14.
3. Барановський В.М. Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини Сільськогосподарські машини. 2013. Вип. 24. С. 18–28.
4. Бортнік Л.В., Політка Н.С., Войтюк В.В. Сабінська Людмила Петрівна: Почесний громадянин Славутського району: [біографічний нарис]. 2015. Режим доступу до ресурсу: <http://bibliotekasl.ucoz.com/novi/sabinska.pdf>.
5. Романишин О. Ю. Стан та перспективи органічного виробництва цикорію. 2016. Режим доступу до ресурсу: http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5186/1/Organik_2016_78-84.pdf.
6. Курило В.Л., Ганженко О.М., Хіврич О.Б. та ін. Методичні рекомендації з проведення передпосівного обробітку ґрунту і сівби насіння енергетичних кормових буряків. К., 2012. 16 с.
7. Погорілий Л.В. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2003. Вип. 20. С. 10–28.
8. Дубровин Валерий, Голуб Геннадий, Барановский Виктор, Теслюк Виктор Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. 2013. Vol. 15. № 3. С. 243–255.
9. Барановський В. М., Потапенко М. В. Аналіз процесів очищення вороху коренеплодів. Актуальні задачі сучасних технологій: IV Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, м. Тернопіль, 25-

26 листопада 2015 року: тези доповіді. Тернопіль, 2015. Т. 1. С. 211–213.

10. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р. Методологічні та конструктивно-технологічні аспекти розробки адаптованих коренезбиральних машин. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2014. Т. 2 (74). С. 106–113.

11. Рамш В.Ю., Барановський В.М., Паньків М.Р., Герасимчук Г.А. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів. Наукові нотатки. 2011. Вип. 31. С. 298-305.

12. Барановський В.М., Онищенко В.Б., Соломка В.О., Кропивко С.В. Напрямки вдосконалення сепаруючих робочих органів коренезбиральних машин. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2002. Т. XII. С.31-42.

13. Гевко Р.Б. Викопувальньо-очисні пристрої бурякозбиральних машин: конструювання і розрахунок. Тернопіль: Поліграфіст, 1997. 120 с.

14. Погорілий М.Л. Закономірності розвитку бурякозбиральної техніки та обґрунтування раціональних обрисів вітчизняних машин. Техніка АПК. 1999. № 3. С. 8–12.

15. Рижук С.М., Гуков Я.С., Погорілий Л.В. Система машин в АПК – концепція і стратегія розвитку. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2002. Вип. 86. С. 5–12.

16. Погорельий Л.В., Татьяна М.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. К.: Феникс, 2004. 232 с.

17. Татьяна Н.В. О вероятностном методе оптимизации систем сельскохозяйственного производства. Тр. ВИСХОМ, УкрНИИСХОМ. 1986. С. 11–20.

18. Барановський В.М. Математична модель інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. Вип. 196. Ч. 1. С. 196–204.

19. Барановский В.Н., Пидгурский Н.И., Герасимчук Г.А.

Функциональная математическая модель процесса работы адаптированной корнеуборочной машины. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Международная научно-практическая конференция г. Минск, 21-22 октября 2015 года: тезисы доклада. Минск, 2015. Т.1. С. 68–75.

20. Гевко Р.Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.20.01; Київ, 2000. 362 с.

21. Скальский А. Ю., Потапенко Н. В., Барановский В. Н. Агробиологические и физико-механические характеристики цикория корневого. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. 2016. Вып. 50. Т. 1. С. 158–162.

22. Борисюк В.О., Маковецкий К.А. Деякі біологічні особливості насіння цикорію коренеплідного. Збірник наукових праць ІЦБ УААН. 2000. С. 144–151.

23. Авдонин Н.С. Агрехимия цикория. М.: Сб. Цикорий, 1985. С. 14–17.

24. Вергунов В.А., Кузьмич В.М., Стельмах В.М. Вивчення дії гербіцидів на посівах цикорію кореневого. Науково-технічний бюлетень Хмельницької держ. с.-г. дослідної станції. 1999. № 4. С. 127 – 130.

25. Стельмах В.М. Вивчення основних розмірних параметрів і фізико-механічних характеристик цикорію кореневого. Науково-технічний бюлетень Хмельницької держ. с.-г. дослідної станції. 1996. № 4. С. 72–80.

26. Яценко А.Я., Корниенко А.В., Жужжалова Т.П. Цикорий коренеплодный. Воронеж: ВНИИСС, 2002. 135 с.

27. Яценко О.Я. Цикорий коренеплідний: Біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів: Навчальний посібник. Умань: ФІЦБ УААН, 2003. 161 с.

28. Кінах В.А., Борисюк В.О. Інтенсифікація виробництва цикорію кореневого – необхідна вимога часу. Збірник наукових праць ІЦБ УААН. 1994. С. 127–130.

29. Яценко А.О. Продуктивність цикорію коренеплідного залежно від густоти і рівномірності розміщення рослин. Збірник наукових праць, присвячений 100 – річчю з дня народження С.С .Рубіна. 2000. – С. 220 – 223.

30. Ткач О.В. Цикорій та особливості його вирощування. Рослинництво. 2004. № 3. С. 68–74.

31. Герасимчук Г. А., Барановський В. М., Виговський А. Ю., Потапенко М. В., Скальський О. Ю. Основи розробки робочих органів комбінованих систем коренезбиральних машин: [монографія]. К., 2016. 286 с.

32. Андреев А.О. Розрахунки витяжної сили агрегатів для збирання коренеплідів цикорію. Науково-технічний бюлетень. 1996. № 4. С. 56–59.

33. Кузьміч В.М., Яценко А.О. Рекомендації по вирощуванню цикорію кореневого. Самчики: ХІАВ НААНУ, 2010. 15 с.

34. Попова І.В. Обґрунтування ефективних способів гідролізу інуліну цикорію та використання гідролізатів в харчових технологіях : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.05; Київ, 2007. 17 с.

35. Борисюк В.О., Маковецький К.А., Ткач О.В. Взаємозв'язок між масою коренеплідів цикорію кореневого і вмістом у них інуліну. Збірник наукових праць ІЦБ УААН. 2000. С. 152–157.

36. Борисюк В.О., Маковецький К.А., Яценко А.О. Взаємозв'язок сухої речовини та інуліну в коренеплодах цикорію. Цукрові буряки. 2001. № 3. С. 8–9.

37. Барановський В.М. Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини. Сільськогосподарські машини. 2013. Вип. 24. С. 18–28.

38. Барановський В.М. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів гвинтово-вальцьового очисника вороху кормових буряків: дис...канд. техн. наук: спец. 05.20.01; Київ, 1996. 275 с.

39. Барановський В. М., Потапенко М. В. Вдосконалення очисних систем вороху коренеплідів. Scientific journal. Innovative solutions in modern science. 2016. № 1 (1). С. 138–146.

40. Хелемендик М.М. Підвищення механіко-технологічної ефективності трудомістких процесів у буряківництві: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.20.11; Луцьк, 1996. 33 с.

41. Труханська О.О., Серета Л.П., Кравченко І.Є., Барановський В.М. Аналіз конструктивних особливостей комбінованих очисних систем вороху коренеплодів. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2011. № 9. С. 116–126.

42. Шабельник Б.П., Мартынов В.М., Полупанов В.Н. Обобщенный критерий оптимизации рабочего процесса свеклоуборочной машины. Тракторы и сельхозмашины. 1987. № 10. С. 40–42.

43. Шабельник Б.П. Теорія і практика обґрунтування параметрів робочих органів бурякозбиральних машин. Харків, 2001. 314 с.

44. Павелчак О.Б. Розробка конструкцій та обґрунтування параметрів очисників коренеплодів: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Луцьк, 2000. 166с.

45. Гевко Р.Б. Роторные очистители корнеуборочных машин. Пути повышения эффективности свеклосахарного производства России в условиях рыночной экономики. Рамонь, 1996. С. 19–20.

46. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання. Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. 307 с.

47. Данильченко М.Г. Розробка і дослідження шнекових та роторних очисників коренеплодів бурякозбиральних комплексів: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Тернопіль, 1992. 153 с.

48. Влас Н.Є. Обґрунтування параметрів гвинтового циліндричного сепаратора з радіально зміщеними геометричними осями шнеків: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Тернопіль, 2004. 182 с.

49. Барановський В.М., Паньків М.Р., Дубчак Н.А. Аналіз процесу роботи доочисних пристроїв коренезбиральних машин. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2007. Т. 12. № 1. С. 76–81.

50. Булгаков В.М., Лінник М.К., Гурченко О.П. Розрахунок основних

параметрів технологічного процесу збирання буряків. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. 1999. Т. VI. С. 220–225.

51. Nevko R.B., Dzyura V.O., Romanovsky R.M. Mathematical model of the pneumatic-screw conveyor screw mechanism operation. INMATEH. Agricultural engineering. 2014. Vol. 44. No.3. P. 103–110.

52. Виговський А.Ю. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів комбінованого очисника вороху кормових буряків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Вінниця, 2006. 20 с.

53. Гевко Р.Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.20.01; Київ, 2000. 362 с.

54. Гевко Б.М., Вивюрка Н.Є. Конструктивно-технологічні схеми сепараційних робочих органів бурякозбиральних машин. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2000. Т. 5. №3. С. 28–33.

55. Паньків М.Р., Гевко І.Б. Експериментальні дослідження сепарації вороху коренеплодів кулачково-вальцьовим очисником. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2002. Вип. 80. С. 253–262.

56. Паньків М.Р. Транспортно-сепаруючі робочі органи бурякозбиральних машин. Сільськогосподарські машини. 2000. Вип. 7. С. 108–115.

57. Труханська О.О., Барановський В.М. Математична модель процесу контактної взаємодії коренеплодів з витком шнека комбінованої очисної системи. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 280–285.

58. Труханська О.О., Барановський В.М., Кравченко І.Є. Дослідження кута відбивання коренеплодів від поверхні витка шнека. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. № 10. Т. 2 (59). С. 89–95.

59. Барановський В.М. Механіко-технологічні основи розробки адаптованих коренезбиральних машин: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.05.11;

Тернопіль, 2013. 402 с.

60. Барановський В.М., Теслиук В.В., Онищенко В.Б. Алгоритм розробки адаптованих коренезбиральних машин. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наукових праць XVIII міжнародної наукової конференції, м. Кам'янець-Подільський, 16-18 жовтня 2017 року. Тернопіль, 2017. С. 15–18.

61. Булгаков В.М., Павелчак О.Б., Гевко Р.Б. та ін. Методика оцінки ступеня пошкодження коренеплодів коренезбиральною машиною. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2000. Т. 7. С. 14–19.

62. Булгаков В.М., Черновол М.И., Свирень Н.А. Теория свеклоуборочных машин: [монография]. Кировоград, 2009. 256 с.

63. Гевко Б.М., Данильченко М.Г., Рогатинський Р.М. та ін. Механізми з гвинтовими пристроями. Львів: Світ, 1993. 380 с.

64. Гевко Р.Б., Поліщук В.А. Вибір конструктивних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин з умови непошкодження коренеплодів Сільськогосподарські машини. Волинське відділення ІАУ. 1997. С. 109–117.

65. Пилипець М.І. Технологічні основи очистки і сортування коренеплодів. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. 1998. Т. 4. С. 354–367.

66. Пилипець М.І., Гевко І.Б., Паньків М.Р., Вивюрка Н.Є.Д ослідження очисників-сортувальників створених на основі профільних навитих заготовок. Сільськогосподарські машини. 2001. Вип. 8. С. 197–204.

67. Пилипець М.І., Гевко І.Б., Паньків М.Р. Визначення кінематичних і технологічних параметрів кулачкових транспортно-технологічних систем машин. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2000. Т. 3. № 4. С. 70–77.

68. Паньків М. Р., Барановський В. М., Соломка В. О., Кропивко С. В. Динамічний аналіз взаємодії коренеплоду з рифом еліпсного вальця. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2003. Вип. 33. С. 234—241.

69. Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет / под общ. ред. Л.В. Погорелого. К.: Техніка, 1983. 168 с.

70. Рогатинський Р.М. Моделювання процесів взаємодії шнекових робочих органів із коренебульбоплодами. Вісник Національного аграрного університету. 1997. Т. 1. С. 103–108.

71. Рогатинський Р.М. Силова взаємодія коренебульбоплодів із робочими органами шнекових очисників. Вісник Національного аграрного університету. 1997. Т. 1. С. 98–103.

72. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з продуктами сільськогосподарського виробництва: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.20.01/05.05.05; Київ, 1997. 425 с.

73. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. Львов: Выща школа, 1989. 175 с.

74. Пилипець М.І., Паньків М.Р., Барановський В.М. Аналіз співудару коренеплоду з поверхнею еліпсного вальця. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2003. Т. 8. № 4. С. 28–36.

75. Барановський В.М., Рамш В.Ю. Оптимізаційні математичні моделі процесу викопування вороху коренеплодів пасивним сферичним диском. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2008. № 12(2). С. 337–349.

76. Baranovsky V. M., Potapenko M. V. Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. INMATEH. Agricultural engineering. 2017. Vol. 51. No 1/2017. P. 29–38.

77. Барановський В.М. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів гвинтово-вальцевого очисника вороху кормових буряків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01; Київ, 1996. 17 с.

78. Барановський В.М., Войтюк Д.Г., Виговський А.Ю. Конструктивні та кінематичні параметри комбінованого очисника вороху коренеплодів. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2002. Т. 7. № 2. С. 90-94.

79. Гандзюк М.О. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів доочисника коренеплодів: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Луцьк, 2002. 163 с.

80. Дубчак Н.А. Обґрунтування параметрів і режимів роботи очисника вороху кормових буряків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Тернопіль, 2011. 20 с.

81. Дубчак Н.А., Паньків М.Р., Барановський В.М. Очисна система вороху коренеплодів. Вісник ХНТУСГ. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2007. Т. 1. Вип. 59. С. 33–36.

82. Труханська О.О. Застосування комбінованих систем очистки коренеплодів. Вібрації в техніці та технологіях в переробних і харчових виробництвах: Міжнародна науково-технічна конференція, м. Вінниця, 25-26 квітня 2013 року: тези доповіді. Вінниця, 2013. С. 53–54.

83. Паньків М.Р. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гвинтово-еліпсного очисника коренезбиральних машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Тернопіль, 2003. 19 с.

84. Паньків М.Р., Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин. Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції. Тернопіль, 2004. С. 192–198.

85. Рамш В.Ю., Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р. Технологічний розрахунок подачі вороху до очисника. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2011. № 9. С. 54–61.

86. Рамш В.Ю., Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р. Обґрунтування конструктивних параметрів жолоба очисника коренеплодів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2012. Вип. 170 (1). С. 221–228.

87. Рамш В.Ю., Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р.

Обґрунтування коефіцієнта технологічної працездатності комбінованого очисника. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. № 10. Т. 2 (59). С. 69–75.

88. Kanafojski Cz., Karwowski T. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Maszyny do zbioru ziemiopłodow. Warszawa: PWRiL, 1972. Т. 2. 233 s.

89. Bulich C. Biotechnische Einflussfaktoren auf die Köpfgualität von Zuckerrüben: inang. diss. Bonn, 1990. 153 s.

90. Mindin R.D. Calculation of mass descriptions of root crops. Proc.First. at.Cong. Appl. Mech. Chicago. 2003. p. 25–30.

91. Thompson G. Sugar Beet harvesting machine. Britich Sugar Beet Reviow. 1987. Vol. 55. № 4. P. 59.

92. Fechler P. Hinweise und Erfahrungen zur Senkung der Ernte-verluste beim Kopfen von Zuckerruben mit dem Kopflader. Landtechnik Iformation. 1977. Vol. 16. № 10. P. 170–172.

93. Барановський В.М., Дубчак Н.А., Теслюк В.В. та ін. Основи розробки комбінованих очисних систем коренезбиральних машин: [монографія]. Тернопіль, 2015. 176 с.

94. Паньків М.Р., Барановський В.М., Виговський А.Ю. Патент на корисну модель № 8017 Україна, МПК А 01D 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів. Заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. № 20041210972; заявлено 30.12.04; опубліковано 15.07.05. Бюл. № 7.

95. Барановський В.М., Паньків М.Р., Виговський А.Ю., Барановський О.В. Патент на корисну модель № 14391 Україна, МПК А01D 33/08. Очисник вороху коренеплодів. Заявник і патентовласник Національний аграрний університет. № u200510816; заявлено 15.11.05; опубліковано 15.05.06. Бюл. № 5.

96. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Дубчак Н.А., Паньків В.Р. Патент на корисну модель № 64373 Україна, МПК А01D 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів. Заявник і

патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201103197; заявлено 18.03.2011; опубліковано 10.11.2011. Бюл. № 21.

97. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Дубчак Н.А. Патент на корисну модель № 64631 Україна, МПК А01D 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201105278; заявлено 26.04.2011; опубліковано 10.11.2011. Бюл. № 21.

98. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Дубчак Н.А., Паньків В.Р. Патент на корисну модель № 64372 Україна, МПК А01D 33/08. Очисник вороху коренеплодів. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201103196; заявлено 18.03.2011; опубліковано 10.11.2011. Бюл. № 21.

99. Барановський В.М., Підгурський М.І., Труханська О.О., Паньків М.Р. Патент на корисну модель № 65050 Україна, МПК А01D 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201105238; заявлено 26.04.2011; опубліковано 25.11.2011. Бюл. № 22.

100. Кравченко І.Є., Труханська О.О., Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р. Патент на корисну модель № 74625 Україна, МПК А01D 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів. Заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. № u201103159; заявлено 19.03.2012; опубліковано 12.11.2012. Бюл. № 21.

101. Барановський В.М., Підгурський М.І., Труханська О.О., Паньків М.Р. Патент на корисну модель № 77981 Україна, МПК А01D 33/08. Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів. Заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. № u201207308; заявлено 15.06.2012; опубліковано 11.03.2013. Бюл. № 5.

102. Труханська О.О., Барановський В.М., Кравченко І.Є., Паньків М.Р., Дубчак Н.А. Патент на корисну модель № 80478 Україна, МПК А01D 33/08.

Пристрій для відокремлення домішок від коренеплодів. Заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. № u201300245; заявлено 08.01.2013; опубліковано 27.05.2013. Бюл. № 10.

103. Барановський В. М., Потапенко М. В., Паньків М. Р., Дубчак Н. А., Паньків В. Р. Патент на корисну модель № 108264 Україна, МПК А01D 33/08. Очисник вороху коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201600388; заявлено 18.01.2016; опубліковано 11.07.2016, Бюл. № 13.

104. Барановський В. М., Потапенко М. В., Паньків М. Р., Герасимчук Г. А. Патент на корисну модель № 119844 Україна, МПК А01D 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201704015; заявлено 24.04.2017; опубліковано 10.10.2017, Бюл. № 19.

105. Барановський В. М., Потапенко М. В. Комбінований очисник коренеплодів цикорію. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: X Міжнародна науково-практична конференція, м. Кіровоград, 5-6 листопада 2015 року: тези доповіді. Кіровоград, 2015. С. 11–13.

106. Гевко І. Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.05.11; Львів, 2013. 40 с.

107. Потапенко В. М. Технологічний аналіз переміщення вороху коренеплодів по робочих органах транспортно-очисної системи. Актуальні задачі сучасних технологій: V Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, м. Тернопіль, 17-18 листопада 2016 року: тези доповіді. Тернопіль, 2016. С. 309.

108. Baranovsky V. M., Pankiv M. R., Potapenko M. V. Mathematical model of functioning of the conveying and cleaning system. Науковий вісник Національного

університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 262. С. 314–322.

109. Айзерман М.А. Классическая механика. М.: Наука, 1974. 367 с.

110. Гевко Б.М. Научные основы разработки винтовых транспортирующих механизмов сельскохозяйственных машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.20.11; Ростов-на-Дону, 1987. 37 с.

111. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. Т2: Динамика. 3-е изд., исправл. М.: Наука, 1985. 496 с.

112. Біліченко М.Я. Основи теорії та розрахунки транспортних засобів механізації переміщення вантажів: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: НГУ, 2002. 102 с.

113. Валюх О.А., Максимів В.М. Елементи теорії автоматичного керування. Лінійні системи неперервної дії: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2002. 123 с.

114. Корнеев Г.В. Транспортеры и элеваторы сельскохозяйственного назначения. М.: Издательство «Машиностроительная литература», 1961. 236 с.

115. Воронков И.М. Курс теоретической механики. М.: Наука, 1964. 596 с.

116. Ярошенко В.Ф., Білоножко В.М., Петровський В.В. Уточнення коефіцієнта заповнення міжвиткового простору горизонтального транспортера. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2002. Вип. 49. С. 380–384.

117. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. К.: Урожай, 2001. 382 с.

118. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 706 с.

119. Павелчак О.Б., Ткаченко І.Г., Гладько Ю.Б. Вибір раціональних параметрів транспортера-сепаратора. Збірник наукових праць Національного

аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2000. Т. 8. С. 41–47.

121. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан – Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин / под ред. Е.С. Босого. М.: Машиностроение 1977. 568с.

122. Барановський В. М., Потапенко М. В. Математична модель продуктивності завантажувального транспортера транспортно-очисної системи Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №. 3 (98). С. 151–157.

123. Потапенко М. В. Продуктивність завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. Аграрна наука та освіта Поділля: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції, м. Кам'янець-Подільський, 14-16 березня 2017 року. Тернопіль, 2017. Ч. 2. С. 58–61.

124. Коробко М. М. Обґрунтування параметрів та режимів руху пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Київ, 2007. 20 с.

125. Вайсон А.А. Подъёмно-транспортные машины. М.: Машиностроение, 1975. 431 с.

126. Рамш В.Ю., Барановський В.М. Коефіцієнт кінематичної взаємодії коренеплоду з рифом шнека. Перша міжнародна науково-технічна конференція факультету переробних і харчових виробництв, м. Тернопіль, 19 травня 2011 року: тези доповіді. Тернопіль. 2011. С. 38.

127. Петрикович Ю.Я. Обґрунтування параметрів технологічного процесу сепарації коренеплодів цукрових буряків очисною пальчиковою гіркою: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Тернопіль, 1999. 162 с.

128. Петрикович Ю.Я. Сепаруюча здатність систем доочистки коренеплодів буряка і ефективність їх застосування в бурякозбиральних комплексах. Механізація сільськогосподарського виробництва. 1999. Т II. С. 46 –47.

129. Петрикович Ю.Я. Теоретичне обґрунтування конструктивної довжини робочого полотна очисної пальчикової гірки при її завантаженні технологічним ворохом цукрового буряка. Механізація сільськогосподарського

виробництва. 1999. Т. V. С. 64 –68.

130. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. Т1: Статика и кинематика. 4-е изд., исправл. М.: Наука, 1985. 240 с.

131. Барановський В. М., Потапенко М. В. Математична модель процесу переміщення компонента вороху коренеплодів із завантажувального транспортера на очисну гірку. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 18-19 травня 2017 року: тези доповіді. Бережани, 2017. С. 65–70.

132. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М.: Мир, 1972. 374 с.

133. Барановський В. М., Потапенко М. В. Експериментальне дослідження продуктивності завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. IV Міжнародна науково-технічна конференція «Крамаровські читання» з нагоди 110-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, член-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987), м. Київ, 16-17 лютого 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 39–42.

134. Потапенко М. В., Барановський В. М. Експериментальні дослідження коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера очисної системи. Обладнання і технології сучасного машинобудування: Всеукраїнська науково-практична конференція присвячена пам'яті заслуженому винахіднику України, академіку АН вищої школи України, доктора технічних наук, професора Нагорняка Степана Григоровича, м. Тернопіль, 11-12 травня 2017 року: тези доповіді. Тернопіль, 2017. С. 141–142.

135. Василенко П.М., Погорелый Л.В. Основы научных исследований. Механизация сельского хозяйства. К.: Вища школа, 1985. 266 с.

136. Бабицкий Л.Ф., Булгаков В.М., Войтюк Д.Г. Основы научных исследований. К.: Издательство НАУ, 1999. 205 с.

137. Погорелый Л. В., Анилович В.Я. Испытания сельскохозяйственной техники: научно-методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин: [монография]. К., 2004. 208 с.

138. Крутов В.И., Грушко И.М., Попов В.В. и др. Основы научных исследований: Учебн. пос. для техн. вузов / под ред . В.И. Крутова. М.: Высшая школа, 1989. 399 с.

139. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 415 с.

140. Адлер Ю.П., Марков Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.

141. ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. М.: 34 с.

142. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментальных исследований и обработки данных. М.: Колос, 1973. 159 с.

143. Кринецкий И.И. Основы научных исследований. К.: Вища школа, 1980. 266 с.

144. Погорелый Л.В., Брей В.В. Применение метода системного анализа при испытаниях сельскохозяйственной техники. Обзорная информ. М.: В/О "Сельхозтехника". ЦНИИТЭИ, 1976. 68 с.

145. Завалишин Ф.С., Манцев Н.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. М.: Колос, 1982. 228 с.

146. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов: [2-е изд., перераб. и доп.]. Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. 168 с.

147. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологий методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. 304 с.

148. Гуляницкий Л.Ф. Модифицированные алгоритмы вероятностного моделирования в комбинаторной оптимизации. Технология и методы решения задач прикладной математики: Сб. науч. тр. совет АН УССР по пробл. "Кибернетика". 1991. С. 10–14.

149. Потапенко М. В., Барановський В. М. Методика проведення експериментальних досліджень транспортно-очисної системи. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 18-19 травня 2017 року: тези доповіді. Бережани, 2017. С. 54–58.

150. Вальщиков Ю.Н. Производство, расчет и конструирование щеточных устройств. Л.: ЛГУ, 1974. 203 с.

151. Виговський А.Ю. Експериментальні дослідження транспортерно-гвинтового доочисника вороху коренеплодів. Техніка АПК. 2006. № 5. С. 7–12.

152. КД 46.16.01.005 – 93. Випробування сільськогосподарської техніки. Основні положення. К. 34 с.

153. Прасолов В.В. Многочлены. М.: МЦНМО, 2003. 336 с.

154. Потапенко М. В., Барановський В. М. Експериментальне дослідження коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 26-27 травня 2016 року: тези доповіді. Бережани, 2016. С. 35–37.

155. Потапенко М. В., Барановський В. М. Коефіцієнт сепарації вільних домішок завантажувального транспортера. XX наукова конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 17-18 травня 2017 року: тези доповіді. Тернопіль, 2017. С. 44–45.

156. Потапенко М. В., Барановський В. М. Результати експериментальних досліджень продуктивності роботи комбінованого очисника: [електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 2 (66). Режим доступу до статті: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8491/7941>

157. Барановський В. М., Потапенко М. В. Результати польових порівняльних досліджень транспортно-очисної системи. Аграрна наука та освіта Поділля: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної

конференції, м. Кам'янець-Подільський, 14-16 березня 2017 року. Тернопіль, 2017. Ч. 2. С. 14–17.

158. Барановський В. М., Потапенко М. В., Паньків М. Р., Герасимчук Г. А. Патент на корисну модель № 120853 Україна, МПК А01D 33/08. Транспортно-очисна система вороху коренеплодів. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201704002; заявлено 24.04.2017; опубліковано 27.11.2017, Бюл. № 22.

159. Кравченко І.Є., Барановський В.М., Підгурський М.І., Рамш В.Ю., Труханська О.О. Патент на корисну модель № 71157 Україна, МПК А01D 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів. Заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. № u201113320; заявлено 14.11.2011; опубліковано 10.07.2012. Бюл. № 13.

160. Гевко Р.Б., Гладич Б.Б., Павх І.І., Соломка Т.П. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій. Тернопіль. Видавничий відділ ТДПУ, 2002. 164 с.

161. Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. Тернопіль: Економічна думка, 2001. 61 с.

162. Четыркин Б.Н., Воцкий З.И., Поликутин Н.Г. и др. Сельскохозяйственные машины и основы эксплуатации машинно-тракторного парка: [2-е изд., перераб. и доп.]. М.: Агропромиздат, 1989. 336с.

163. Проценко О.О., Паламарчук В.І., Козачук А.М. та ін. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків: [2-е вид., перероб. і доп.] / за ред. О.О. Проценка. К.: Урожай, 1987. 264 с.

164. Оценка рыночной стоимости машин и оборудования. Серия “Оценочная деятельность”. Учебно-практическое пособие. М.: Дело, 2003. 240 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія:

1. Герасимчук Г. А., Барановський В. М., Виговський А. Ю., **Потапенко М. В.**, Скальський О. Ю. Основи розробки робочих органів комбінованих систем коренезбиральних машин: [монографія]. К., 2016. 286 с. *(Здобувачем проведено аналіз секундних подач складових компонентів домішок вороху коренеплодів).*

Статті у фахових виданнях України:

2. Baranovsky V. M., Pankiv M. R., **Potapenko M. V.** Mathematical model of functioning of the conveying and cleaning system. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 262. С. 314–322. *(Здобувачем розроблено математичну модель процесу переміщення та відокремлення компонента домішок вороху коренеплодів по робочих органах очисної системи).*

3. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Результати експериментальних досліджень продуктивності роботи комбінованого очисника: [електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 2 (66). Режим доступу до статті: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8491/7941> *(Здобувачем розроблено емпіричну модель продуктивності роботи комбінованого очисника очисної системи).*

4. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Математична модель продуктивності завантажувального транспортера транспортно-очисної системи Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №. 3 (98). С. 151–157. *(Здобувачем розроблено математичну модель продуктивності роботи завантажувального транспортера очисної системи).*

Статті в збірниках праць наукових конференцій:

5. Потапенко М. В. Продуктивність завантажувального транспортера

транспортно-очисної системи. Аграрна наука та освіта Поділля: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції, м. Кам'янець-Подільський, 14-16 березня 2017 року. Тернопіль, 2017. Ч. 2. С. 58–61.

6. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Результати польових порівняльних досліджень транспортно-очисної системи. Аграрна наука та освіта Поділля: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції, м. Кам'янець-Подільський, 14-16 березня 2017 року. Тернопіль, 2017. Ч. 2. С. 14–17. *(Здобувачем проведено аналіз показників якості роботи удосконаленої та базової машини).*

Статті у рецензованих закордонних виданнях:

7. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Вдосконалення очисних систем вороху коренеплодів. Scientific journal. Innovative solutions in modern science. 2016. № 1 (1). С. 138–146. *(Здобувачем проведено аналіз технологічний процесів і робочих органів очисників вороху коренеплодів; запропоновано удосконалений комбінований очисник очисної системи).*

8. Baranovsky V. M., **Potapenko M. V.** Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. INMATEH. Agricultural engineering. 2017. Vol. 51. No 1/2017. P. 29–38. *(Здобувачем отримано аналітичні залежності, які характеризують подачу вороху коренеплодів до завантажувального транспортера).*

Стаття у закордонному виданні:

9. Скальський А. Ю., **Потапенко Н. В.**, Барановский В. Н. Агробиологические и физико-механические характеристики цикория корневого. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. 2016. Вып. 50. Т. 1. С. 158–162. *(Здобувачем проведено аналіз фізико-механічних властивостей коренеплодів цикорію).*

Тези наукових доповідей:

10. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Комбінований очисник коренеплодів цикорію. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації

сільськогосподарської техніки: X Міжнародна науково-практична конференція, м. Кіровоград, 5-6 листопада 2015 року: тези доповіді. Кіровоград, 2015. С. 11–13. *(Здобувачем запропоновано удосконалену схему комбінованої очисної системи).*

11. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Аналіз процесів очищення вороху коренеплодів. Актуальні задачі сучасних технологій: IV Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, м. Тернопіль, 25-26 листопада 2015 року: тези доповіді. Тернопіль, 2015. Т. 1. С. 211–213. *(Здобувачем проведено аналіз способів і операцій очищення вороху коренеплодів від домішок).*

12. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Експериментальне дослідження коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 26-27 травня 2016 року: тези доповіді. Бережани, 2016. С. 35–37. *(Здобувачем отримано рівняння регресії коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера).*

13. Потапенко В. М. Технологічний аналіз переміщення вороху коренеплодів по робочих органах транспортно-очисної системи. Актуальні задачі сучасних технологій: V Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, м. Тернопіль, 17-18 листопада 2016 року: тези доповіді. Тернопіль, 2016. С. 309.

14. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Експериментальне дослідження продуктивності завантажувального транспортера транспортно-очисної системи. IV Міжнародна науково-технічна конференція «Крамаровські читання» з нагоди 110-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, член-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987), м. Київ, 16-17 лютого 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 39–42. *(Здобувачем отримано рівняння регресії продуктивності завантажувального транспортера).*

15. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Експериментальні дослідження

коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера очисної системи. Обладнання і технології сучасного машинобудування: Всеукраїнська науково-практична конференція присвячена пам'яті заслуженому винахіднику України, академіку АН вищої школи України, доктора технічних наук, професора Нагорняка Степана Григоровича, м. Тернопіль, 11-12 травня 2017 року: тези доповіді. Тернопіль, 2017. С. 141–142. *(Здобувачем отримано рівняння регресії коефіцієнта сепарації вільних домішок завантажувального транспортера).*

16. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Методика проведення експериментальних досліджень транспортно-очисної системи. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 18-19 травня 2017 року: тези доповіді. Бережани, 2017. С. 54–58. *(Здобувачем розроблено методичку проведення експериментальних досліджень і проведено аналіз функціональної зміни коефіцієнта сепарації завантажувального транспортера).*

17. **Потапенко М. В.**, Барановський В. М. Коефіцієнт сепарації вільних домішок завантажувального транспортера. XX наукова конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 17-18 травня 2017 року: тези доповіді. Тернопіль, 2017. С. 44–45. *(Здобувачем розроблено методичку проведення експериментальних досліджень і проведено аналіз функціональної зміни коефіцієнта сепарації завантажувального транспортера від його параметрів).*

18. Барановський В. М., **Потапенко М. В.** Математична модель процесу переміщення компонента вороху коренеплодів із завантажувального транспортера на очисну гірку. Актуальні питання енергетики та біотехнологій: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Бережани, 18-19 травня 2017 року: тези доповіді. Бережани, 2017. С. 65–70. *(Здобувачем розроблено математичну модель, яка характеризує дальність польоту компонента вороху коренеплодів цикорію із завантажувального транспортера на очисну гірку).*

Патенти України на корисні моделі:

19. Барановський В. М., **Потапенко М. В.**, Паньків М. Р., Дубчак Н. А., Паньків В.Р. Патент на корисну модель № 108264 Україна, МПК А01D 33/08. Очисник вороху коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201600388; заявлено 18.01.2016; опубліковано 11.07.2016, Бюл. № 13. *(Здобувачем запропоновано шнек у вигляді пустотілого гвинтового циліндра).*

20. Барановський В. М., **Потапенко М. В.**, Паньків М. Р., Герасимчук Г. А. Патент на корисну модель № 119844 Україна, МПК А01D 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201704015; заявлено 24.04.2017; опубліковано 10.10.2017, Бюл. № 19. *(Здобувачем запропоновано форму спіральних витків правої та лівої системи шнеків).*

21. Барановський В. М., **Потапенко М. В.**, Паньків М. Р., Герасимчук Г. А. Патент на корисну модель № 120853 Україна, МПК А01D 33/08. Транспортно-очисна система вороху коренеплодів. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201704002; заявлено 24.04.2017; опубліковано 27.11.2017, Бюл. № 22. *(Здобувачем запропоновано конструктивно-технологічну схему комбінованого очисника).*

Додаток Б1.1

Таблиця 1.Б1.1 – Агробіологічні та фізико-механічні характеристики коренеплодів цикорію кореневого

Показники	Відстань між коренеплодами, S_p , см				
	0...10	10...20	20...30	30...40	40...50
Маса коренеплоду, P_k , г	300	363	408	449	503
Діаметр коренеплоду, d_k , мм	54,0	60,1	62,6	64,3	85,0
Довжина коренеплоду, l_k , мм	221	235	245	254	266
Середня площа живлення, S_n , см ²	225	675	1125	1575	2025
Відношення сторін прямокутника площі живлення, k	0,11	0,33	0,56	0,78	1,00
Теоретична густина рослин, C , тис.шт./га	444,4	148,1	88,9	63,5	49,4
Урожайність коренеплодів, $U_k = C P_k$, т/га	13,3	53,8	36,3	28,5	24,9
Середнє питоме навантаження на розрив коренеплоду, кг/см ²	5,5...8,4				

Додаток Б2.2

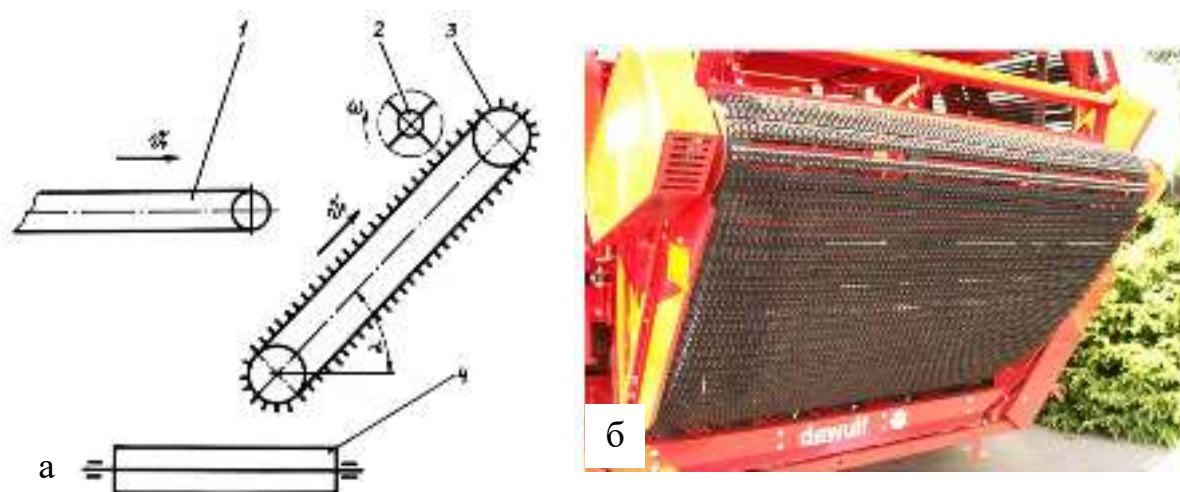


Рисунок 1.Б2.2. – Схема гірки: а) конструктивна; б) загальний вигляд;
1 – транспортер; 2 – бітер; 3 – гірка; 4 – приймальний транспортер

Додаток Б3.2

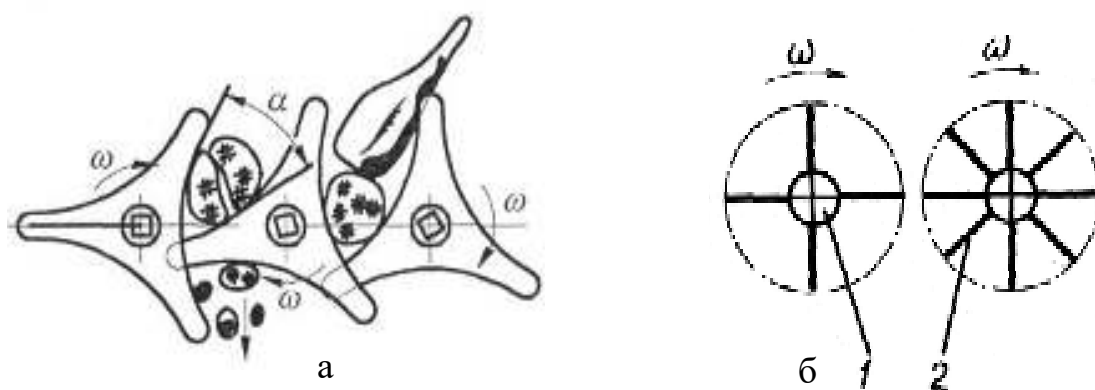


Рисунок 1.Б3.2 – Конструктивні схеми очисників: а) кулачковий очисник; б) лопатевий очисник

Додаток Б4.2

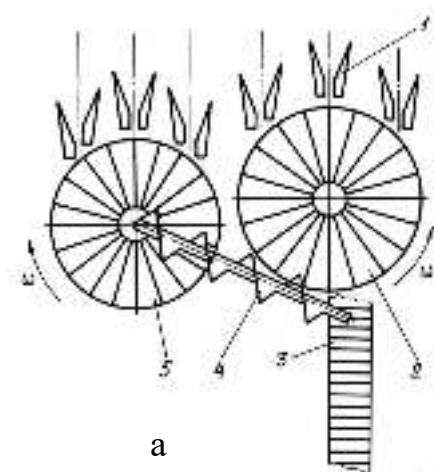


Рисунок 1.Б4.2 – Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) копача коренеплодів з роторним очисником: 1 - лемішні копачі; 2, 5 – решітні роторні диски; 3 – утворений валок коренеплодів; 4 – гвинт

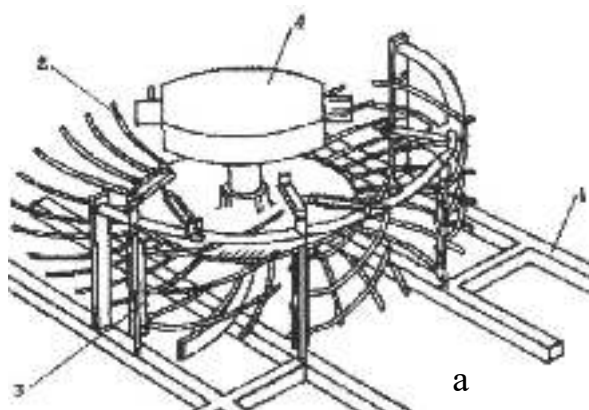


Рисунок 2.Б4.2 – Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) однороторного очисника: 1 – рама; 2 – очисний ротор; 3 – обмежуючі направляючі решітки; 4 – редуктор приводу

Додаток Б5.3



Продовження додатку Б5.3



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108264** (13) **U**
(51) МПК
A01D 33/08 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 00388	(72) Винахідник(и): Барановський Віктор Миколайович (UA), Поталенко Микола Валентинович (UA), Паньків Марія Романівна (UA), Дубчак Наталія Андріївна (UA), Паньків Віталій Романович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.01.2016	(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(24) Дата, з якої починає права на корисну модель: 11.07.2016	
(46) Публікація відомостей про видану патенту: 11.07.2016, Бюл. № 13	

(54) ОЧИСНИК ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ**(57) Реферат:**

Очисник вороху коренеплодів цикорію містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, осі яких розміщено на нижній гілці еліпса та які утворюють простір жолоба робочого русла. У просторі жолоба робочого русла над правою та лівою системами шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи. Очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта.

UA 108264 U

Продовження додатку Б5.3

UA 108264 U

Корисна модель належить до галузі сільськогосподарського машинобудування, особливо до пристроїв для відокремлення домішок від коренеплодів.

Відомий очисник вороху коренеплодів, який виконаний у вигляді паралельно розташованих вальців круглого перерізу, що несуть спіральну навітку, кут нахилу якої збільшується в сторону

5 віхірних кінців вальців (патент Російської Федерації № 2021664, МПК² А01D 33/08. Опубл. 30.10.94. Бюл. № 20).

До недоліків цього пристрою належить те, що він не забезпечує необхідного відокремлення ґрунту та рослинних залишків від коренеплодів у зв'язку з відсутністю відповідних конструктивних елементів, які здатні здійснювати ці прийоми.

10 Відомий очисник вороху коренеплодів цикорію, який містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, осі яких розміщено на нижній гілці еліпса та які утворюють простір жолоба робочого русла (деклараційний патент України № 39356 А, МПК² А01D 33/08. Опубл. 15.06.2001. Бюл. № 5).

15 Недоліком відомого очисника вороху коренеплодів є незадовільне відокремлення напиллого ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів і низька продуктивність його роботи.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення інтенсивності відокремлення напиллих ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів і продуктивності її роботи.

20 Поставлена задача вирішується тим, що очисник вороху коренеплодів цикорію містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, осі яких розміщено на нижній гілці еліпса та які утворюють простір жолоба робочого русла, причому в просторі жолоба робочого русла над правою та лівою системами шнеків і вздовж них на деякій відстані від систем шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді

25 пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, причому очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта.

Суть корисної моделі пояснюють креслення.

На фіг. 1 зображений очисник вороху коренеплодів цикорію, вигляд спереду.

На фіг. 2 - приводний гвинт і очисний вал, вигляд зверху.

30 Очисник вороху коренеплодів цикорію складається з транспортно-очисних робочих органів, які виконано у вигляді правої 1 та лівої 2 системи шнеків 3 круглого перерізу, осі 4 обертання яких знаходяться на нижній гілці 5 еліпса, при цьому розташовані шнеки 3 утворюють жолоб робочого русла.

35 Над правою 1 та лівою 2 системами шнеків 3 і вздовж них встановлено горизонтальний приводний гвинт 6, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах 7. Витками 8 приводного гвинта 6 є навіта по гвинтовій лінії труба 9 круглого перерізу, яку закріплено збоку опор 7 на фланці 10. Гвинт 6 за допомогою веденої зірочки 11 приводу 12 обертається назустріч руху надходження вороху коренеплодів з кутовою швидкістю ω_{12} . У порожнині пустотілого гвинтового циліндра або гвинта 6 розміщено

40 горизонтальний приводний очисний вал 13, на трубі 14 якого закріплено пружні очисні елементи 15, причому приводний очисний вал 13 змонтовано консольно на опорах 16, які розміщено з протилежного боку консольних опор 7 гвинта 6. Очисний вал 13 за допомогою веденої зірочки 17 приводу 18 обертається назустріч руху гвинта 6 з кутовою швидкістю ω_{18} . За рахунок виконання окремих приводів 12 і 18 відповідно, гвинта 6 і очисного вала 13 можна незалежно

45 один від одного регулювати числові значення кутових швидкостей обертання ω_{12} гвинта 6 і ω_{18} очисного вала 13, що значно підвищує очисний ефект відокремлення напиллого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів.

Очисник вороху коренеплодів працює наступним чином.

50 Ворох, який складається з коренеплодів цикорію, рослинних і ґрунтових домішок надходить на праву 1 та ліву 2 системи шнеків 3, заповнюючи простір жолоба робочого русла очисника. При цьому домішки проходять в зазор між робочою поверхнею шнеків 3 і нижнім торцем очисних пружних елементів 15, а коренеплоди надходять на шнеки 3, допоки опір пружних очисних елементів 15. Одночасно спіральні витки шнеків 3 і витки 8 приводного гвинта 6, взаємодіючи з коренеплодами, пересувають їх в одну сторону, тобто знімають їх з правої 1 та

65 лівої 2 систем шнеків 3, при цьому спостерігаються випадки спізудару коренеплодів і грудок землі з спіральними витками шнеків 3 і витками 8 приводного гвинта 6. Рухаючись вздовж жолоба робочого русла, тобто осей 4 обертання шнеків 3, ворох коренеплодів інтенсивно очищується від домішок шляхом їх просіювання через зазори між валами шнеків 3. Грудки землі руйнуються і вся силуча земля і рослинні домішки просіюються через зазори між валами шнеків 3. Крім цього пружні очисні елементи 15 приводного очисного вала 13 взаємодіють на тіло

Продовження додатку Б5.3

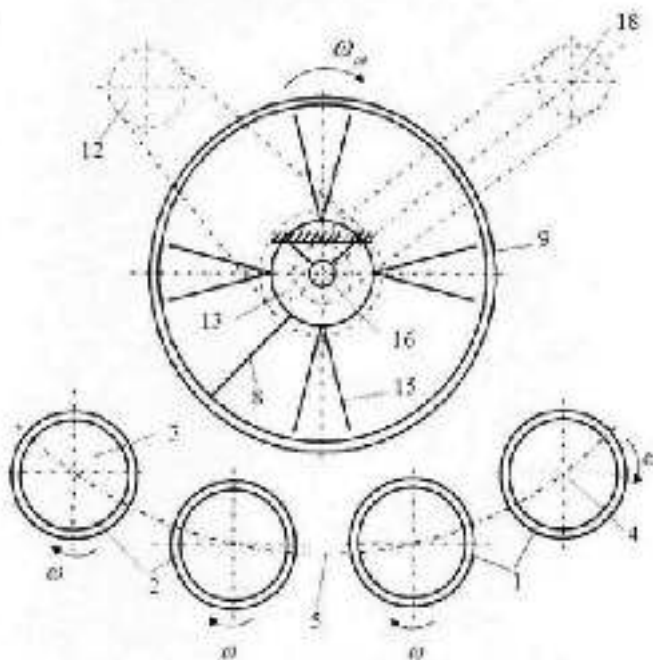
UA 108264 U

коренеплодів, очищаючи при цьому їх поверхню від налиплого ґрунту. Очищені коренеплоди спіральними витками 4 шнеків 3 і витками 8 приводного гвинта 6 подаються далі.

Таким чином, за рахунок встановлення горизонтального приводного очисного вала 8 з очисними пружними елементами 15, відбувається інтенсифікація процесу відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів, а за рахунок встановлення горизонтального приводного гвинта 13 - підвищення продуктивності роботи очисника вороху коренеплодів цукорію.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

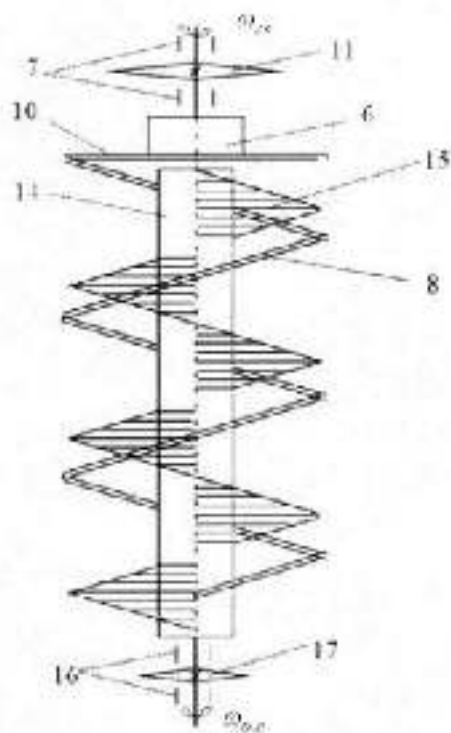
Очисник вороху коренеплодів цукорію, що містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, всі яких розміщено на нижній гілці еліпса та які утворюють простір жолоба робочого русла, який відрізняється тим, що в просторі жолоба робочого русла над правою та лівою системами шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, при цьому очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта.



Фіг. 1

Продовження додатку Б5.3

UA 108264 U



Фіг. 2

Корисною є версія Л. Цванозьки

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Головної, 1, м. Київ – 49, 01601

Додаток Б6.3



Продовження додатку Б6.3



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119844** (13) **U**
 (51) МПК
A01D 33/08 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 04015	(72) Винахідник(и): Барановський Віктор Миколайович (UA), Потапенко Микола Валентинович (UA), Паньків Марія Романівна (UA), Герасимчук Галина Андріївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 24.04.2017	(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 48001 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.10.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.10.2017, Бюл.№ 19	

(54) КОМБІНОВАНИЙ ОЧИСНИК ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ**(57) Реферат:**

Комбінований очисник вороху коренеплодів цикорію містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді циліндричного барабана, несучою спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижньому витку еліпса, які утворюють простір жолоба робочого русла, а в просторі жолоба робочого русла над правою та лівою системами шнеків і вздовж них на деякій відстані від правої та лівої систем шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта. Спіральні витки лівої та правої систем шнеків круглого перерізу виготовлено з клиновидного паса у формі правильної чотирикутної зрізаної піраміди, яку закріплено до циліндричного барабана шнека нижньою основою.

UA 119844 U

Продовження додатку Б6.3

UA 119844 U

Корисна модель належить до галузі сільськогосподарського машинобудування, особливо до пристроїв для відокремлення домішок від коренеплодів.

Відомий комбінований очисник вроху коренеплодів, який містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, несучих спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса та які утворюють простір жолоба робочого руслу (деклараційний патент України № 39358 А, МПК² А01D 33/08, Опубл. 15.08.2001, Бюл. № 5).

Недоліком відомого очисника вроху коренеплодів є незадовільне відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів і низька продуктивність його роботи.

Відомий комбінований очисник вроху коренеплодів цикорію, який містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді барабана, несучого спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса, які утворюють простір жолоба робочого руслу, а в просторі жолоба робочого руслу над правою та лівою системою шнеків і вздовж них на деякій відстані від правої та лівої системи шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта (патент України № 108264, МПК² А01D 33/08 Опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13/2016).

Недоліком відомого очисника вроху коренеплодів є значні пошкодження коренеплодів спіральними витками шнеків у процесі поздовжнього переміщення коренеплодів приводним гвинтом по робочих поверхнях спіральних витків.

В основу корисної моделі поставлено задачу зменшення пошкодження коренеплодів, шляхом виконання комбінованого очисника вроху коренеплодів цикорію, який містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді лівої та правої систем шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді барабана, несучого спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса, які утворюють простір жолоба робочого руслу, а в просторі жолоба робочого руслу під правою та лівою системою шнеків і вздовж них на деякій відстані від правої та лівої системи шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта, причому спіральні витки лівої та правої системи шнеків круглого перерізу виготовлено з клиновидного паса у формі правильної чотирикутної зрізаної піраміди, яку закріплено до циліндричного барабана шнека нижньою основою.

На фіг. 1 зображений комбінований очисник вроху коренеплодів цикорію, вигляд спереду, на фіг. 2 - приводний гвинт і очисний вал, вигляд зверху, на фіг. 3 шнек, вигляд спереду.

Комбінований очисник вроху коренеплодів цикорію складається з транспортно-очисних робочих органів, які виконано у вигляді правої 1 та лівої 2 системи шнеків 3 круглого перерізу, осі 4 обертання яких знаходяться на нижній гілці еліпса. При цьому розташовані шнеки 3 круглого перерізу утворюють жолоб робочого руслу. Шнеки 3 круглого перерізу виконано у вигляді циліндричного барабана 6, на якому по гвинтовій лінії закріплено спіральні витки 7. Спіральні витки 7 виготовлено з клиновидного паса у формі правильної чотирикутної зрізаної піраміди 8, яку закріплено до циліндричного барабана 6 шнека 3 нижньою основою 9. Шнеки 3 обертаються в одну сторону з кутвою швидкістю ω_1 .

Над правою 1 та лівою 2 системою шнеків 3 і вздовж них встановлено горизонтальний приводний гвинт 10, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах 11. Витками 12 приводного гвинта 10, є навіта по гвинтовій лінії труба 13 круглого перерізу, яку закріплено з боку опор 11 на фланці 14. Приводний гвинт 10 за допомогою веденої зірочки 15 приводу 16 обертається назустріч руху надходження вроху коренеплодів з кутвою швидкістю ω_2 . У порожнині пустотілого гвинтового циліндра або приводного гвинта 10 розміщено горизонтальний приводний очисний вал 17, на трубі 18 якого закріплено пружні очисні елементи 19, причому приводний очисний вал 17 змонтовано консольно на опорах 20, які розміщено з протилежного боку консольних опор 11 приводного гвинта 10. Очисний вал 17 за допомогою веденої зірочки 21 приводу 22 обертається назустріч руху приводного гвинта 10 з кутвою швидкістю ω_3 . За рахунок виконання окремих приводів 16 і 22, відповідно, приводного гвинта 10 і очисного вала 17 можна незалежно один від одного регулювати числові значення куткових швидкостей обертання ω_1 гвинта 10 і ω_3 очисного вала 17,

Продовження додатку Б6.3

UA 119844 U

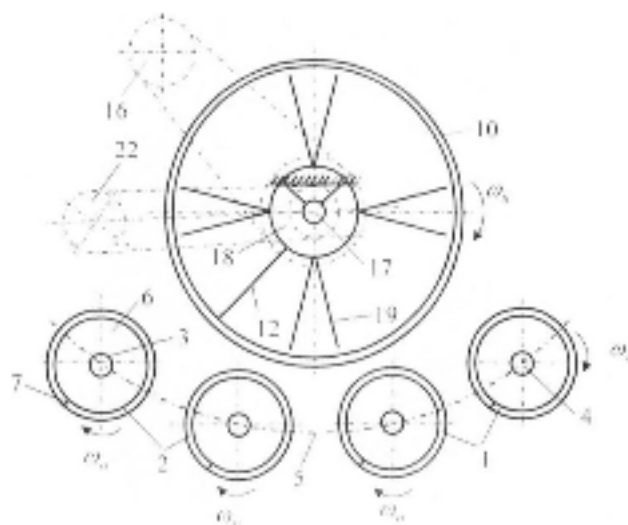
що значно підвищує очисний ефект відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів.

Очисник вороху коренеплодів працює наступним чином.

- Ворох, який складається з коренеплодів цикурію, рослинних і ґрунтових домішок надходить на транспортно-очисні органи правої 1 та лівої 2 системи шнеків 3 круглого перерізу, заповнюючи простір жолоба робочого русла очисника. При цьому домішки проходять в зазор між робочою поверхнею шнеків 3 і нижнім торцем очисних пружних елементів 19, а коренеплоди надходять на шнеки 3, долаючи опір пружних очисних елементів 19. Одночасно спіральні витки 7 шнеків 3 і витки 12 приводного гвинта 10, взаємодіючи з коренеплодами, переміщують їх в одну сторону, тобто знімають їх з правої 1 та лівої 2 системи шнеків 3, при цьому спостерігаються випадки співудару коренеплодів і грудок землі зі спіральними витками 7 шнеків 3 і витками 12 приводного гвинта 10. Рухаючись вздовж жолоба робочого русла, тобто осей 4 обертання шнеків 3, ворох коренеплодів інтенсивно очищується від домішок шляхом їх просіювання через зазори між циліндричними барабанами 6 шнеків 3. Грудки землі руйнуються і вся сипуча земля і рослинні домішки просіюються через зазори між циліндричними барабанами 6 шнеків 3. Крім того, пружні очисні елементи 19 приводного очисного вала 17 взаємодіють на тіло коренеплодів, очищаючи при цьому їх поверхню від налиплого ґрунту. Очищені коренеплоди спіральними витками 7 шнеків 3 і витками 12 приводного гвинта 10 подаються далі.
- Таким чином, за рахунок виготовлення спіральних витків 7 шнеків 3 з клиновидного паса у формі правильної чотирикутної зрізаної піраміди 8, яку закріплено до циліндричного барабана 6 шнеків 3 нижньою основою 9 відбувається зменшення пошкодження коренеплодів у процесі їх переміщення витками 12 приводного гвинта по поверхні спіральних витків 7 шнеків 3.

25 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

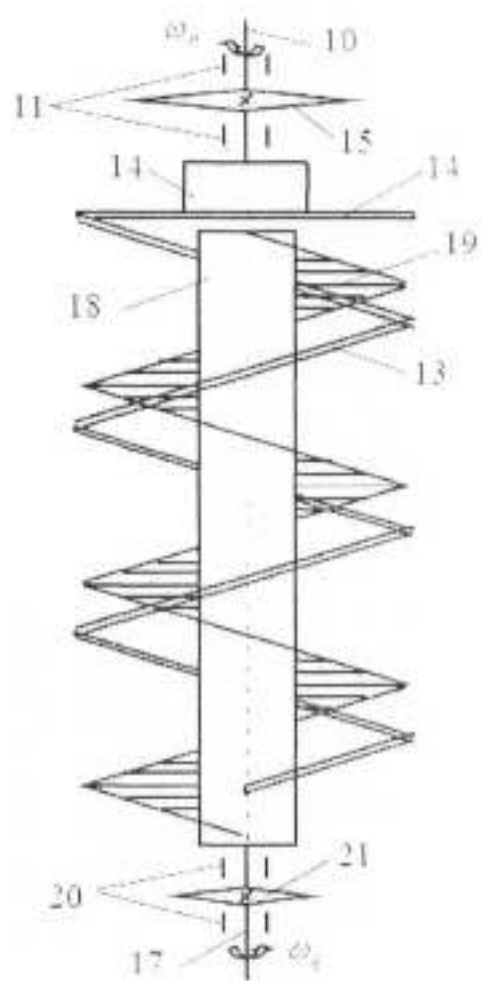
- Комбінований очисник вороху коренеплодів цикурію, який містить транспортно-очисні органи, виконані у вигляді правої та лівої систем шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді циліндричного барабана, несучого спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній площі еліпса, які утворюють простір жолоба робочого русла, а в просторі жолоба робочого русла над правою та лівою системою шнеків і вздовж них на деякій відстані від правої та лівої систем шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта, який відрізняється тим, що спіральні витки лівої та правої системи шнеків круглого перерізу виготовлено з клиновидного паса у формі правильної чотирикутної зрізаної піраміди, яку закріплено до циліндричного барабана шнека нижньою основою.



Фіг. 1

Продовження додатку Б6.3

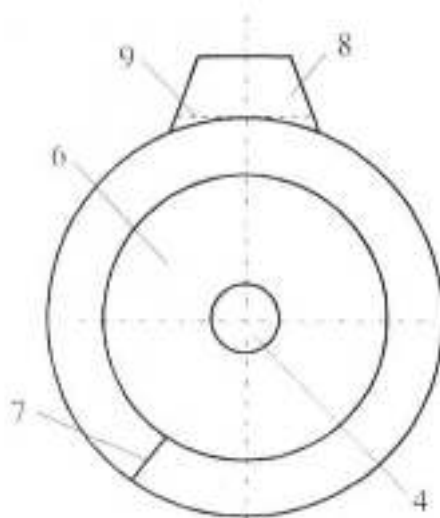
UA 119844 U



Фиг. 2

Продовження додатку Б6.3

UA 119844 U



Фиг. 3

Комп'ютер за адресою Л. Бурлака

Міністерство економічного освіти і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01009, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Гладицька, 1, м. Київ - 42, 01001

Додаток Б7.3



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120853** (13) **U**
(51) МПК
A01D 33/08 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2017 04002	(72) Винахідник(и)	Барановський Віктор Миколайович (UA), Поталенко Микола Валентинович (UA), Паньків Марія Романівна (UA), Герасимчук Галина Андріївна (UA)
(22) Дата подання заявки:	24.04.2017	(73) Власник(и):	ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Гуська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(24) Дата, з якої є чинним перевіряти корисну модель:	27.11.2017		
(46) Публікація відомостей про вхідну патенту:	27.11.2017, Бюл.№ 22		

(64) ТРАНСПОРТНО-ОЧИСНА СИСТЕМА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ**(57) Резюме:**

Транспортно-очисна система вороху коренеплодів, містить праву та ліву систем шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді барабана, несучого спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса, які утворюють простір жолоба робочого русла, а в просторі жолоба робочого русла та вздовж нього на деякій відстані від правої та лівої систем шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта. З торцевої частини правої та лівої систем шнеків круглого перерізу встановлено очисну гірку, яку розміщено під гострим кутом до горизонту, а над і вздовж приводного гвинта встановлено завантажувальний транспортер.

UA 120853 U

Продовження додатку Б7.3

UA 120853 U

Корисна модель належить до галузі сільськогосподарського машинобудування, особливо до пристроїв для відокремлення домішок від коренеплодів.

Відома транспортно-очисна система пороку коренеплодів, яка містить ліву та праву систему шнеків круглого перерізу, несучих спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса та які утворюють простір жолоба робочого русла (деклараційний патент України № 39356 А, МПК⁸ А01D 33/08, Опубл. 15.06.2001, Бюл. № 5).

Недоліком відомої транспортно-очисної системи вороху коренеплодів, є незадовільне відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів.

Відома транспортно-очисна система пороку коренеплодів, яка містить праву та ліву систему шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді барабана, несучого спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса, які утворюють простір жолоба робочого русла, а в просторі жолоба робочого русла та вздовж нього на деякій відстані від правої та лівої системи шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта (патент України № 108284, МПК⁸ А01D 33/08, Опубл. 1.07.2016, Бюл. № 13/2016).

Недоліком відомої транспортно-очисної системи вороху коренеплодів, є незадовільне відокремлення домішок від коренеплодів у складних умовах роботи значної забур'яненості посівів коренеплодів і надмірної вологості ґрунту.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення кількості відокремлення домішок від коренеплодів.

Задача вирішується шляхом виконання транспортно-очисної системи вороху коренеплодів, яка містить праву та ліву системи шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді барабана, несучого спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса, які утворюють простір жолоба робочого русла, а в просторі жолоба робочого русла та вздовж нього на деякій відстані від правої та лівої систем шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта, причому з торцевої частини правої та лівої систем шнеків круглого перерізу встановлено очисну гірку, яку розміщено під гострим кутом до горизонту, а над і вздовж приводного гвинта встановлено завантажувальний транспортер.

На фіг. 1 зображено транспортно-очисну систему пороку коренеплодів, вигляд спереду, на фіг. 2 - таж саме, вигляд збоку.

Транспортно-очисна система вороху коренеплодів складається з правої 1 та лівої 2 систем шнеків 3 круглого перерізу. Осі 4 обертання шнеків 3 розташовано на нижній гілці еліпса 5, а права 1 та ліва 2 системи шнеків 3 утворюють простір жолоба робочого русла 6. Над правою 1 та лівою 2 системами шнеків 3 і вздовж них встановлено горизонтальний приводний гвинт 7, який виконано у вигляді пустотілого і гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорі 8. Витками 9 приводного гвинта 7, а навита по гвинтовій лінії труба 10 круглого перерізу, яку закріплено збоку опори 8 на фланці 11. У порожнині пустотілого гвинтового циліндра або приводного гвинта 7 розміщено горизонтальний приводний очисний вал 12, на трубі 13 якого закріплено пружні очисні елементи 14, причому приводний очисний вал 12 змонтовано консольно на опорі 15, яку розміщено з протилежного боку консольної опори 8 приводного гвинта 7. З торцевої частини 16 правої 1 та лівої 2 систем шнеків 3 круглого перерізу, або зони початку руху вороху коренеплодів встановлено очисну гірку 17, яку розміщено під гострим кутом а до горизонту. Над і вздовж приводного гвинта 7 встановлено завантажувальний транспортер 18.

Транспортно-очисна система вороху коренеплодів працює наступним чином.

Виконаний ворох коренеплодів, який складається з коренеплодів, рослинних і ґрунтових домішок подається завантажувальним транспортером 18 на очисну гірку 17, де відбувається попереднє відокремлення вільного ґрунту та вільних рослинних залишків від коренеплодів. Недосочищений ворох коренеплодів з нижньої частини сходу очисної гірки 17 надходить до торцевої частини 16 правої 1 та лівої 2 систем шнеків 3 круглого перерізу, заповнюючи простір жолоба робочого русла 6. При цьому домішки проходять в зазор між робочою поверхнею шнеків 3 і нижнім торцем очисних пружних елементів 14, а коренеплоди надходять на шнеки 3, долучаючи опір пружних очисних елементів 14. Одночасно спіральні витки шнеків 3 і витки 9

Продовження додатку Б7.3

UA 120853 U

приводного гвинта 7, взаємодіючи з коренеплодами, пересувають їх в одну сторону, тобто знімають їх з правої 1 та лівої 2 систем шнеків 3. Рухаючись вздовж колаба робочого русла 8, тобто осей 4 обертання шнеків 3, ворох поросплодів інтенсивно очищується від домішок шляхом їх просіювання через зазори між валами шнеків 3. Крім того пружні очисні елементи 14

приводного очисного вала 12 взаємодіють на тіло коренеплодів, очищаючи при цьому їх поверхню від налиплого ґрунту. Очищені коренеплоди спіральними витками шнеків 3 і витками 9

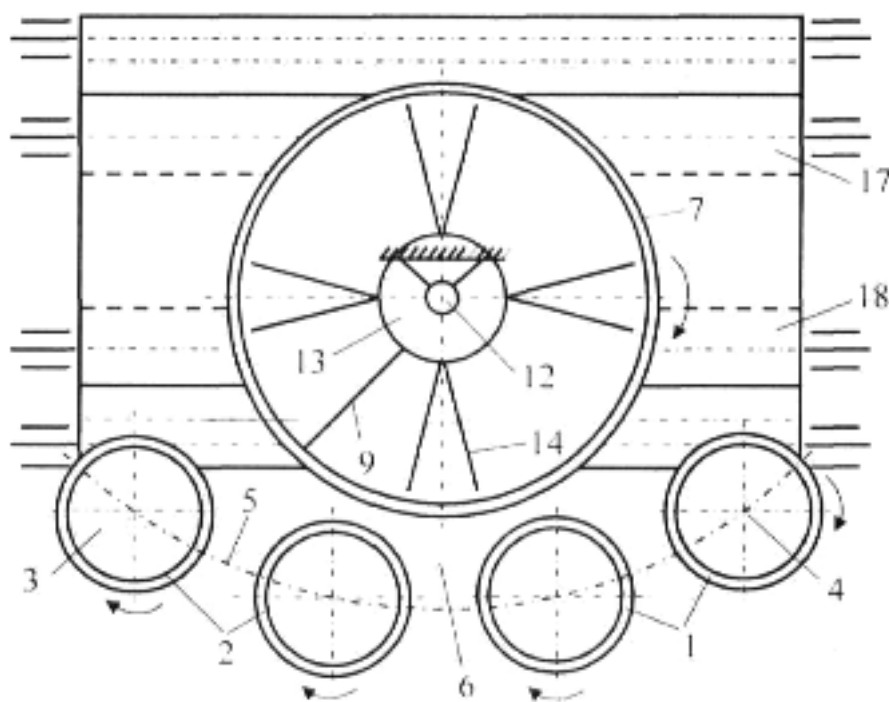
10

Таким чином, за рахунок встановлення завантажувального транспортера 18 та очисної гірки 17 відбувається додаткова інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Транспортно-очисна система вороху коренеплодів, яка містить праву та ліву системи шнеків круглого перерізу, які виконано у вигляді барабана, несучого спіральні витки, а осі обертання шнеків розміщено на нижній гілці еліпса, які утворюють простір жолоба робочого русла, а в просторі жолоба робочого русла та вздовж нього на деякій відстані від правої та лівої систем шнеків встановлено приводний гвинт, який виконано у вигляді пустотілого гвинтового циліндра, змонтованого консольно на опорах, а в порожнині пустотілого гвинтового циліндра розміщено приводний очисний вал, на трубі якого по гвинтовій лінії закріплено пружні очисні елементи, а очисний вал змонтовано консольно на опорах, які розміщено з протилежного боку консольних опор приводного гвинта, яка відрізняється тим, що з торцевої частини правої та лівої систем шнеків круглого перерізу встановлено очисну гірку, яку розміщено під гострим кутом до горизонту, а над і вздовж приводного гвинта встановлено завантажувальний транспортер.

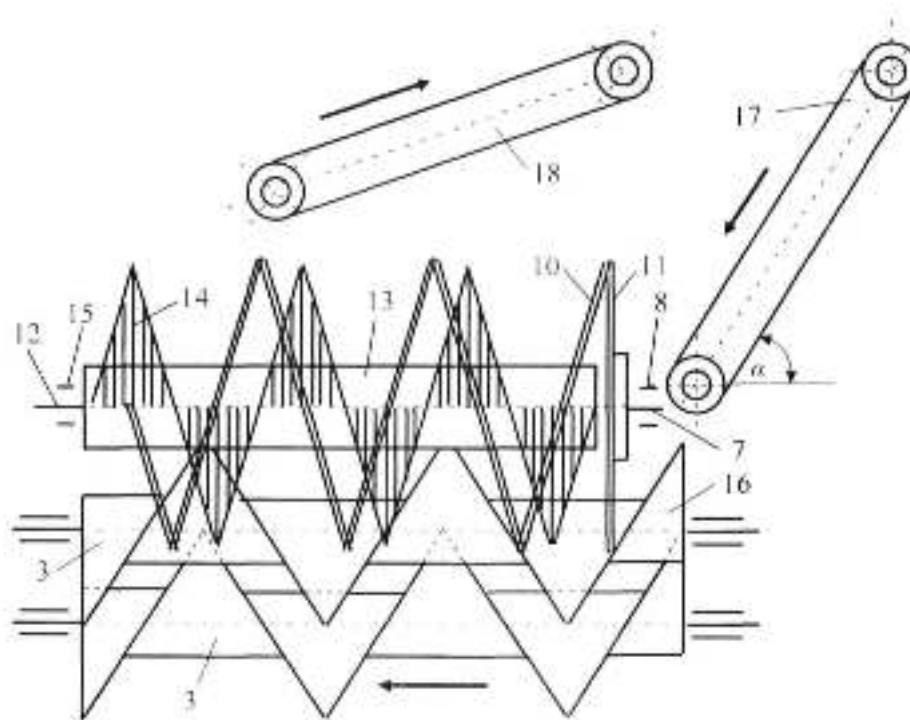
20



Фіг. 1

Продовження додатку Б7.3

UA 120853 U



Фиг. 2

Комп'ютерна версія О. Рибка

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01068, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1 м. Київ 42, 01501

Додаток В1.1

Порядок перетворення та спрощення залежності (2.7)

$$\begin{aligned}
W_O(t_o) &\geq W_Q(t_q)/k_o(t_o) \geq W_Z(t_z)/k_q(t_q) \geq W_{II}(t_n)/k_z(t_z); \\
W_K(t_n)/k_n(t_n)k_z(t_z)k_q(t_q)k_o(t_o) &\geq W_K(t_n)/k_n(t_n)k_z(t_z)k_q(t_q)k_o(t_o) \geq \\
&\geq W_K(t_n)/k_n(t_n)k_z(t_z)k_q(t_q) \geq W_K(t_n)/k_n(t_n)k_z(t_z); \\
[k_n(t_n)k_z(t_z)k_q(t_q)k_o(t_o)]^{-1} &\geq [k_n(t_n)k_z(t_z)k_q(t_q)k_o(t_o)]^{-1} \geq \\
&\geq [k_n(t_n)k_z(t_z)k_q(t_q) \geq k_n(t_n)k_z(t_z)]^{-1}; \\
\frac{1}{k_z(t_z)k_q(t_q)k_o(t_o)} &\geq \frac{1}{k_z(t_z)k_q(t_q)k_o(t_o)} \geq \frac{1}{k_z(t_z)k_q(t_q)} \geq \frac{1}{k_z(t_z)}; \\
\frac{1}{k_q(t_q)k_o(t_o)} &\geq \frac{1}{k_q(t_q)} \geq 1; \\
\frac{k_q(t_q)}{k_q(t_q)k_o(t_o)} &\geq \frac{k_q(t_q)}{k_q(t_q)} \geq k_q(t_q); \\
\frac{1}{k_o(t_o)} &\geq k_q(t_q) \geq 1
\end{aligned}$$

Додаток В2.2

Порядок перетворення та спрощення залежності (2.30)

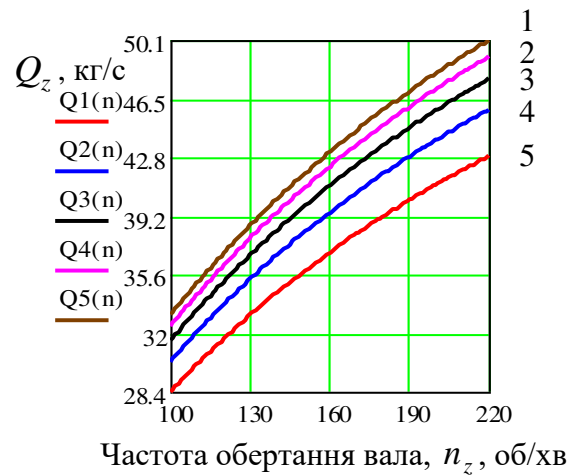
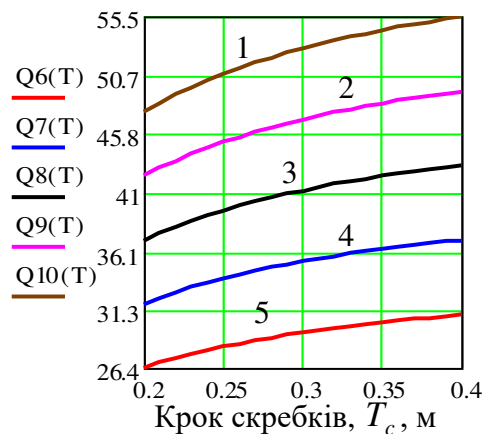
$$\begin{aligned}
h_{v.max} &= B_z \frac{\theta\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g}\right) - tg\varepsilon}{\theta\left(\frac{1,2 + f_m}{1 + f_m^2}\right) f_m} = \frac{B_z}{f_m} \frac{\theta\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g}\right) - tg\varepsilon}{\theta\left(\frac{1,2 + f_m}{1 + f_m^2}\right)} = \\
&= \frac{B_z}{f_m} \frac{\left[\theta\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g}\right) - tg\varepsilon\right] (1 + f_m^2)}{\theta(1,2 + f_m)} = \\
&= \frac{B_z}{f_m} \frac{\left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g}\right) - \frac{tg\varepsilon}{\theta}\right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta}\right)}{(1,2 + f_m)}
\end{aligned}$$

Додаток В3.2

Порядок перетворення та спрощення залежності (2.31)

$$\begin{aligned}
 Q_z &= B_z h_v \frac{D_z k_{V_z}}{2} \frac{d\varphi_z}{dt} \rho_k k_n \psi'(1 - \lambda_z) = B_z h_v \frac{D_z k_{V_z}}{2} \frac{d\varphi_z}{dt} \rho_k k_n \psi'\left(1 - \frac{\delta_c}{T_c}\right) = \\
 &= B_z \frac{B_z}{f_m} \frac{\left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg\varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta} \right)}{(1,2 + f_m)} \frac{D_z k_{V_z}}{2} \frac{d\varphi_z}{dt} \rho_k \psi'\left(1 - \frac{\delta_c}{T_c}\right) = \\
 &= \frac{B_z^2}{f_m} \frac{\left[\left(f_m + \frac{\tau_0}{h_c \rho_k g} \right) - \frac{tg\varepsilon}{\theta} \right] \left(\frac{1 + f_m^2}{\theta} \right)}{(1,2 + f_m)} D_z k_{V_z} \frac{d\varphi_z}{dt} \rho_k \psi'\left(1 - \frac{\delta_c}{T_c}\right)
 \end{aligned}$$

Додаток В4.2

Рисунок 1.В4.2 – Залежність зміни продуктивності як функціонал $Q_z = f(n_z)$:1, 2, 3, 4, 5 – відповідно, $T_c = 0,2; 0,25; 0,3; 0,35$ і $0,4$ (м)Рисунок 2.В4.2 – Залежність зміни продуктивності як функціонал $Q_z = f(T_c)$:1, 2, 3, 4, 5 – відповідно, $\varepsilon = 0; 15; 20; 30; 45$ град.

Додаток В5.2

Порядок перетворення та спрощення залежності (2.42)

$$\begin{aligned}
& m_k k_{V_z} \frac{dV_{z.m}}{dt} + m_k g \sin \varepsilon - N_k f_v - \mu_z m_k g f_m = \\
& = m_k k_{V_z} \frac{dV_{z.m}}{dt} + m_k g \sin \varepsilon - m_k g \cos \varepsilon f_v - \mu_z m_k g f_m = . \\
& = m_k g \left(\frac{k_{V_z}}{g} \frac{dV_{z.m}}{dt} + \sin \varepsilon - \cos \varepsilon f_v - \mu_z f_m \right) = 0 \\
& \frac{k_{V_z}}{g} \frac{dV_{z.m}}{dt} + \sin \varepsilon - \cos \varepsilon f_v - \mu_z f_m = 0 . \\
& \frac{dV_{z.m}}{dt} = (f_v \cos \varepsilon + \mu_z f_m - \sin \varepsilon) \frac{g}{k_{V_z}} .
\end{aligned}$$

Додаток В6.3

Порядок перетворення та спрощення рівняння (2.50)

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{k_f g} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) \left(1 - \frac{1}{e^{k_f g \eta}} \right) - \frac{1}{k_f} = 0; \\
& \frac{1}{k_f g} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} - \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon \frac{1}{e^{k_f g \eta}} - \frac{1}{k_f} \frac{1}{e^{k_f g \eta}} \right) - \frac{1}{k_f} = 0; \\
& \frac{1}{k_f g} \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f g} \frac{1}{k_f} - \frac{1}{k_f g} \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon \frac{1}{e^{k_f g \eta}} - \\
& - \frac{1}{k_f g} \frac{1}{k_f} \frac{1}{e^{k_f g \eta}} - \frac{1}{k_f} = 0; \\
& \frac{1}{k_f g} \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f^2 g} - \frac{1}{k_f g} \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon \frac{1}{e^{k_f g \eta}} - \\
& - \frac{1}{k_f^2 g} \frac{1}{e^{k_f g \eta}} - \frac{1}{k_f} = 0; \\
& \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f g} - \frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon \frac{1}{e^{k_f g \eta}} - \frac{1}{e^{k_f g \eta}} - g = 0; \\
& \frac{1}{e^{k_f g \eta}} \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f} \right) - \frac{1}{k_f} = 0
\end{aligned}$$

Додаток В7.3

Порядок перетворення та спрощення залежності 2.82

$$\begin{aligned}
l_{kX} &= \frac{\left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z}\right)^2 \sin 2\varepsilon}{2gk_f \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{1}{k_f}\right)} + \frac{D_z k_{V_z}}{2k_f g \left(\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 1\right)} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2}\right) \frac{d\varphi_z}{dt} = \\
&= \frac{R_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + \left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}\right)} \left[\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(1 - e^{-k_f g t_2}\right)}{k_f}\right] = \frac{R_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + \left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}\right)} \times \\
&\times \left[\frac{\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(1 - e^{-k_f g \left(\frac{m_k \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g}\right)}\right)}\right)}{k_f}}{\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}}{k_f}} \right] = \frac{R_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + \left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}\right)} \times \\
&\times \left[\frac{\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(1 - e^{-\frac{k_f g m_k \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g}\right)}{\mu_f}}\right)}{k_f}}{\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}}{k_f}} \right] = \frac{R_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + \left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}\right)} \times \\
&\times \left[\frac{\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(1 - e^{-\frac{k_f g m_k}{\mu_f}}\right)}{k_f}}{\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{\left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}}{k_f}} \right] = \\
&= \frac{R_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(R_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + \left(\frac{d\varphi_z}{dt}\right)^{-1}\right)} \left[\frac{d\varphi_z}{dt} R_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \left(1 - \frac{d\varphi_z}{dt} \frac{R_z \mu_f}{m_k g}\right) \frac{1 - e^{-\frac{k_f g m_k}{\mu_f}}}{k_f} \right]
\end{aligned}$$

Додаток В8.3

Порядок перетворення та спрощення залежності 2.83

$$\begin{aligned}
l_{kX} &= \frac{\pi^2 n_z^2 D_z^2 k_{V_z}^2 \sin \varepsilon \cos \varepsilon}{120 g k_f \left(\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon + \frac{60}{k_f} \right)} + \\
&+ \frac{\pi n_z D_z k_{V_z}}{k_f g \left(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-k_f g t_2} \right) = \\
&= \frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \left[\frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon}{120} + \frac{\left(1 - e^{-k_f g t_2} \right)}{k_f} \right] = \\
&= \frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \left[\frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon}{120} + \frac{\left(1 - e^{-k_f g \left(-\frac{m_k}{\mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right)} \right)} \right)}{k_f} \right] = \\
&= \frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \left[\frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon}{120} + \frac{\left(1 - e^{-k_f g \frac{m_k}{\mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right)} \right)}{k_f} \right] = \\
&= \frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \cos \varepsilon}{g \left(\pi n_z D_z k_{V_z} k_f \sin \varepsilon + 60 \right)} \left[\frac{\pi n_z D_z k_{V_z} \sin \varepsilon}{120} + \left(1 - \frac{\pi n_z D_z \mu_f}{60 m_k g} \right) \frac{1 - e^{-k_f g \frac{m_k}{\mu_f}}}{k_f} \right]
\end{aligned}$$

Додаток В9.3

Порядок перетворення та спрощення залежності 2.84

$$\begin{aligned}
y_2 &= \frac{m_k g}{\mu_f} \left[t_2 + \frac{m_k}{\mu_f} \left(e^{\frac{-\mu_f}{m_k} t_2} - 1 \right) \right] = \\
&= \frac{m_k g}{\mu_f} \left[-\frac{m_k}{\mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right) + \frac{m_k}{\mu_f} \left(e^{\frac{-\mu_f}{m_k} \left(-\frac{m_k}{\mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right) \right)} - 1 \right) \right] = \\
&= \frac{m_k g}{\mu_f} \left[-\frac{m_k}{\mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right) + \frac{m_k}{\mu_f} \left(e^{\frac{-\mu_f}{m_k} \left(-\frac{m_k}{\mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right) \right)} - 1 \right) \right] = \\
&= \left[-\frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right) - \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} \left(e^{\frac{\mu_f m_k}{m_k \mu_f} \ln \left(1 - \frac{V_{koy} \mu_f}{m_k g} \right)} - 1 \right) \right] = \\
&= \frac{m_k^2 g}{\mu_f^2} \left(1 - e^{\left(1 - \frac{d\varphi_z R_z \mu_f}{dt m_k g} \right)} \right)
\end{aligned}$$

Додаток Г1.1

Таблиця 1.Г1.1 – Коротка технічна характеристика установки

Найменування показників	Значення
Швидкість руху завантажувального транспортера, м/с	1,2...2,0
Ширина зазору між прутками транспортера, см	4,5
Ширина завантажувального транспортера, м	0,9
Висота скребків завантажувального транспортера, м	0,15
Крок скребків завантажувального транспортера, м	0,3
Кут нахилу транспортера до горизонту, град.	15...55
Швидкість руху робочої гілки пальчикової гірки, м/с	1,2...1,8
Кут нахилу очисної пальчикової гірки до горизонту, град.	40...60
Діаметр приводного гвинта, м	0,4...0,7
Частота обертання приводного гвинта, об/хв	50...150
Крок приводного гвинта, м	0,25
Діаметр очисних пружних елементів, м	0,35...0,65
Крок очисних пружних елементів, м	0,2
Частота обертання очисних пружних елементів, об/хв	100...600
Діаметр поздовжнього шнека, м	0,18
Крок поздовжнього шнека, м	0,2
Частота обертання поздовжнього шнека, об/хв	50...750
Ширина сепаруючого зазору між парами валів шнеків, м	0,035...0,05
Радіус дуги жолоба робочого русла, м	0,60...0,85

Додаток Г2.1



Рисунок 1.Г2.1 – Загальний вигляд коренезбиральної машини МКП-4

Додаток Г3.1



Вигляд спереду



Вигляд збоку

Рисунок 1.Г3.1 – Загальний вигляд удосконаленої коренезбиральної машини

Додаток Г4.1

Таблиця 1.Г4.1 – Технічна характеристика модернізованої та базової коренезбиральної машини

Показники технічної характеристики	Значення показників	
	Модернізована	Базова
Тип машини	Причіпна	
Агрегаткування	МТЗ – 82, Т – 70С	
Швидкість руху, м/с	1,5	
Ширина захвату, м	1,35	
Кількість рядків, які викопуються, шт.	3	
Діаметр викопувального диска, см	45,0	
Кут атаки диска, град.	30,0	
Глибина ходу диска, см	12,0 ± 0,5	
Швидкість руху приймального транспортера, м/с	1,6	
Кут нахилу приймального транспортера до горизонту, град.	20	
Швидкість руху завантажувального транспортера, м/с	1,6	
Кут нахилу завантажувального транспортера до горизонту, град.	45	
Крок скребків завантажувального транспортера, м	0,3	
Швидкість руху полотна очисної пальчикової гірки, м/с	1,3	
Кут нахилу гірки до горизонту, град.	50	
Діаметр поздовжнього шнека, м	0,2	0,2
Крок поздовжнього шнека, м	0,25	0,25
Висота рифа поздовжнього шнека, м	0,04	0,04
Кількість заходів поздовжнього шнека, шт.	1	1
Діаметр приводного гвинта, м	0,6	-
Крок приводного гвинта, м	0,25	-
Кутова швидкість обертання гвинта, рад/с	7,5	-
Діаметр приводного вала, м	0,5	-
Кутова швидкість обертання приводного вала, рад/с	45,0	-
Швидкість руху вивантажувального транспортера, м/с	1,6	
Маса машини, кг	1440,0	1350,0

Додаток Г5.2

Таблиця 1.Г5.2 – План-матриця проведення двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2

№ досл.	Рівні факторів			Взаємодія факторів	Параметр оптимізації, Q_{ze}, k_{ze}, Q_{oe}			Середнє значення Q_{ze}, k_{ze}, Q_{oe}
					Повторюваність			
	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	1	2	3	
1, 10, 19	+1	-1	-1	+1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{1c}
2, 11, 20	+1	+1	-1	-1	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{2c}
3, 12, 21	+1	0	-1	0	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{3c}
4, 13, 22	+1	-1	+1	-1	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{4c}
5, 14, 23	+1	+1	+1	+1	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{5c}
6, 15, 24	+1	0	+1	0	Y_{61}	Y_{62}	Y_{63}	Y_{6c}
7, 16, 25	+1	-1	0	0	Y_{71}	Y_{72}	Y_{73}	Y_{7c}
8, 17, 26	+1	+1	0	0	Y_{81}	Y_{82}	Y_{83}	Y_{8c}
9, 18, 27	+1	0	0	0	Y_{91}	Y_{92}	Y_{93}	Y_{9c}

Таблиця 2.Г5.2 – Некомпозиційна план-матриця Бокса-Бенкіна експерименту типу ПФЕ 3^3

№ досл.	Рівні факторів				Взаємодія факторів			Параметр оптимізації
	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	k_{oe}, P_{ke}
1	+1	+1	+1	0	+1	0	01	Y_1
2	+1	+1	-1	0	-1	0	0	Y_2
3	+1	-1	+1	0	-1	0	0	Y_3
4	+1	-1	-1	0	+1	0	0	Y_4
5	+1	0	0	0	0	0	0	Y_5
6	+1	+1	0	+1	0	+1	0	Y_6
7	+1	+1	0	-1	0	-1	0	Y_7
8	+1	-1	0	+1	0	-1	0	Y_8
9	+1	-1	0	-1	0	+1	0	Y_9
10	+1	0	0	0	0	0	0	Y_{10}
11	+1	0	+1	-1	0	0	-1	Y_{11}
12	+1	0	+1	-1	0	0	-1	Y_{12}
13	+1	0	-1	+1	0	0	-1	Y_{13}
14	+1	0	-1	-1	0	0	+1	Y_{14}
15	+1	0	0	0	0	0	+1	Y_{15}

Таблиця 3.Г5.2 – Рандомізована план-матриця експерименту типу ПФЕ 3^2

№ досл.	Рівні факторів			Взаємодія факторів	Параметр оптимізації, Q_{ze}, k_{ze}, Q_{oe}			Середнє значення
					Повторюваність			
	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	1	2	3	Q_{ze}, k_{ze}, Q_{oe}
7, 16, 25	+1	-1	0	0	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{1c}
4, 13, 22	+1	-1	+1	-1	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{2c}
8, 17, 26	+1	+1	0	0	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{3c}
1, 10, 19	+1	-1	-1	+1	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{4c}
9, 18, 27	+1	0	0	0	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{5c}
3, 12, 21	+1	0	-1	0	Y_{61}	Y_{62}	Y_{63}	Y_{6c}
5, 14, 23	+1	+1	+1	+1	Y_{71}	Y_{72}	Y_{73}	Y_{7c}
6, 15, 24	+1	0	+1	0	Y_{81}	Y_{82}	Y_{83}	Y_{8c}
2, 11, 20	+1	+1	-1	-1	Y_{91}	Y_{92}	Y_{93}	Y_{9c}

Таблиця 4.Г5.2 – Рандомізована некомпозиційна план-матриця Бокса-Бенкіна експерименту типу ПФЕ 3^3

№ досл.	Рівні факторів				Взаємодія факторів			Значення
	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	
4	+1	-1	-1	0	+1	0	0	Y_4
8	+1	-1	0	+1	0	-1	0	Y_8
6	+1	+1	0	+1	0	+1	0	Y_6
2	+1	+1	-1	0	-1	0	0	Y_2
9	+1	-1	0	-1	0	+1	0	Y_9
11	+1	0	+1	-1	0	0	-1	Y_{11}
14	+1	0	-1	-1	0	0	+1	Y_{14}
12	+1	0	+1	-1	0	0	-1	Y_{12}
1	+1	+1	+1	0	+1	0	0	Y_1
3	+1	-1	+1	0	-1	0	0	Y_3
7	+1	+1	0	-1	0	-1	0	Y_7
10	+1	0	0	0	0	0	0	Y_{10}
15	+1	0	0	0	0	0	+1	Y_{15}
13	+1	0	-1	+1	0	0	-1	Y_{13}
5	+1	0	0	0	0	0	0	Y_5

Додаток Г6.2



Рисунок 1.Г6.2 – Загальний вигляд польової установки в роботі

Таблиця 1.Г6.2 – Характеристика культури та залікової ділянки

Найменування показників	Значення показників
Сорт коренеплодів цикорію	«Уманський 99»
Врожайність коренеплодів, ц/га	185,0
Кількість бур'янів на 1 м ² , шт./кг/м ²	до 10/1,1
Діаметр коренеплодів, см	6,2...11,5
Співвідношення між групами коренеплодів (дрібні/середні/великі) за масою	35,5/54,0/10,5
Тип ґрунту і назва за механічним складом	Чорнозем опідзолений, легкосуглинковий
Рельєф поля	Рівнинний
Мікрорельєф ділянки	Рівний
Вологість ґрунту у шарі від 0 до 12 см, %	18,2
	21,5
	24,6
Щільність ґрунту в шарі від 0 до 12 см, МПа	0,9±0,1

Додаток Г7.3



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ТОВАРИСТВО
З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ВЕРБІВ» С. ВЕРБІВ, БЕРЕЖАНСЬКИЙ
РАЙОН, ТЕРНОПІЛЬСЬКА ОБЛАСТЬ

ДОВІДКА

Видана Потапенку Миколі Валентиновичу, старшому викладачу кафедри енергетики і автоматики Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут» про те, що він з 12 вересня по 21 жовтня 2016 року проводив експериментальні польові дослідження технологічних показників (продуктивності роботи і коефіцієнтів відокремлення домішок) транспортно-очисної системи з використанням лабораторної установки та порівняльні польові дослідження модернізованої та базової коренезбиральної машини з визначення показників якості їх роботи під час збирання дослідних посівів коренеплодів цикорію кореневого сорту «Уманський-99».

Директор
сільськогосподарського
ТОВ «Вербів»



В. Г. Макар

Додаток Д1.1

Таблиця 1.Д1.1 – Результати дослідження M_z , M_{zd} та w_z за вологості ґрунту $w_p = 18 \pm 1\%$

№ експ.	Фактори		M_z / M_{zd} , кг				w_z , кг			
	ε , град.	n_z , об/хв	Повторності			M_{cz} / M_{czd}	Повторності			w_{cz}
			M_{1z}	M_{2z}	M_{3z}		w_{1z}	w_{2z}	w_{3z}	
7, 16, 25	30	90	215	190	210	205/82	55	50	54	53
4, 13, 22	30	110	235	255	245	245/98	67	71	69	69
8, 17, 26	60	90	120	115	110	115/46	23	21	19	21
1, 10, 19	30	70	140	140	150	145/58	22	22	25	23
9, 18, 27	45	90	165	155	160	160/66	18	16	17	17
3, 12, 21	45	70	90	110	105	100/40	12	15	13	14
5, 14, 23	60	110	130	140	120	130/52	26	27	25	26
6, 15, 24	45	110	180	180	195	185/74	43	43	46	44
2, 11, 20	60	70	80	70	75	75/30	9	7	8	8

Таблиця 2.Д1.1 – Результати дослідження M_z , M_{zd} та w_z за вологості ґрунту $w_p = 21 \pm 1\%$

№ експ.	Фактори		M_z / M_{zd} , кг				w_z , кг			
	ε , град.	n_z , об/хв	Повторності			M_{cz} / M_{czd}	Повторності			w_{cz}
			M_{1z}	M_{2z}	M_{3z}		w_{1z}	w_{2z}	w_{3z}	
7, 16, 25	30	90	235	210	230	225/90	70	65	69	68
4, 13, 22	30	110	255	275	265	265/106	83	87	85	85
8, 17, 26	60	90	140	135	130	135/54	31	30	29	30
1, 10, 19	30	70	160	160	170	165/66	32	32	35	33
9, 18, 27	45	90	185	175	180	180/72	48	46	47	47
3, 12, 21	45	70	110	130	125	120/48	19	24	23	22
5, 14, 23	60	110	150	160	140	150/60	36	37	35	36
6, 15, 24	45	110	200	200	215	205/82	56	56	59	57
2, 11, 20	60	70	100	90	95	95/38	14	12	13	13

Таблиця 3.Д1.1 – Результати дослідження M_z , M_{zd} та w_z за вологості ґрунту $w_p = 24 \pm 1\%$

№ експ.	Фактори		M_z / M_{zd} , кг				w_z , кг			
	ε , град.	n_z , об/хв	Повторності			M_{cz} / M_{czd}	Повторності			w_{cz}
			M_{1z}	M_{2z}	M_{3z}		w_{1z}	w_{2z}	w_{3z}	
7, 16, 25	30	90	250	225	245	240/96	55	50	54	53
4, 13, 22	30	110	270	290	280	280/112	65	69	67	67
8, 17, 26	60	90	155	150	145	150/60	22	21	20	21
1, 10, 19	30	70	175	175	190	180/72	21	21	24	22
9, 18, 27	45	90	205	190	195	195/78	36	34	35	35
3, 12, 21	45	70	125	145	140	135/54	11	16	15	14
5, 14, 23	60	110	165	175	155	165/66	26	27	25	26
6, 15, 24	45	110	215	215	230	220/88	43	43	46	44
2, 11, 20	60	70	115	105	110	110/44	8	6	7	7

Додаток Д2.1

Таблиця 1.Д2.1 – Результати дослідження $Q_{ze}^{(18)}$ та $k_{ze}^{(18)}$ за вологості ґрунту $w_p = 18 \pm 1 \%$

№ експ.	Фактори		$Q_{ze}^{(18)}$, кг/с				$k_{ze}^{(18)}$			
	ε , град.	n_z , об/хв	Повторності			$Q_{c.ze}^{(18)}$	Повторності			$k_{c.ze}^{(18)}$
			$Q_{1ze}^{(18)}$	$Q_{2ze}^{(18)}$	$Q_{3ze}^{(18)}$		$k_{1ze}^{(18)}$	$k_{2ze}^{(18)}$	$k_{3ze}^{(18)}$	
7, 16, 25	30	180	43	38	42	41	0,76	0,73	0,76	0,65
4, 13, 22	30	220	47	51	49	49	0,79	0,81	0,8	0,7
8, 17, 26	60	180	24	23	22	23	0,56	0,55	0,54	0,45
1, 10, 19	30	140	28	28	31	29	0,49	0,49	0,52	0,4
9, 18, 27	45	180	34	31	31	33	0,67	0,64	0,64	0,55
3, 12, 21	45	140	18	22	21	20	0,47	0,43	0,45	0,35
5, 14, 23	60	220	26	28	24	26	0,65	0,6	0,55	0,5
6, 15, 24	45	220	36	36	39	37	0,65	0,65	0,8	0,6
2, 11, 20	60	140	16	15	14	15	0,4	0,35	0,3	0,25

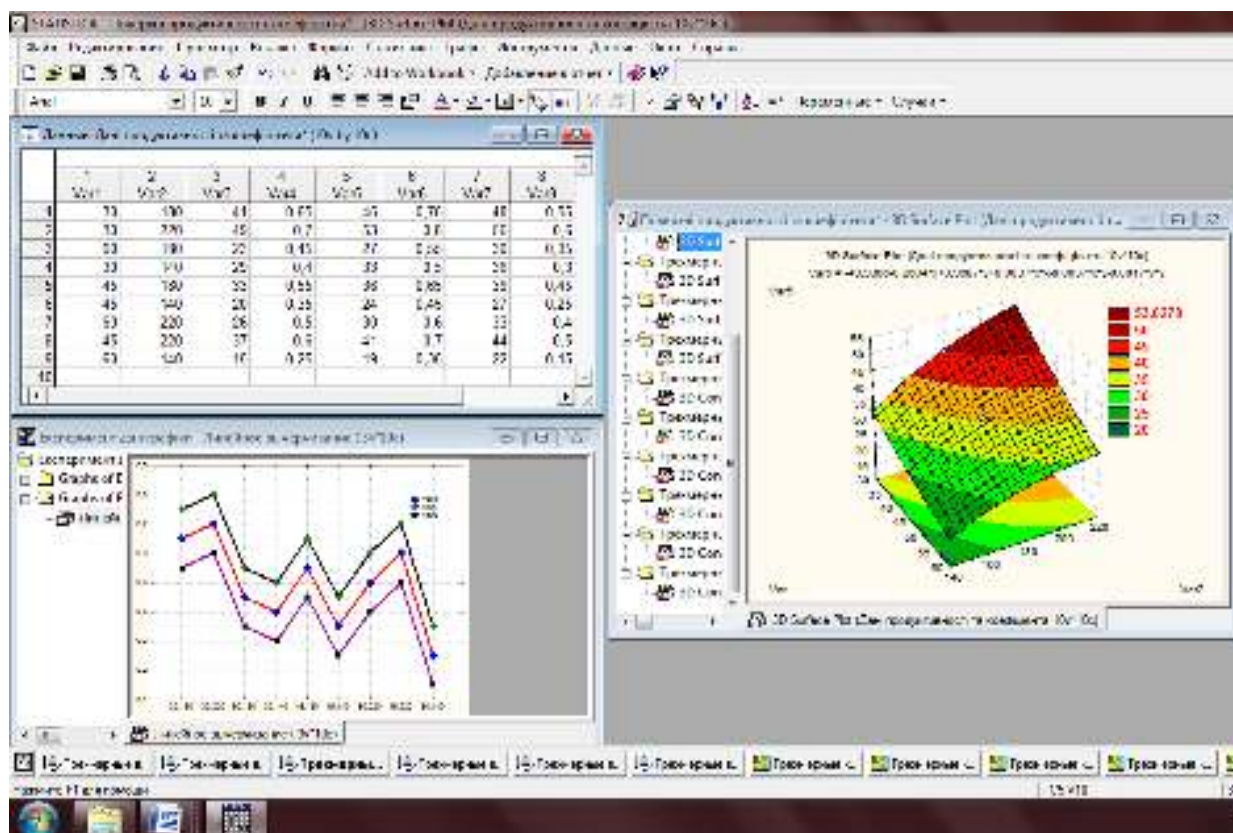
Таблиця 2.Д2.1 – Результати дослідження $Q_{ze}^{(21)}$ та $k_{ze}^{(21)}$ за вологості ґрунту $w_p = 21 \pm 1 \%$

№ експ.	Фактори		$Q_{ze}^{(21)}$, кг/с				$k_{ze}^{(21)}$			
	ε , град.	n_z , об/хв	Повторності			$Q_{c.ze}^{(21)}$	Повторності			$k_{c.ze}^{(21)}$
			$Q_{1ze}^{(21)}$	$Q_{2ze}^{(21)}$	$Q_{3ze}^{(21)}$		$k_{1ze}^{(21)}$	$k_{2ze}^{(21)}$	$k_{3ze}^{(21)}$	
7, 16, 25	30	180	47	42	46	45	0,76	0,73	0,76	0,75
4, 13, 22	30	220	51	55	53	53	0,79	0,81	0,8	0,8
8, 17, 26	60	180	28	27	26	27	0,56	0,55	0,54	0,55
1, 10, 19	30	140	32	32	35	33	0,49	0,49	0,52	0,5
9, 18, 27	45	180	38	35	35	36	0,67	0,64	0,64	0,65
3, 12, 21	45	140	22	26	25	24	0,47	0,43	0,45	0,45
5, 14, 23	60	220	30	32	28	30	0,65	0,6	0,55	0,6
6, 15, 24	45	220	40	40	43	41	0,65	0,65	0,8	0,7
2, 11, 20	60	140	20	19	18	19	0,4	0,35	0,3	0,35

Таблиця 3.Д2.1 – Результати дослідження $Q_{ze}^{(24)}$ та $k_{ze}^{(24)}$ за вологості ґрунту $w_p = 24 \pm 1 \%$

№ експ.	Фактори		$Q_{ze}^{(24)}$, кг/с				$k_{ze}^{(24)}$			
	ε , град.	n_z , об/хв	Повторності			$Q_{c.ze}^{(24)}$	Повторності			$k_{ze}^{(24)}$
			$Q_{1ze}^{(24)}$	$Q_{2ze}^{(24)}$	$Q_{3ze}^{(24)}$		$k_{1ze}^{(24)}$	$k_{2ze}^{(24)}$	$k_{3ze}^{(24)}$	
7, 16, 25	30	180	50	45	49	48	0,56	0,53	0,56	0,55
4, 13, 22	30	220	54	58	56	56	0,59	0,61	0,6	0,6
8, 17, 26	60	180	31	30	29	30	0,36	0,35	0,34	0,35
1, 10, 19	30	140	35	35	38	36	0,29	0,29	0,32	0,3
9, 18, 27	45	180	41	38	38	39	0,47	0,44	0,44	0,45
3, 12, 21	45	140	25	29	28	27	0,27	0,23	0,25	0,25
5, 14, 23	60	220	33	35	31	33	0,45	0,4	0,35	0,4
6, 15, 24	45	220	43	43	46	44	0,45	0,45	0,6	0,5
2, 11, 20	60	140	23	22	21	22	0,2	0,15	0,1	0,15

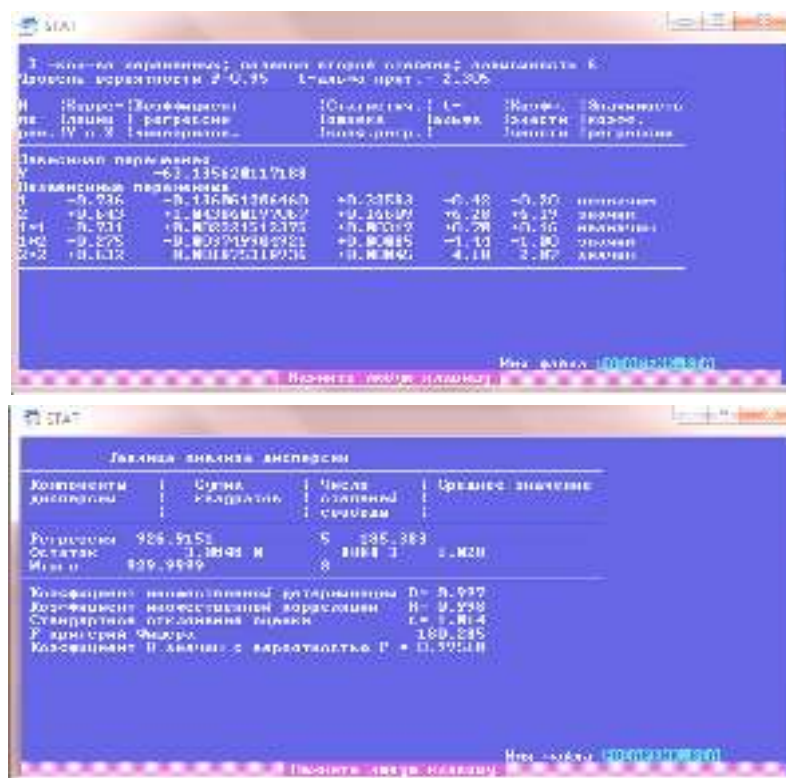
Додаток Д3.1

Експериментальний масив даних $Q_{ze}^{(i)}$ та $k_{ze}^{(i)}$ 

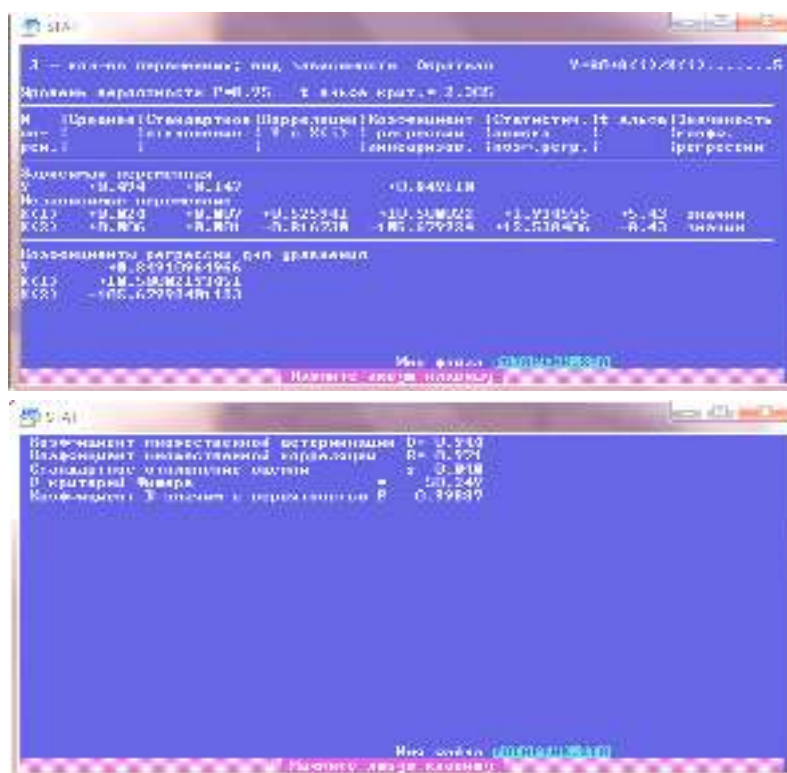
Позначення: Var1 – кут нахилу, ε , град.; Var2 – частота обертання приводного вала, n_z , об/хв; Var3, Var5, Var7; Var4, Var6, Var8 – продуктивність роботи $Q_{ze}^{(i)}$ і коефіцієнт сепарації вільних домішок $k_{ze}^{(i)}$ за вологості $w_p = 18, 21$ і $24 \pm 1 \%$.

Додаток Д4.1

Результати статистичної обробки продуктивності $Q_{ze}^{(i)}$ (Var3)



Результати статистичної обробки коефіцієнта $k_{ze}^{(i)}$ (Var4)



Додаток Д5.1

Результати статистичної обробки продуктивності $Q_{ze}^{(i)}$ (Var5)

STAT

3-го рівня перетворення: рівняння другої ступеня залежності: b
 Правильні критерії: T=0.95 F-критерій: 2.305

Y	Зміна	Кореляційний	Статистич. F	Значення	Значимість
рег.	до рівня	коэф.	коэф.	плато	коэф.
рег.	Y с. K	Линейний	коэф. регр.	коэф.	Трендинг
Значення параметрів:					
M = 49.979637265625					
Нормальні параметри:					
L	M	M	M	M	значення
0	-0.738	+0.933982711432	+0.22879	-1.28	M.75
1	+0.44	+0.948841723838	+0.11673	+0.25	-0.18
2	-0.731	+0.89703888582	+0.80221	+1.15	+0.21
3	+0.25	+0.83749735482	+0.8827	0.21	+0.87
4	+0.835	+0.88646922006	+0.89031	-0.23	-1.63

Кнопки: меню, клавіша

STAT

Таблиця аналізу дисперсії

Класифікація	Сума квадратів	Число ступенів свободи	Середнє значення
Регресія	324.8328	6	54.1388
Решта	1.5237	3	0.5079
Всього	326.3565	9	

Значення F-критерію: F = 106.999
 Значення t-критерію: t = 0.712
 P-критерій: P = 0.51868
 Значення F-критерію з вероятністю: P = 0.94767

Кнопки: меню, клавіша

Результати статистичної обробки коефіцієнта $k_{ze}^{(i)}$ (Var6)

STAT

3-го рівня перетворення: коефіцієнт: Державні Y=0.95/X=0.1.....10
 Правильні критерії: T=0.95 F-критерій: 2.305

Y	Середнє	Стандартне	Кореляційний	Кор-коэф.	Статистич. F	Значимість
рег.	поліноміальне	Y с. K	коэф.	коэф.	коэф.	коэф.
Значення параметрів:						
Y = 0.954 + 0.127 X + 0.149112 X^2						
Значення параметрів:						
M	M	M	M	M	M	значення
0	+0.554	+0.087	+0.83838	+0.499363	+1.81466	+0.43
1	+0.086	+0.081	-0.016731	-0.188135	+12.53845	-1.03

Значення F-критерію: F = 106.999
 Значення t-критерію: t = 0.712
 P-критерій: P = 0.51868
 Значення F-критерію з вероятністю: P = 0.94767

Кнопки: меню, клавіша

STAT

Таблиця аналізу дисперсії

Класифікація	Сума квадратів	Число ступенів свободи	Середнє значення
Регресія	324.8328	6	54.1388
Решта	1.5237	3	0.5079
Всього	326.3565	9	

Значення F-критерію: F = 106.999
 Значення t-критерію: t = 0.712
 P-критерій: P = 0.51868
 Значення F-критерію з вероятністю: P = 0.94767

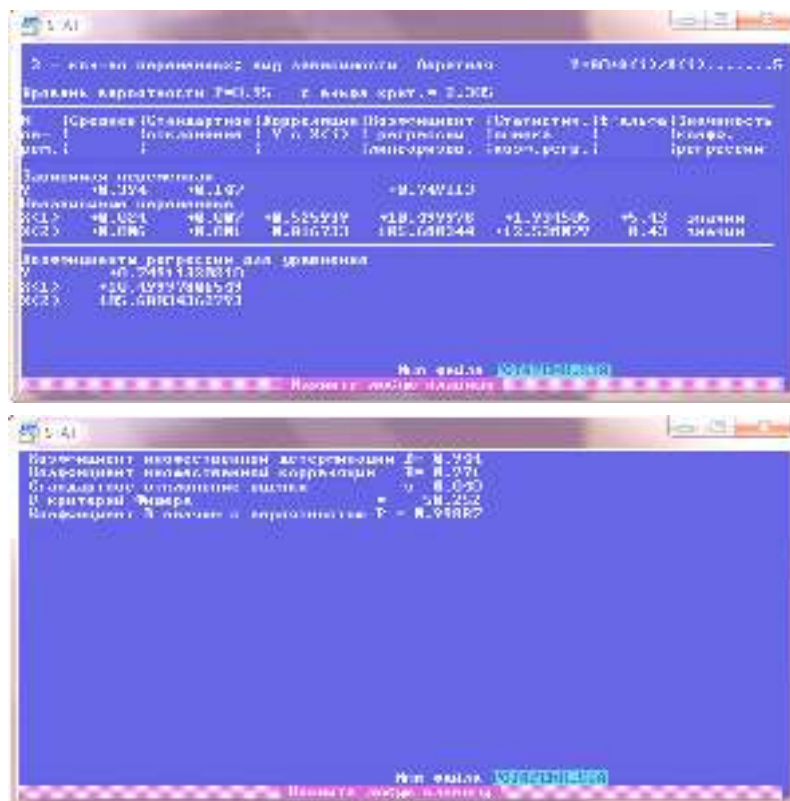
Кнопки: меню, клавіша

Додаток Дб.1

Результати статистичної обробки продуктивності $Q_{ze}^{(i)}$ (Var7)



Результати статистичної обробки коефіцієнта $k_{ze}^{(i)}$ (Var8)



Додаток Д7.2

Таблиця 1.Д7.2 – Результати дослідження M_o , M_{od} за вологості ґрунту
 $w_p = 18 \pm 1 \%$

№ експ.	Фактори		M_o / M_{od} , кг			
	n_n , об/хв	n_o , об/хв	Повторності			M_{co} / M_{cod}
			M_{1o}	M_{2o}	M_{3o}	
7, 16, 25	90	150	155	145	140	145/58
4, 13, 22	110	180	150	165	160	160/64
8, 17, 26	90	150	235	250	250	245/98
1, 10, 19	70	120	110	110	125	115/46
9, 18, 27	90	150	185	195	205	195/78
3, 12, 21	70	120	125	120	130	125/50
5, 14, 23	110	180	180	190	170	180/72
6, 15, 24	110	180	220	220	205	215/86
2, 11, 20	70	120	180	170	190	180/72

Таблиця 2.Д7.2 – Результати дослідження M_o , M_{od} за вологості ґрунту
 $w_p = 21 \pm 1 \%$

№ експ.	Фактори		M_o / M_{od} , кг			
	n_n , об/хв	n_o , об/хв	Повторності			M_{co}
			M_{1o}	M_{2o}	M_{3o}	
7, 16, 25	90	150	175	155	150	160/64
4, 13, 22	110	180	185	175	180	180/72
8, 17, 26	90	150	250	270	260	260/104
1, 10, 19	70	120	130	140	120	130/52
9, 18, 27	90	150	205	210	230	215/86
3, 12, 21	70	120	135	155	145	145/58
5, 14, 23	110	180	285	300	300	295/118
6, 15, 24	110	180	240	230	235	235/94
2, 11, 20	70	120	190	205	205	200/80

Таблиця 3.Д7.2 – Результати дослідження M_o , M_{od} за вологості ґрунту
 $w_p = 24 \pm 1 \%$

№ експ.	Фактори		M_o / M_{od} , кг			
	n_n , об/хв	n_o , об/хв	Повторності			M_{cz}
			M_{1o}	M_{2o}	M_{3o}	
7, 16, 25	90	150	165	180	180	175/70
4, 13, 22	110	180	215	210	205	210/84
8, 17, 26	90	150	270	285	285	280/72
1, 10, 19	70	120	145	140	150	145/58
9, 18, 27	90	150	230	240	220	230/92
3, 12, 21	70	120	155	165	160	160/64
5, 14, 23	110	180	310	300	302	305/122
6, 15, 24	110	180	240	255	260	250/100
2, 11, 20	70	120	220	225	215	220/88

Додаток Д8.2

Таблиця 1.Д8.2 – Результати дослідження $Q_{oe}^{(18)}$ та $Q_{oe}^{(21)}$ за вологості ґрунту, відповідно, $w_p = 18 \pm 1 \%$ та $w_p = 21 \pm 1$

№ експ.	Фактори		$Q_{oe}^{(18)}$, кг/с				$Q_{oe}^{(21)}$, кг/с			
	n_n , об/хв	n_o , об/хв	Повторності			$Q_{c.oe}^{(18)}$	Повторності			$Q_{c.oe}^{(21)}$
			$Q_{1oe}^{(18)}$	$Q_{2oe}^{(18)}$	$Q_{3oe}^{(18)}$		$Q_{1oe}^{(21)}$	$Q_{2oe}^{(21)}$	$Q_{3oe}^{(21)}$	
7, 16, 25	70	150	31	28	28	29	30	34	32	32
4, 13, 22	70	180	32	34	30	32	36	37	38	37
8, 17, 26	110	150	47	50	50	49	53	50	53	52
1, 10, 19	70	120	23	25	21	23	26	24	28	26
9, 18, 27	90	150	38	39	40	39	44	42	43	43
3, 12, 21	90	120	26	24	25	25	30	30	27	29
5, 14, 23	110	180	58	54	56	56	59	60	58	59
6, 15, 24	90	180	42	44	43	43	45	47	49	47
2, 11, 20	110	120	33	37	38	36	41	39	40	40

Таблиця 2.Д8.2 – Результати дослідження $Q_{oe}^{(24)}$ за вологості ґрунту $w_p = 24 \pm 1 \%$

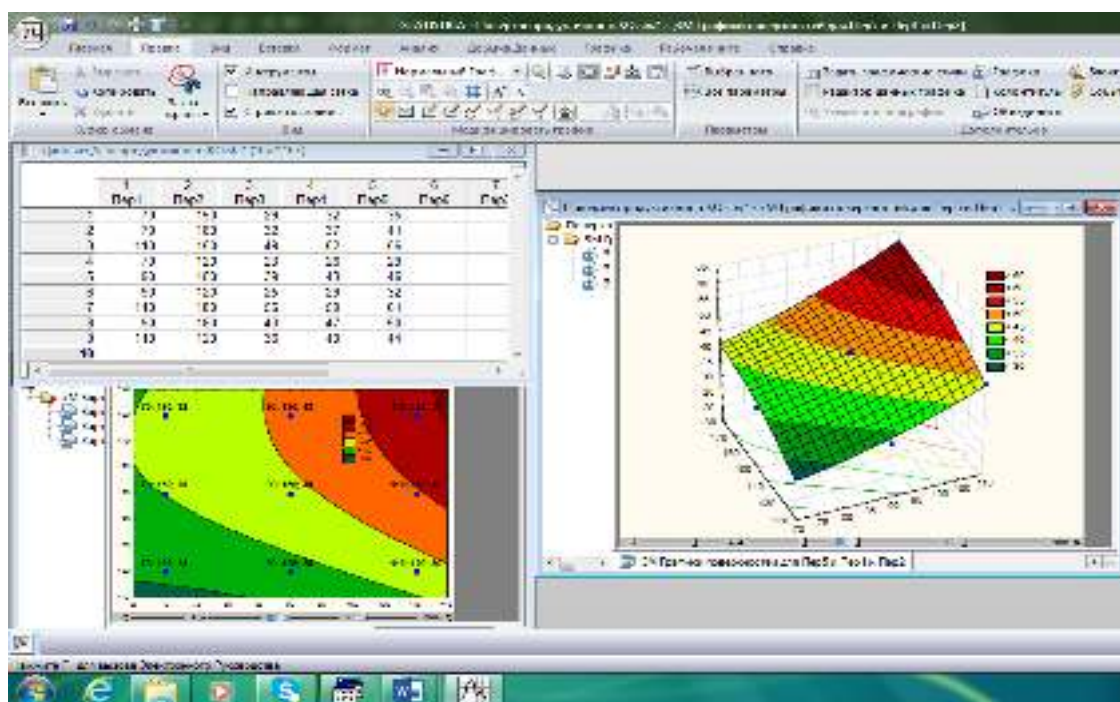
№ експ.	Фактори		$Q_{oe}^{(24)}$, кг/с			
	n_n , об/хв	n_o , об/хв	Повторності			$Q_{c.ze}^{(24)}$
			$Q_{1oe}^{(24)}$	$Q_{2oe}^{(24)}$	$Q_{3oe}^{(24)}$	
7, 16, 25	70	150	35	36	34	35
4, 13, 22	70	180	43	41	39	41
8, 17, 26	110	150	54	58	56	56
1, 10, 19	70	120	30	30	27	29
9, 18, 27	90	150	48	45	45	46
3, 12, 21	90	120	32	31	33	32
5, 14, 23	110	180	61	60	62	61
6, 15, 24	90	180	53	49	48	50
2, 11, 20	110	120	43	45	44	44

Додаток Д.9.2

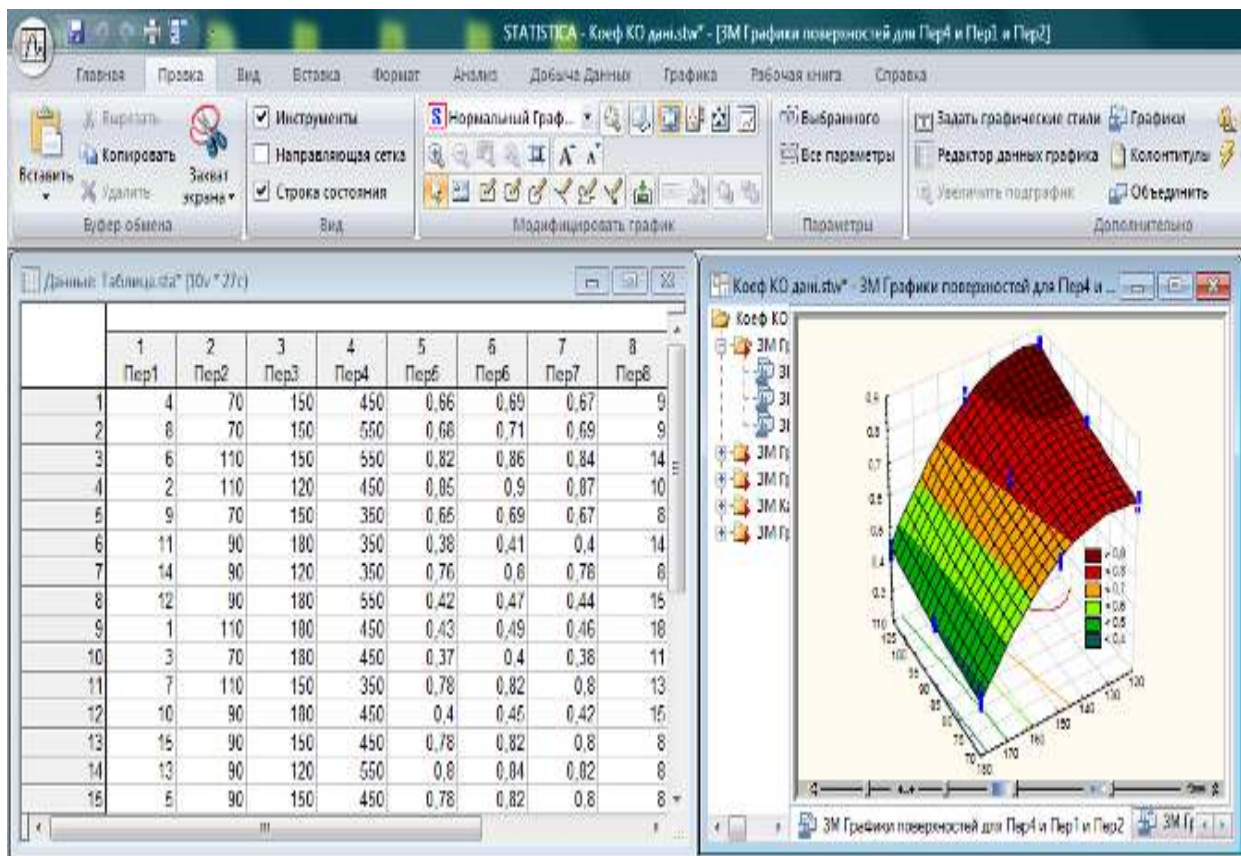
Таблиця 1.Д9.2 – Результати дослідження $k_{oe}^{(18)}$, $k_{oe}^{(21)}$, $k_{oe}^{(24)}$ та P_{ke}

№ ДОСЛ.	Рівні факторів			Значення			
	n_n , об/хв	n_o , об/хв	n_e , об/хв	$k_{oe}^{(18)}$	$k_{oe}^{(21)}$	$k_{oe}^{(24)}$	P_{ke} , %
4	70	120	450	0,73	0,76	0,74	7
8	70	150	550	0,68	0,71	0,69	9
6	110	150	550	0,82	0,86	0,84	14
2	110	120	450	0,85	0,9	0,87	10
9	70	150	350	0,65	0,68	0,67	8
11	90	180	350	0,38	0,41	0,7	14
14	90	120	350	0,76	0	0,78	8
12	90	180	350	0,38	0,41	0,4	14
1	110	180	450	0,43	0,49	0,46	18
3	70	180	450	0,37	0,4	0,38	11
7	110	150	350	0,78	0,82	0,8	13
10	90	180	450	0,4	0,45	0,42	15
15	90	150	450	0,78	0,82	0,8	8
13	90	120	550	0,8	0,84	0,82	8
5	90	150	450	0,71	0,75	0,73	12

Додаток Д10.2

Експериментальний масив даних $Q_{oe}^{(i)}$ 

Позначення: 1 – частота обертання приводного гвинта, n_n , об/хв; 2 – частота обертання шнека, n_o , об/хв; 3, 4, 5 – продуктивність роботи $Q_{oe}^{(i)}$ комбінованого очисника за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_p = 18, 21$ і 24 ± 1 %.

Експериментальний масив даних $k_{oe}^{(i)}$ і P_{ke} 

Позначення:

1 (Пер1) – частота обертання приводного гвинта, n_n , об/хв;

2 (Пер2) – частота обертання шнека, n_o , об/хв;

3 (Пер3) – частота обертання очисних елементів, n_e , об/хв;

4 (Пер4), 5 (Пер5), 6 (Пер6) – коефіцієнт відокремлення домішок $k_{oe}^{(i)}$

комбінованого очисника, відповідно, за вологості ґрунту наважки ВКЦ $w_\rho = 18, 21$ і 24 ± 1 %;

7 (Пер7) – пошкодження коренеплодів, P_{ke} , %.

Додаток Д11.2

Результати статистичної обробки продуктивності $Q_{oe}^{(i)}$ (Пер3 та Пер4)

STAT

3 - кое-оп. переминок: означає в перій стрічки; довжина: 6
Мірна: квадратність: P=0.35 E-коэф. регр.: 2.316

М.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.
1	+0.795	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
2	+0.615	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
1+2	+0.749	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
1+2	+0.779	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
2+2	+0.685	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.

Таблиця параметрів

Y: -21.282000198262

Незалежні параметри:

1: +0.795 I: 0.0000000000 +0.000000 1.000 2.50 незначит.

2: +0.615 I: 0.0000000000 +0.000000 +0.21 +3.68 незначит.

1+2: +0.749 I: 0.0000000000 +0.000000 +1.57 +1.84 незначит.

1+2: +0.779 I: 0.0000000000 +0.000000 +3.33 +1.18 незначит.

2+2: +0.685 I: 0.0000000000 +0.000000 -2.71 -2.20 незначит.

Меню: F10, F11, F12

Помітити: зліва: клавіша

STAT

Таблиця аналізу дисперсії

Видовити дисперсії	Сума квадратів	Число ступенів свободи	Середня квадратична
Регресія	966.2400	5	193.240
Остаток	3.1850	3	1.058
Всього	969.4250	8	

Коефіцієнт множинної адекватності: D = 0.992
Коефіцієнт множинної кореляції: R = 0.996
Стандартне відхилення важок: z = 1.052
E-коэф. регр.: 2.316
Коефіцієнт E-коэф. регр.: P = 0.35431

Меню: F10, F11, F12

Помітити: зліва: клавіша

STAT

3 - кое-оп. переминок: означає в перій стрічки; довжина: 6
Мірна: квадратність: P=0.35 E-коэф. регр.: 2.316

М.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.	Коеф. регр.
1	+0.749	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
2	+0.636	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
1+2	+0.744	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
1+2	+0.785	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.
2+2	+0.628	+0.0000000000	+0.000000	+0.000000	+0.000000	незначит.

Таблиця параметрів

Y: -25.226000234473

Незалежні параметри:

1: +0.749 I: 0.0000000000 +0.000000 -1.000 +1.41 незначит.

2: +0.636 I: 0.0000000000 +0.000000 +1.71 +3.16 незначит.

1+2: +0.744 I: 0.0000000000 +0.000000 +1.04 +0.69 незначит.

1+2: +0.785 I: 0.0000000000 +0.000000 +3.32 +1.14 незначит.

2+2: +0.628 I: 0.0000000000 +0.000000 -2.39 -1.19 незначит.

Меню: F10, F11, F12

Помітити: зліва: клавіша

STAT

Таблиця аналізу дисперсії

Видовити дисперсії	Сума квадратів	Число ступенів свободи	Середня квадратична
Регресія	948.4471	5	189.694
Остаток	3.7751	3	1.258
Всього	952.2222	8	

Коефіцієнт множинної адекватності: D = 0.998
Коефіцієнт множинної кореляції: R = 0.999
Стандартне відхилення важок: z = 1.265
E-коэф. регр.: 2.316
Коефіцієнт E-коэф. регр.: P = 0.35431

Меню: F10, F11, F12

Помітити: зліва: клавіша

Результати статистичної обробки продуктивності $Q_{oe}^{(i)}$ (Пер5)

1 - кол-во переменных; вид второй степени; зависимость Y от X1, X2, X3, X4, X5. Уровень вероятности P=0.95. Статист. крит. = 2.005

Y	Среднее	Стандартное откл.	Корреляция с X1	Корреляция с X2	Корреляция с X3	Корреляция с X4	Корреляция с X5	Статистич. значим.	Статистич. значим.	Статистич. значим.	Статистич. значим.	Статистич. значим.
Зависимая переменная	Y	40.85517633134										
Независимые переменные	X1	+8.749	+1.017786779445	+0.99865	-0.84	-1.33	незначим					
	X2	+8.753	+1.017786779445	+0.51258	+1.39	+3.42	незначим					
	X3	+8.753	+1.017786779445	+0.83355	+1.14	+8.38	незначим					
	X4	+8.753	+1.017786779445	+0.84072	+1.21	+8.64	незначим					
	X5	+8.753	+1.017786779445	+0.83063	+1.14	+1.66	незначим					

Таблица анализа дисперсии

Компоненты дисперсии	Среднее квадратичное	Число степеней свободы	Среднее значение
Регрессия	918.7155	5	183.741
Отличия	13.8478	1	13.8478
Итого	932.5633	6	

Корреляция множественной детерминации D = 0.984
 Коэффициент множественной корреляции R = 0.992
 Стандартное отклонение остатков S = 3.663
 F критерий Фишера F = 42.703
 Коэффициент D значим с вероятностью P = 0.97835

Додаток Д12.2

Результаты статистичної обробки коефіцієнта $k_{oe}^{(i)}$ (Пер4)

4 - кол-во переменных; вид зависимости: логарифмическая Y=AB*B(X1)*ln(X2)...4. Уровень вероятности P=0.95. Статист. крит. = 2.053

Y	Среднее	Стандартное отклонение	Корреляция с X1	Корреляция с X2	Корреляция с X3	Корреляция с X4	Статистич. значим.	Статистич. значим.	Статистич. значим.	Статистич. значим.
Зависимая переменная	Y	+0.637	+0.179							
Независимые переменные	X(1)	+4.483	+0.188	+0.245916	+0.233715	+0.082179	+2.84	значим		
	X(2)	+4.997	+0.169	-0.878964	-0.923151	+0.091644	-18.87	значим		
	X(3)	+6.092	+0.188	+0.094835	+0.096168	+0.082179	+1.10	незначим		

Коэффициент множественной детерминации D = 0.928
 Коэффициент множественной корреляции R = 0.958
 Стандартное отклонение остатков S = 0.377
 F критерий Фишера F = 35.328
 Коэффициент D значим с вероятностью P = 1.98888

Результати статистичної обробки коефіцієнта $k_{oe}^{(i)}$ (Пер5, Пер6)

STAT

0 - кол во параметрів вид залежності Логарифмічний $Y=RU+R(1-D)*ln(X(1))...$
 Бравши за одиницю $R=0.95$ t - альфа крит. = 2.003

№	Параметр	Стандартна помилка	Кореляція	Поправлений коефіцієнт	Статистич. значимість	Т-альфа	Значимість
пар.1	пар.2	пар.3	пар.4	пар.5	пар.6	пар.7	пар.8
Значення параметрів							
U	+0.674	+0.179		+0.518285			
Множинна кореляція							
R(1)	+0.983	+0.189	+0.279449	+0.265429	+0.898245	+1.31	значим
R(2)	+0.997	+0.169	-0.364264	-0.315418	+0.89639	-16.88	значим
R(3)	+1.892	+0.189	+0.075122	+0.076119	+0.898245	+1.12	незначим
Коефіцієнти регресії для рівняння							
U	+3.5183548087						
R(1)	-0.2654287431						
R(2)	-0.3154180883						
R(3)	-0.0761281959						

№ файлу 2012-0311
 Папка: папка_0311

STAT

Коефіцієнт множинної детермінації $D = 0.815$
 Коефіцієнт множинної кореляції $R = 0.914$
 Стандартна статистика Фішера $F = 0.077$
 Р критерій Фішера = 38.861
 Коефіцієнт D змичи в абсолютності $P = 1.87888$

№ файлу 202-010
 Папка: папка_010

STAT

0 - кол во параметрів вид залежності Логарифмічний $Y=RU+R(1-D)*ln(X(1))...$
 Бравши за одиницю $R=0.95$ t - альфа крит. = 2.003

№	Параметр	Стандартна помилка	Кореляція	Поправлений коефіцієнт	Статистич. значимість	Т-альфа	Значимість
пар.1	пар.2	пар.3	пар.4	пар.5	пар.6	пар.7	пар.8
Значення параметрів							
U	+0.856	+0.180		+0.568859			
Множинна кореляція							
R(1)	+1.181	+0.189	+0.278881	+0.258372	+0.892254	+1.16	значим
R(2)	+0.997	+0.169	-0.364536	-0.328346	+0.891738	-16.82	значим
R(3)	+1.892	+0.189	+0.071342	+0.077779	+0.892254	+1.07	незначим
Коефіцієнти регресії для рівняння							
U	+3.8888892640						
R(1)	-0.25837284199						
R(2)	-0.32834643883						
R(3)	-0.0777794771						

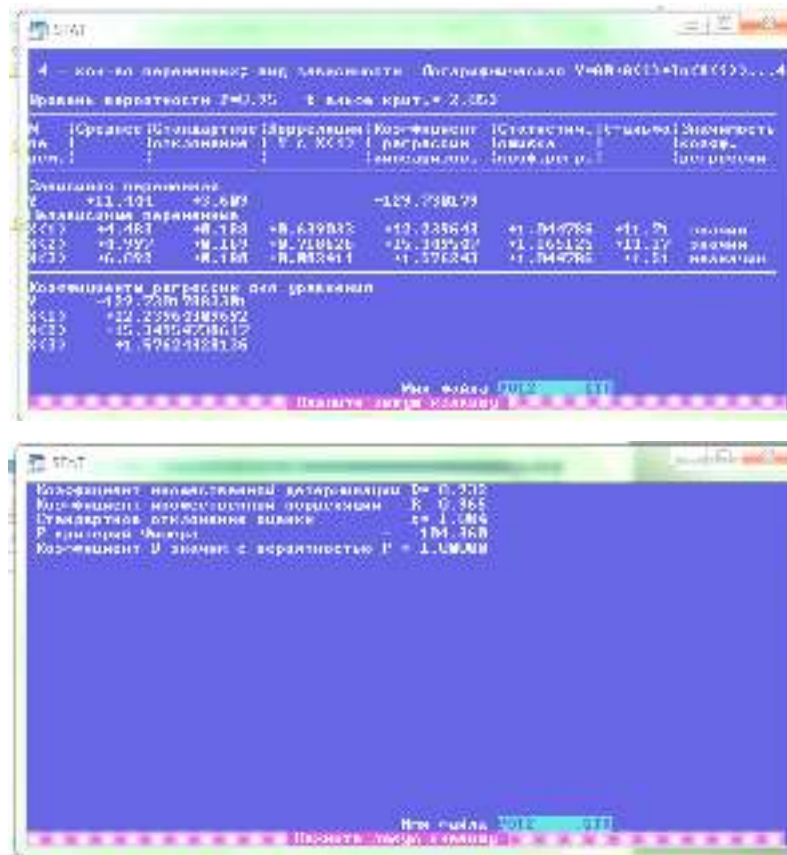
№ файлу 201-0310
 Папка: папка_0310

STAT

Коефіцієнт множинної детермінації $D = 0.329$
 Коефіцієнт множинної кореляції $R = 0.311$
 Стандартна статистика Фішера $F = 0.009$
 Р критерій Фішера = 17.338
 Коефіцієнт D змичи в абсолютності $P = 1.88288$

№ файлу 2012-0311
 Папка: папка_0311

Результати статистичної обробки пошкодження коренеплодів P_{ke} (Пер7)



Додаток Ж1.1

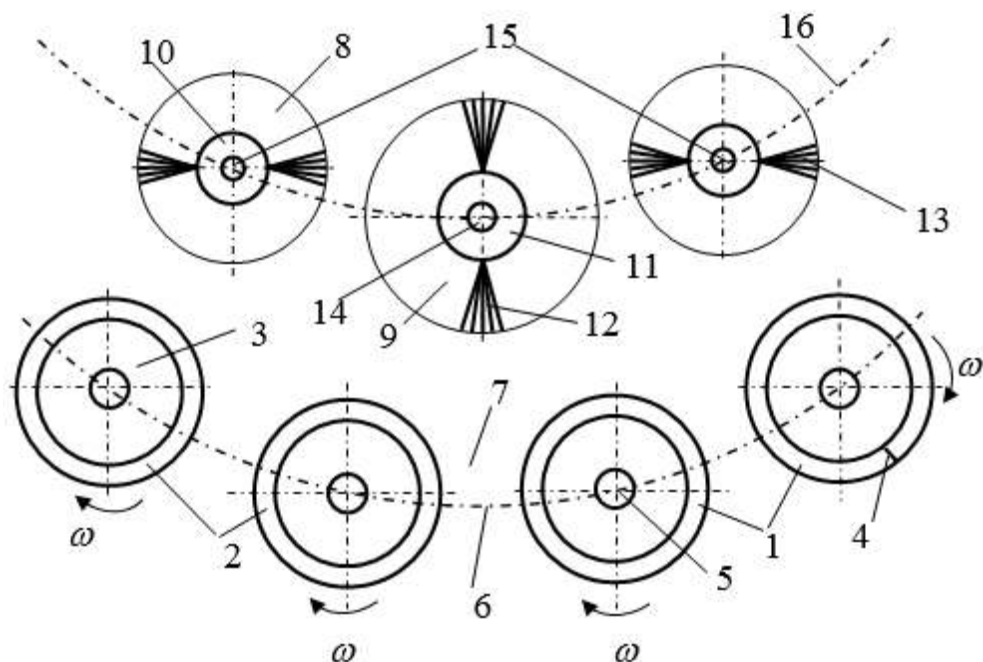


Рисунок 1.Ж1.1 – Схема комбінованого очисника

Додаток Ж2.1

Методика розрахунку основних параметрів робочих органів ОС

На основі одержаних результатів аналітично-експериментальних досліджень розроблено методику інженерного розрахунку основних раціональних конструктивно-кінематичних параметрів і режимів роботи робочих органів ОС.

Основні етапи методики розрахунку раціональних параметрів і режимів роботи робочих органів ОС наступний.

1. Визначають прогнозовану загальну секундну подачу та секундну подачу складових компонентів ВКЦ з врахуванням рядності коренезбиральної машини та технологічний коефіцієнтів процесу викопування коренеплодів згідно з [76].

1.1. В основу критерію розрахунку технологічного процесу роботи ОС покладено умову (2.1), при цьому:

$$\frac{dW_{II}}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{dW_{1i}}{dt} k_k + \sum_{i=1}^n \frac{dW_{2i}}{dt} \lambda_\rho \lambda_2 + \sum_{i=1}^n \frac{dW_{3i}}{dt} \lambda_p \lambda_3, \quad (1)$$

де $\frac{dW_{1i}}{dt}$, $\frac{dW_{2i}}{dt}$, $\frac{dW_{3i}}{dt}$ – подача коренеплодів, ґрунту, рослинних домішок копача з n -х рядків; k_k , λ_ρ , λ_p – відповідно, загальний коефіцієнт втрат коренеплодів, сепарації ґрунту та вільних рослинних домішок з n -х рядків.

1.2. Визначають подачу коренеплодів, при цьому:

$$\frac{dW_1}{dt} = \frac{1}{12} \pi \rho_1 n k_k \frac{dS_k}{dt} \left[\frac{D_{1k}^2 N_1 (L_{1k} + 0,5D_{1k}) + D_{2k}^2 N_2 (L_{2k} + 0,5D_{2k}) + \dots + D_{uk}^2 N_u (L_{uk} + 0,5D_{uk})}{\dots} \right] = \frac{dm_1}{dt} k_k, \quad (2)$$

де ρ_1 – питома маса коренеплодів; n – кількість рядків, які викопуються копачем; dS_k / dt – кількість погонних метрів, які пройде копач за час t ; L_{ik} , D_{ik} – загальна довжина та діаметр головки коренеплоду.

1.3. Визначають подачу ґрунтових домішок, при цьому:

$$\frac{dW_2}{dt} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{dS_k}{dt} h(b + htg\beta) - \frac{1}{12} \frac{dS_k}{dt} \pi \times \\ \times \left[D_{1k}^2 N_1 (L_{1k} - 0,5D_{1k}) + D_{2k}^2 N_2 (L_{2k} - 0,5D_{k_2}) + \right. \\ \left. + \dots + D_{uk}^2 N_u (L_{uk} - 0,5D_{uk}) \right] \end{array} \right\} \rho_2 \lambda_p \lambda_2 n = \frac{dm_2}{dt} \lambda_p \lambda_2, \quad (3)$$

де h – усереднена глибина ходу копачів; b – передній розхил копачів на рівні поверхні ґрунту; S_k – шлях, який проходить копач за час t ; β – кут нахилу бокової площини копача до вертикальної площини, паралельної напрямку швидкості руху копача; ρ_2 – питома маса ґрунту; λ_2 – коефіцієнт сепарації ґрунту після його викопування та переміщення транспортними системами коренезбиральної машини на шляху до ОС.

1.4. Визначають подачу рослинних домішок, при цьому:

$$\frac{dW_3}{dt} = \left[0,1 \frac{dS_k}{dt} (b + 2htg\beta) [(U_g + 1)\lambda_p \lambda_3 + 0,08U_g] \right] n = \frac{dm_3}{dt} \lambda_p \lambda_3, \quad (4)$$

де U_g – урожайність гички; λ_3 – коефіцієнт сепарації вільних рослинних після їх викопування та переміщення транспортними системами коренезбиральної машини на шляху до ОС.

1.5. Визначають загальну подачу ВКЦ до завантажувального транспортера ОС, при цьому:

$$W_{II} = n \lambda_p \lambda \rho_2 V_k \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{12} \pi D_k^2 N \left(\frac{\rho_1 k_k (h + D_k)}{\lambda_p \lambda \rho_2} - 1 \right) + \\ + [a + 2(l \sin \alpha + htg\beta)] \times \\ \times \left[h \left(1 - \frac{htg\beta}{[a + 2(l \sin \alpha + htg\beta)]} \right) + 0,1 \left[(U_g + 1)\lambda_p + \frac{0,08U_g}{\lambda} \right] \right] \end{array} \right\}, \quad (5)$$

де D_k – усереднений діаметр головки коренеплодів; L_k – усереднена загальна довжина коренеплодів; a – задній розхил копачів; l – довжина леза копача; α – половина кута розхилу носків леза копача.

2. Узгоджують пропускну здатність завантажувального транспортера ОС та секундну подачу W_{II} з урахуванням коефіцієнтів сепарації домішок проміжної транспортно-технологічної системи.

2.1. Визначають продуктивність завантажувального транспортера за залежністю (2.32) та умовою (2.36) з урахуванням загальної секундної подачі ВКЦ згідно з (2.1) і (2.3).

2.2. За залежністю (2.39) визначають необхідну швидкість руху завантажувального транспортера $V_{z,m}$, а за прийнятим конструктивним параметром (діаметром ведучої зірочки приводного вала) його необхідну частоту обертання n_z , яка забезпечує необхідну продуктивність.

2.3. За залежністю (2.46) визначають шлях ковзання ВКЦ на робочій гілці завантажувального транспортера, або мінімальну довжину робочої гілки.

3. Визначають конструктивні координати точки M , або конструктивне розміщення гірки відносно положення завантажувального транспортера згідно з залежностями (2.72) та (2.75).

4. Узгоджують умови раціонального функціонування ОС згідно з залежностями (2.4), (2.5) та (2.14).

5. Використовуючи наведені рівняння регресії (4.3), (4.5) і (4.7) та графічні номограми, які побудовано згідно з визначеними числовими значеннями технологічних параметрів комбінованого очисника, встановлюють раціональні конструктивно-кінематичні параметри та режими роботи ОС і коренезбиральної машини для конкретних умов збирання.

Додаток Ж3.1

Таблиця 1.Ж3.1 – Рекомендовані значення основних конструктивно-кінематичних параметрів очисної системи

Основні параметри транспортно-очисної системи	Значення параметрів
Завантажувальний транспортер:	
Ширина полотна, B , м	0,9
Швидкість руху робочої гілки, $V_{z.m}$, м/с	1,7
Кут нахилу до горизонту, ε , град.	30
Очисна гірка:	
Швидкість руху робочої гілки, V_q , м/с	1,4
Кут нахилу гірки до горизонту, град.	50
Комбінований очисник:	
Діаметр приводного гвинта, D_n , м	0,5
Частота обертання приводного гвинта, n_n , об/хв	90
Діаметр приводного вала, D_e , м	0,4
Частота обертання приводного вала, n_e , об/хв	500-550
Крок очисних елементів, м	0,15
Діаметр шнека, D_o , м	0,2
Частота обертання шнека, n_o , об/хв	160
Кількість заходів шнека, z , шт.	1
Крок шнека, T , м	0,35
Висота рифів шнека, h_p , м	0,05
Зазор між валами шнека, см	5

Додаток Ж4.1.

Акт впровадження результатів наукових досліджень ПАТ «БОРЕКС»

«Затверджую»
 Генеральний директор
 ПАТ «БОРЕКС»

 Сергєєв С.Г.
 23 2017 р.

АКТ
впровадження результатів наукових досліджень
дисертаційної роботи Потапенка Миколи Валентиновича

Акт складений про те, що результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи, які одержав здобувач Потапенко М.В., які відносяться до математичних моделей, що описують процес інтенсифікації відокремлення домішок від коренеплодів, пропускну здатність та продуктивність завантажувального транспортера, дальності польоту компонента вороху, регресійні залежності зміни продуктивності та коефіцієнта сепарації домішок завантажувального транспортера та комбінованого очисника, результати польових порівняльних досліджень показників якості роботи удосконаленої коренезбиральної машини та її удосконалена конструктивно-компонувальна схема з рекомендованими параметрами робочих органів ТОС, передані в СКБ ПАТ «БОРЕКС» для їх використання в процесі розробки нових і удосконалення існуючих машин для збирання коренеплодів.

Головний конструктор



Пінчук М.І.

Додаток Ж5.2

Таблиця 1.Ж5.2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Найменування показників*	Значення показників	
	Базова	Модернізована
Якість підкопування і підбору коренеплодів, %:		
- зібрано машиною	97,3	97,3
- втрати, всього	2,7	2,7
Склад вороху зібраних коренеплодів, %:		
- коренеплоди	92,2	95,6
- домішки, всього	7,8	4,4

Додаток 3

Апробація результатів наукових досліджень

Міністерство освіти і науки України
Національна академія аграрних наук України
Кіровоградський національний технічний університет
Кіровоградська обласна державна адміністрація
Кіровоградська обласна спілка Української асоціації аграрних інженерів
Кіровоградська обласна відділення Ісхемічної академії України

ПРОГРАМА

X-а Міжнародна науково-практична конференція "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки"

5-6 листопада 2015 року



Кіровоград, 2015

Секція I

Компенсація на виробництво сільськогосподарської техніки.
Моделивання на меліоративно-механічній проблемі адіаціоналізації
робочих процесів сільськогосподарських машин.
(апр. СГМ №1)

Керівник секції – Сало П.М., д-р техн. наук, проф., КНУ.
Секретар – Дебуж В.А., в.т.н., доц., КНУ.

1. В.М. Булгаков, д-р техн. наук, академік НААН України, І.В. Головач, д-р техн. наук, НУБДП України, М.І. Червоний, д-р техн. наук, чл.-кор. НААН України, Кіровоградський національний технічний університет
Теоретичні передумови дослідження копальних коренеплодів при його вібропідйомному викопуванні
2. В.М. Булгаков, д-р техн. наук, академік НААН, І.В. Головач, д-р техн. наук, НУБДП України, В.П. Горобей, канд. техн. наук, НВО "Селіва" ІНЦ "ІМЕСГ", М.О. Свіреня, проф., д-р техн. наук, Кіровоградський національний технічний університет
Побудова меліоративної моделі копального руху у групі кубічного сепаратора селекційної сівалки
3. В.М. Сало, проф., д-р техн. наук, Д.В. Боготирьов, доц., канд. техн. наук, Кіровоградський національний технічний університет
Перспективні напрями удосконалення конструкторських технічних засобів для виробництва рослинних ресурсів
4. В.М. Барановський, проф., д-р техн. наук, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, М.В. Потемнін, асп., Відділення підготовки НУБДП України «Бережанський агрономічний інститут»
Комбінований огляд коренеплодів шкварки
5. В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, А.А. Титий, доц., канд. техн. наук, Кіровоградський національний технічний університет, Wagnon Arif, Dr, Méthie Achetine Université Des Etats D'ivoire République de Niger
Аналіз особливостей модернізації процесу різання грунту робочими органами тракторобойних та комбайнових машин
6. В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, А.А. Павлов, доц., канд. техн. наук, Кіровоградський національний технічний університет
Перспективні напрямки удосконалення меліоративних машин в рослинництві
7. Ю.В. Кулешов, проф., д-р техн. наук, Р.А. Осін, доц., канд. техн. наук, М.В. Кривоша, доц., канд. техн. наук, Кіровоградський національний технічний університет
Конструктивні рішення підвищення потужності шкварки

МІНІСТЕРСТВО ОШВІТА І НАУКИ УКРАЇНИ
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
 Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)
 Університет імені І.П.Котляків (Франція)
 Марійський університет (Словаччина)
 Житомирський університет (Україна)
 Люблінська політехніка (Польща)
 Миколаївський державний університет імені Івана Федорів (Україна)
 Рівненський технічний університет (Україна)
 Тернопільський національний університет (Україна)
 Міжнародний університет економіки та менеджменту (Україна)
 Інститут фізики імені І.М.Семпрія Східноукраїнського національного університету (Україна)
 Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)
 Національний університет «Харківський національний університет імені Г.С.Сковороди» (Україна)
 Тернопільська обласна організація українського союзу машинобудівних інженерів

ПРОГРАМА

IV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

25-26 листопада 2015 року



УКРАЇНА
 ТЕРНОПІЛЬ – 2015

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 БЮРСЬКОЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
 БЕРЕЖАНСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ



МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
 КОНФЕРЕНЦІЯ

**Актуальні питання енергетики
 та біотехнологій**

**ПРОГРАМА
 КОНФЕРЕНЦІЇ**

БІРСЬКО, 2016

Матеріалі збірки статей конференції «Актуальні питання енергетики та біотехнологій»
 «Актуальні питання енергетики та біотехнологій» – листопад 2015

27. Ю.І. Бондар, І.В. Коваленко, Т.В. Пилип, М.В. Шеремет,
 І.Р. Дроздовська
 СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЇ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
 КАРТОПЛИВОДИСТВА
28. М.В. Пилип
 ДО ВИПРАВЛЕННЯ ПЕРИОДУ ВІДПОВІДНОСТІ
29. М. В. Нагорний, А. В. Мельник
 ВПЛИВ НА ПОВІТРЯНЕ ПІДВИЩЕННЯ СОДІУМУ
 ВІД НАВІВАННЯ ІЗ СІДІ
30. П.В. Пилип, П. А. Пилип, О.В. Пилип
 ПІДВИЩЕННЯ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
 КАРТОПЛИВОДИСТВА
31. В.В. Корольова, М.В. Пилип
 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
32. Р.В. Станко, І.М. Шеремет
 МОДЕЛЮВАННЯ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
 КАРТОПЛИВОДИСТВА
33. М.Д. Рогов, А.В. Рогов
 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
 ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
34. Т.І. Рогов, Т.А. Дроздовська
 АНАЛІЗ НАВІВАННЯ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
35. О.В. Рогов, В.І. Дроздовська, П.В. Дроздовська
 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
 КАРТОПЛИВОДИСТВА
36. Р.М. Рогов, І.М. Шеремет, І.Р. Дроздовська
 Ю.А. Заставний
 ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ КАРТОПЛИВОДИСТВА
 В ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
37. Р.М. Рогов, І.М. Шеремет, І.Р. Дроздовська
 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
 КАРТОПЛИВОДИСТВА
38. А.В. Рогов, О.В. Рогов
 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
 КАРТОПЛИВОДИСТВА
39. Р.В. Станко, А.В. Рогов, В.В. Дроздовська, В.В. Дроздовська
 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ
 КАРТОПЛИВОДИСТВА

16

8. ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ЗАМІСНИХ ЕКОЛОГІЧНО-БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В ТВАРИННИЦТВІ

Мельник А.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

9. МЕХАНІКА ОБІЖИВОЇ СФЕРИ ПРИ ДІЯЛЬНОСТІ РІВНИЙ

Дроздовська І.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Пилип А.А., студент (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

10. ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ КАРТОПЛИВОДИСТВА

Пилип М.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Рогов О.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Дроздовська І.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

11. АНАЛІЗ ОБІЖИВОЇ СФЕРИ ПРИ ДІЯЛЬНОСТІ РІВНИЙ

Дроздовська І.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

12. РІЗНІ ЧАСТИНИ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ

Пилип М.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Рогов О.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Дроздовська І.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

13. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ

Пилип М.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Рогов О.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Дроздовська І.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

14. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ

Пилип М.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Рогов О.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Дроздовська І.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

15. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДАРИВНИЙ ЗАХИСТУ РОСЛИНИ

Пилип М.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Рогов О.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

Дроздовська І.В., доктор технічних наук (Національний університет «Львівська політехніка» (Україна))

17

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет «Іван Пулюя» (Україна)
Національний авіаційний університет (Україна)
Університет імені Петра і Марії Кюрі (Франція)
Марксерський університет (Словаччина)
Львівський національний університет (Україна)
Мельбурнський університет прикладних наук (Австралія)
Швейцарська політехнічна школа (Швейцарія)
Міжнародний університет економіки та бізнесу (Україна)
Польський університет бізнесу і природокористування (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
Тернопільське обласне промислове училище економічної інженерії

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРОГРАМА

V Міжнародній науково-технічній
конференції молодих учених та студентів
17-18 листопада 2016 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2016

144. С.О. Шабунин, Л.Ф. Штерок, А. І. Десовий
ПІДВИЩЕННЯ ПРОЦЕСУ АЛІМЕНТАЦІЇ ТІЛІТІЛЬНОГО
КОРАКШОУ
145. Л.О. Шатрова
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕРНОВИХ ЗЕРНОВИХ
КОМПОЗИЦІЙ ІНТЕРІОРИ НА ДОДАТКОВІ МАТЕРІАЛИ
146. М. М. Шахур
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРИОДУВАННЯ СІКНИЙ ПИЛКИХ
ПІЛІТІВНИХ КОМПЛЕКСИ
147. П.П. Шарованік, П.В. Шахур
ВІДОСТАТІВНІ ПАРАМЕТРИ ДРОКОВИХ ПІЛІТІВНИХ
СУМІШЕЙ
ДЛЯ ДОТРОСНОГО ЗАГОРЯВЛЕННЯ
148. М.В. Шахур
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПЕРИОДУВАННЯ ПИЛКИХ
КОМПОЗИЦІЙ ДО ПОМОЦИ ОБРАБОТКІ ПРАКТИЧНОГО
МАТЕРІАЛУ
149. М.Ю. Шарова, Р.Р. Шарова
ГІМЕТАЛІТИКА
150. В.В. Шаров, І.В. Курган
ТЕОРЕТИКА І АСОБНИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРЕД
ДОСЛІДЖЕННЯ СПІВНОГО ПАРАМЕТРИ МЕХАНІЧНИХ
ВІСЬМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ
151. Ч.В. Шаха, В.С. Савченко, М.В. Шаха
КРИВЛЯ СПІВНОГО ПАРАМЕТРИ НАДБАВЛЕННЯ МЕТАЛУ
ПРИ ДОДАТКОВИХ ПАРАМЕТРИ МЕХАНІЧНИХ
МАТЕРІАЛІВ
152. Ч.В. Шаха, О.М. Шахур
ПРОЦЕСИ СПІВНОГО ПАРАМЕТРИ ІЗНІ
153. Ч.В. Шаха, І.В. Курган
ТЕОРЕТИКА І АСОБНИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРЕД
ДОСЛІДЖЕННЯ СПІВНОГО ПАРАМЕТРИ МЕХАНІЧНИХ
ВІСЬМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ
154. M.D. Shah, Benjamin Ivanina Aidi
RESEARCHES ON INFLUENCE OF CUTTING TOOL PARAMETERS ON
TOOL LIFE AND CUTTING FORCES
155. M. D. Shah, A. B. Doshi
RESEARCHES ON INFLUENCE OF CUTTING TOOL PARAMETERS ON
TOOL LIFE

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІМЕСГ» НААН



ПРОГРАМА

IV Міжнародної науково-технічної
конференції з нагоди
110-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

16-17 лютого 2017 року
м. Київ

Україна, Тернопіль

1. Міжнародні інтеграційні процеси в межах
оптимального зростання дерев лісових порід. Локман В. С.,
Розважальна Ю. О.
2. Аналіз використання сучасних лісових машин і механізмів.
Масло В. П.
3. Експериментальне дослідження процесів перетворення
транспорту транспортних систем. Локман В. С.,
Розважальна Ю. О.
4. Аналіз процесу використання сучасних лісових
машин. Масло В. П.
5. Динаміка лісових порід у межах оптимального зростання.
Локман В. С., Масло В. П.
6. Метод управління зростання лісових порід. Локман В. С.,
Масло В. П.
7. Аналіз впливу різних робіт з використанням лісових
машин. Масло В. П.
8. Оброблення лісових порід у межах оптимального зростання.
Локман В. С., Масло В. П.
9. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
10. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
11. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
12. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
13. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
14. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
15. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
16. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
17. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
18. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
19. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
20. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
21. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.
22. Стратегія управління лісовими породами. Локман В. С.,
Масло В. П.



СЕРТИФИКАТ

CERTIFICATE

НАСТОЯЩИМ УДОСТОВЕРЯЕТСЯ, ЧТО

THIS IS TO CERTIFY THAT

Потапенко Николай

принял участие в работе
Международной научно-технической конференции

«Научно-технический прогресс
в сельскохозяйственном производстве.
Аграрная наука – сельскохозяйственному
производству Сибири, Казахстана,
Монголии, Беларуси и Болгарии»

Академик-секретарь Отделения
аграрных наук Национальной
академии наук Беларуси,
доктор технических наук, доцент

В.В. Азаренко

Председатель организационного комитета
тема «Аграрная наука – сельскохозяйственному
производству Сибири, Казахстана,
Монголии, Беларуси и Болгарии»

С.Г. Бондаренко

participated in the
International scientific and technical conference

«Scientific and technical progress
in an agricultural production.
The agrarian science - to agricultural production
of Siberia, Kazakhstan, Mongolia,
Belarus and Bulgaria»

Научный руководитель ФОНЕЦА РАН,
заместитель председателя СО РАН,
академик РАН, член президиума РАН


А.С. Давыдов

Минск, 19–21 октября 2016 г.



Погоджено

Заступник директора з
навчальної та навчально-
методичної роботи

 к.т.н., доц. Білик С.Г.
«12» 10 2017 р.

Затверджую

Директор ВП НУБіП України
«Бережанський агротехнічний
інститут»

 к.т.н., проф. Жибак М.М.
«12» 10 2017 р.


А К Т

**про впровадження результатів
кандидатської дисертаційної роботи
у навчальний процес**

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Обґрунтування параметрів очисної системи вороху коренешлодів цикорію», яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, виконаної Потапенком Миколою Валентиновичем впроваджено у навчальну програму під час викладання дисципліни «Сільськогосподарські машини» розділу «Машини для збирання коренешлодів» (описового курсу: конструкцію, опис будови та принцип роботи очисної системи; розрахункового курсу: методику аналітичного розрахунку продуктивності роботи та аналізу переміщення компонентів вороху по завантажувальному транспортері) на кафедрі машиновикористання та технологій в сільському господарстві факультету «Агроінженерії та енергетики» для підготовки фахівців ОС «бакалавр зі спеціальності 208 «Агроінженерія» у ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут».

Декан факультету
«Агроінженерії та енергетики»
к.т.н., доцент



Чвартацький І.І.

Завідувач кафедри машиновикористання
та технологій в сільському господарстві
к.т.н., доцент



Диня В.І.