

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ГОРПИНІЧ ОЛЕКСАНДР ВАДИМОВИЧ

УДК 631.356

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
КОПРА ДОРІЗЧИКА ГИЧКИ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____О.В. Горпинич

Керівник роботи

Ярош Я.Д.

д.т.н., професор

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Горпинич Олександр Вадимович. Обґрунтування конструктивних параметрів копіра дорізчика гички бурякозбирального комбайна. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі отримані раціональні значення геометричних параметрів експериментального гребінчастого копіра. Так, кількість коренеплодів із нормальним зрізом $\Delta K_{\text{нр}} = 96,9 \dots 98,2$ % відповідає агротехнічним вимогам при радіусі загину крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90 \dots 100$ мм, швидкості руху дорізчика $v = 1,4 \dots 2,3$ м/с та висоті установки експериментального гребінчастого копіра над рівнем ґрунту $H = 0 \dots 9$ мм.

Визначено раціональні значення геометричних та кінематичних параметрів транспортувально-очисного пристрою: кількість еластичних очищувачів $N = 2 \dots 3$ шт.; частота обертання ротаційного диска $n = 85 \dots 95$ хв⁻¹; робоча швидкість $= 1,4 \dots 2,3$ м/с. Визначено раціональні значення довжини (висоти) еластичних очищувачів $h = 130 \dots 140$ мм та довжини їх ворсинок $l = 70 \dots 80$ мм, що дозволяють максимально очистити коренеплоди від ґрунту.

Лабораторно-польові дослідження підтвердили доцільність застосування розробленого дорізчика гички з експериментальним гребінчастим копіром. Якісні показники, що відповідають агротехнічним вимогам, отримані при: висоті установки експериментального гребінчастого копіра над рівнем ґрунту $H = 0 \dots 12$ мм, радіусі загину крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90 \dots 100$ мм, робочої швидкості збиральної машини $v_M = 1,4 \dots 2,3$ м/с.

Ключові слова: дорізчик гички, гребінчастий копір, збирання, бурякозбиральний комбайн

ANNOTATION

Gorpinich Alexander Vadimovich. Substantiation of design parameters of the top cutter filler of beet harvester. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's thesis rational values of geometrical parameters of the experimental comb copier are received. Thus, the number of roots with a normal cut $\Delta K_{\text{нр}} = 96.9...98.2\%$ meets the agronomic requirements for the bending radius of the extreme plates of the comb copier $R = 90...100$ mm, the speed of the cutter $v = 1.4...2.3$ m/s and the height of the installation of the experimental comb copier above ground level $H = 0...9$ mm.

Rational values of geometric and kinematic parameters of the transport-cleaning device are determined: number of elastic cleaners $N = 2...3$ pcs.; rotational disk speed $n = 85...95$ min⁻¹; working speed = 1.4...2.3 m/s. Rational values of length (height) of elastic cleaners $h = 130...140$ mm and length of their villi $l = 70...80$ mm are determined, which allow to clean root crops from soil as much as possible.

Laboratory field studies have confirmed the feasibility of using the developed cutter hiccups with an experimental comb copier. Qualitative indicators that meet the agronomic requirements obtained at: the height of the experimental comb copier above ground level $H = 0...12$ mm, the bending radius of the extreme plates of the comb copier $R = 90...100$ mm, the working speed of the harvester $v_{\text{м}} = 1.4...2.3$ m/s.

Keywords: harvester, comb copier, harvesting, beet harvester

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРЕБІНЧАСТОГО КОПРА ДООБРІЗНИКА БАДИЛЛЯ.....	17
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Цукровий буряк – одна з найважливіших технічних культур, що використовується для одержання цукру. Водночас продукція її виробництва та переробки (жом, бадилля, патока) служить цінним кормом для сільськогосподарських тварин та сировиною для промисловості.

В даний час практично всі операції вирощування коренеплодів цукрових буряків повністю механізовані. Механізовані процеси збирання цукрових буряків є складним комплексом технологічних операцій, що включають обрізку, очищення, збирання, укладання, навантаження і транспортування коренеплодів і бадилля.

При збиранні цукрових буряків одними з трудомістких є технологічні процеси обрізання бадилля та очищення коренеплодів. Показники якості роботи застосовуваних механізмів і пристроїв для очищення коренеплодів бурякозбиральних комбайнів в умовах підвищеної вологості ґрунту, високої врожайності бадилля та нерівномірного розподілу коренеплодів у рядку не завжди відповідають агротехнічним вимогам. Бадиллерізальні механізми допускають від 4 до 20% втрат біологічного врожаю і пошкоджують до 30% коренеплодів, а вміст ґрунтових домішок в збиранні вороху доходить до 30% і більше.

У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на покращення якісних показників роботи бурякозбиральних комбайнів шляхом розробки гребінчастого копіра з поздовжнім та поперечним копіюванням головок коренеплодів з обґрунтуванням конструктивних параметрів, є актуальними та має істотне значення для сільськогосподарського виробництва.

Мета та завдання дослідження. Мета роботи заключалася в розробці гребінчастого копіра з поздовжнім та поперечним копіюванням головок коренеплодів з обґрунтуванням конструктивних параметрів.

1. Провести аналіз конструкцій очисників коренеклубнеплодів;
2. Обґрунтування конструктивних параметрів копіра дорізчика гички бурякозбирального комбайна;
3. Провести лабораторно-польові випробовування для визначення оптимальних режимів функціонування розробленого дорізчика гички.

Об'єкт дослідження: процес збирання цукрових буряків бурякозбиральними комбайнами.

Предмет дослідження – залежність конструктивних параметрів гребінчастого копіра з поздовжнім та поперечним копіюванням головок коренеплодів від умов та режимів збирання буряків.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися в реальних умовах з урахуванням загальноприйнятих і приватних методик, розроблених автором. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Горпинич О.В.** Аналіз конструкцій очисників коренеклубнеплодів. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 39-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 211-215.

2. Ярош Я.Д. **Горпинич О.В.** Механізовані способи збирання цукрових буряків. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції *«Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 56-58.

3. Савченко В.М., **Горпинич О.В.** Обґрунтування конструктивних параметрів копіра дообрізчика гички бурякозбирального комбайна. *«Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України»*, присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного

університету біоресурсів і природокористування України. м. Київ. 2021. С. 121-123.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє запропонована конструкція гребінчастого копіра з поздовжнім та поперечним копіюванням головок коренеплодів

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 20 рисунків та 4 таблиці.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Цукровий буряк є однією з найважливіших технічних культур України, що використовуються для фабричних цілей. Посівні площі цукрових буряків на території України складають близько півмільйона гектарів.

Операції обробітку даної культури найбільш трудомісткі, тому велика увага приділяється вдосконаленню технологічних процесів і машин. В даний час практично всі операції вирощування коренеплодів цукрових буряків повністю механізовані і виконуються без витрат ручної праці. Незважаючи на досягнутий рівень технологічних та експлуатаційних показників, на доочищенні коренеплодів застосовується ручна праця. Механізовані процеси збирання цукрових буряків являють собою складний комплекс технологічних операцій, що включають обрізку, очищення, збирання, укладання, навантаження і транспортування коренеплодів і бадилля.

З організаційної точки зору, на збиранні цукрових буряків застосовують потоковий, перевалочний і потоково-перевалочний способи (рис. 1). Вибір способу визначається станом бурякових плантацій, їх віддаленістю від цукрових заводів (буряко-приймальних пунктів), наявністю транспортних засобів.

Поточний спосіб застосовується на незасмічених плантаціях, з високою врожайністю коренеплодів та оптимальною вологістю ґрунту 20...26%, коли загальна забрудненість убраного вороху менше 10%. При поточному способі коренеплоди завантажуються бурякозбиральною машиною в транспортні засоби і доставляють на цукровий завод або бурякоприймальний пункт. Цей спосіб вимагає якісного регулювання робочих органів машин, наявності великої кількості транспортних засобів та чіткої узгодженої роботи бурякозбиральних машин та транспорту.

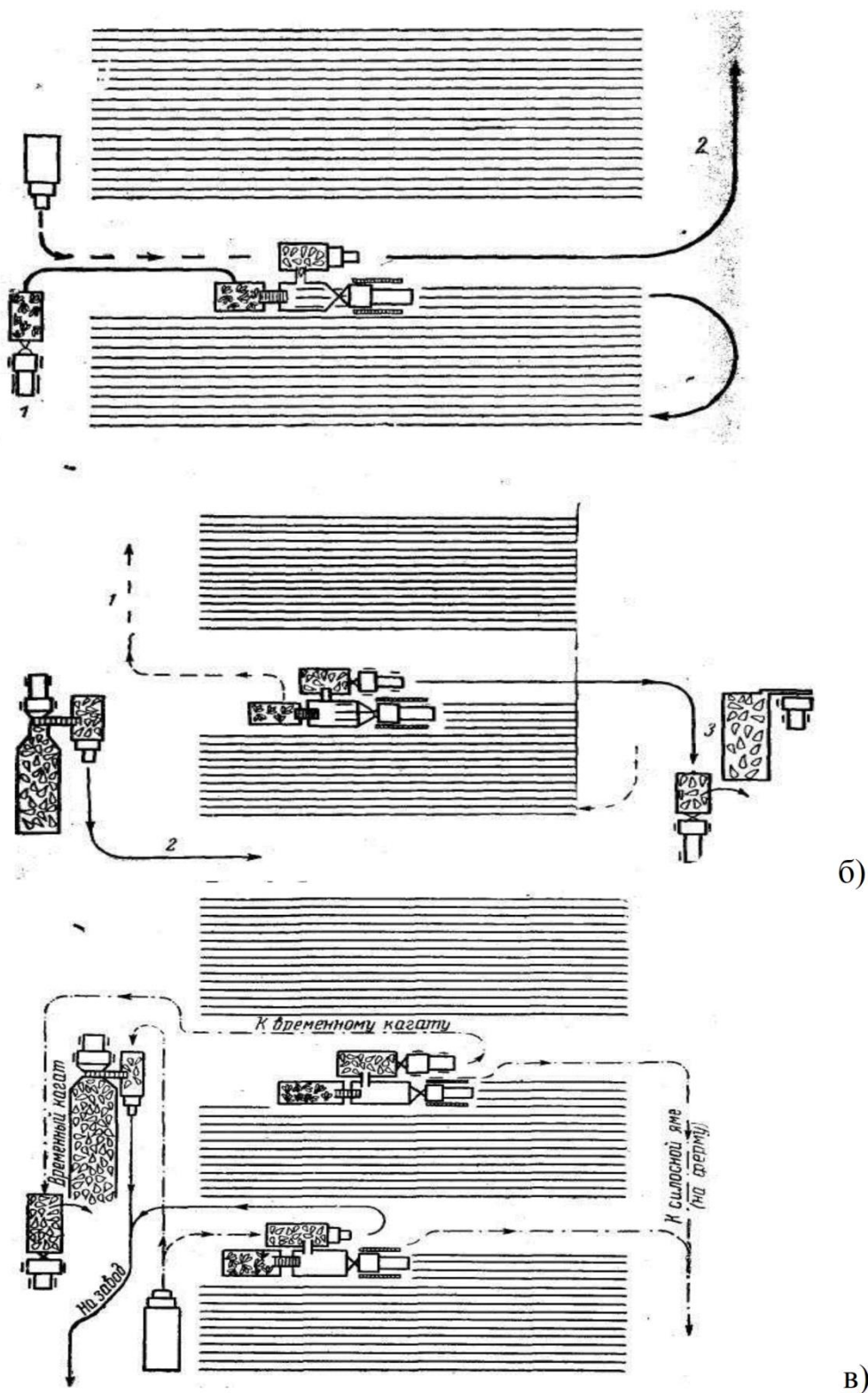


Рис. 1.1. Способи збирання цукрових буряків: а – потоковий; б – перевалочний; в – потоково-перевалочний.

У цьому випадку відпадає необхідність укладати коренеплоди в тимчасові польові кагати, внаслідок чого вони менше ушкоджуються, зменшуються втрати маси коренеплодів і цукру.

На плантаціях з сильною забрудненістю і низькою врожайністю коренеплодів при вмісті рослинної маси (у тому числі бадилля) у купі більше 3%, підвищеної вологості та твердості ґрунту, а також при недостатній забезпеченості господарства транспортними засобами використовують перевалочний спосіб. При цьому способі коренеплоди вивантажують у тимчасові польові кагати, а потім вантажать буряконавантажувачем в транспортні засоби і вивозять на цукровий завод (бурякоприймальний пункт). Продуктивність буряко-збиральних машин тут не залежить від кількості транспортних засобів. Для перевезення коренеплодів використовуються і тракторні причепа. Використання автотранспорту на перевезенні коренів на буряко-приймальний пункт не обмежується часом та режимом роботи коренезбиральних машин.

При даному способі часто використовується ручна праця для доочищення коренів від ґрунтових і рослинних залишків. Втрати маси через підв'ялення коренеплодів при тривалому зберіганні, втрати цукристості та пошкодження коренеплодів значно вищі, ніж при інших способах збирання.

В основному ж у господарствах застосовують змішаний потоково-перевалочний спосіб збирання цукрових буряків. Цей спосіб вигідний при значному видаленні плантацій від цукрових заводів (буряко-приймальних пунктів), нестачі транспортних засобів та неритмічній роботі збиральних машин. При цьому способі значну частину коренеплодів від коренезбиральних машин відвозять на цукровий завод (бурякоприймальний пункт), а за відсутності транспорту їх завантажують край поля в тимчасові кагати. Короткочасний запас буряків при перевалці дозволяє раціонально і продуктивно використовувати автотранспорт на вивезенні її протягом доби і у разі неможливості збирання через погодні умови.

Поточно-перевалочний спосіб дозволяє підвищити продуктивність і раціонально використовувати бурякозбиральні машини за рахунок своєчасного вивезення коренеплодів від цих машин безпосередньо на цукровий завод

(потоковий спосіб) і укладання коренеплодів у кагати за відсутності автотранспорту (перевалочний спосіб).

Встановлено, що при перевезенні буряків на відстань до 15 км найефективніший потоково-перевалочний спосіб з перевалкою до 30% всього обсягу транспортних робіт. Частка перевалки при відстані до бурякоприймального пункту 16...20 км може бути доведена до 50%, а при відстані більше 20 км – до 70% і більше.

Проблема очищення коренеплодів від ґрунту та інших домішок виникла з часів створення механізованих засобів збирання врожаю.

Аналіз літературних джерел, авторських свідоцтв та патентів показує, що існує велика різноманітність типів і конструкцій очисників коренеклубнеплодів. Однак, у конструкціях бурякозбиральних машин та комбайнів найбільшого поширення з них набули такі типи очисників: ротаційні кулачкові, вальцеві, ґратчасті грохоти, пруткові елеватори, пруткові барабани, турбінні та ін.

Ротаційні кулачкові очищувачі (рисунок 1.2) широко застосовуються для очищення вороху коренеплодів від ґрунту в мобільних та стаціонарних машинах.

Дані очищувачі конструктивно виконані у вигляді паралельних секцій, розташованих перпендикулярно щодо напрямку руху вороха і обертаються в один бік, зазвичай з однаковою швидкістю. Секції складаються з валів та комплекту зірочок та кулачків з розпірними втулками. Кулачки формою можуть бути лопатеві багатогранні. Кулачки суміжних валів розташовані в шаховому порядку таким чином, що кулачки одного вала входять у зазор між кулачками сусіднього, чим забезпечується самоочищення зазорів від домішок при їхньому обертанні. Очищувачі даного типу мають високу сепаруючу здатність, добре руйнують ґрунтові комки і при цьому володіють здатністю, що транспортує, близькою до транспортуючої здатності скребкового транспортера.

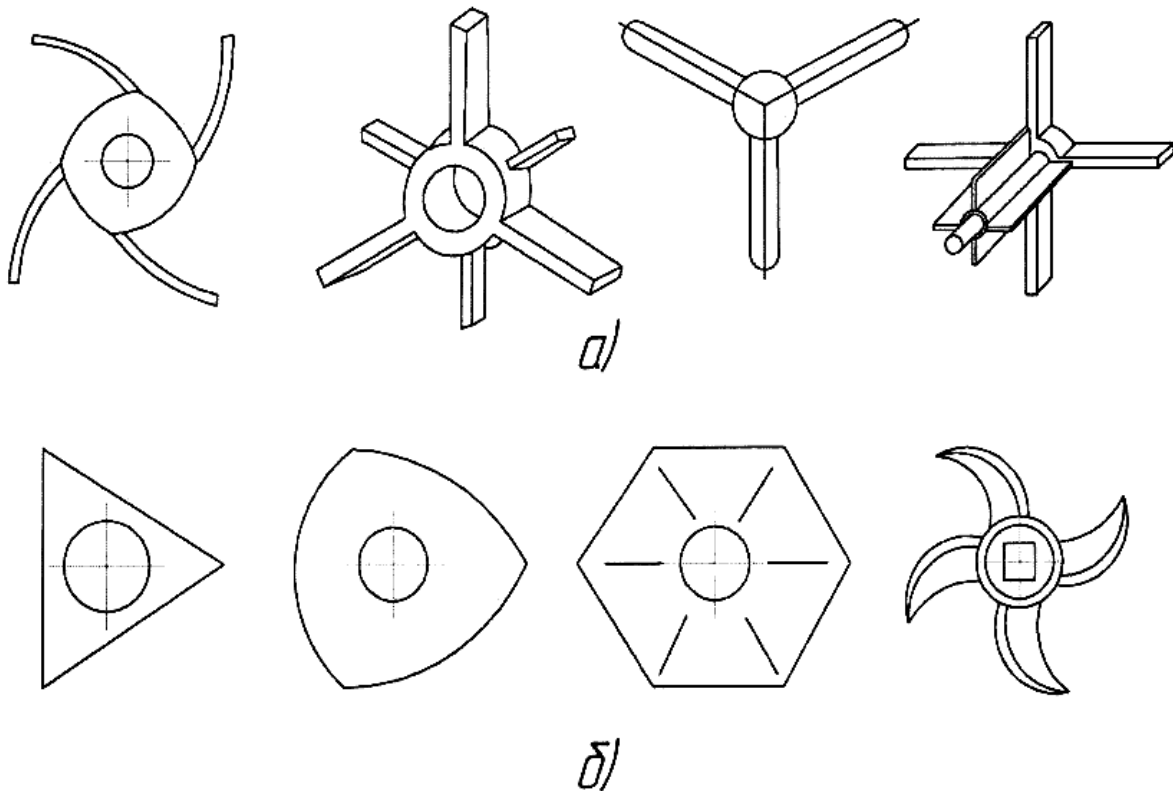


Рис. 1.2. Кулачкові очисники: а – з лопатевими кулачками; б - з багатограниними кулачками

До недоліків даного типу очисників слід віднести складність конструкції, як секцій очисника, так і їх приводу, а також можливість забивання очищувача при очищенні вороху коренеплодів, що містять рослинні домішки. Кулачкові очищувачі встановлені на коренезбиральних машинах КС-6Б, РКС-6 та ін.

Вальцові очищувачі можуть розташовуватися паралельно або перпендикулярно по відношенню до руху очищувача вороху коренеплодів. Часто вальці виготовляються зі спіральною навивкою для надання вороху коренеплодів поступального руху. Вальці, розташовані перпендикулярно до руху вороха коренеплодів, зазвичай обертаються в одну сторону для забезпечення транспортування вороху, при розташуванні вальців паралельно руху вороха вальці можуть обертатися назустріч один одному або в одну сторону. У різному виконанні вальці бувають циліндричними чи конічними. Між вальцями є зазор для просіювання ґрунту. Вальці, що обертаються, за рахунок сил тертя захоплюють компоненти вороху, очищають коренеплоди від домішок і вільного

грунту, захоплюють рослинні залишки і виштовхують їх у зазори. На рисунку 1.3 представлений вальцевий очисник коренезбиральної машини КС-6Б.

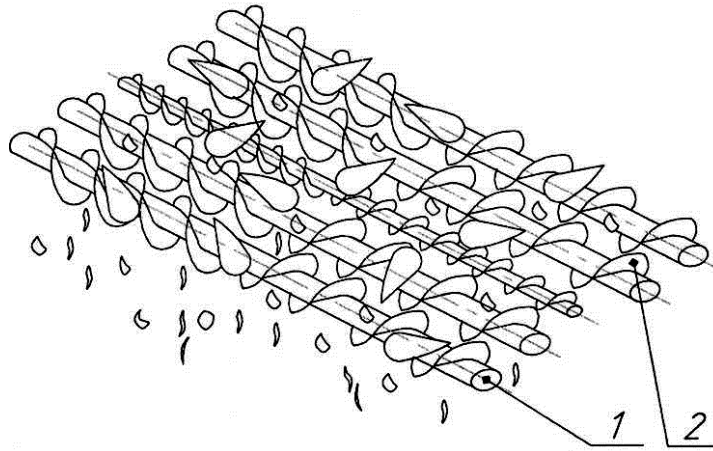


Рис. 1.3. Вальцевий очисник коренезбиральної машини КС-6Б: 1 – вал; 2 – лопаті.

До переваг вальцевих конвеєрів-очисників відносять: компактність, простоту конструкції та обслуговування, високий ступінь стирання ґрунту та очищення вороху коренеклубнеплодів, здатність відділення рослинних залишків.

Недоліками вальцевих очисників є: різке зниження працездатності та підвищення енергоємності при роботах на вологих ґрунтах, недостатній ступінь очищення вороху коренеплодів від міцних ґрунтових грудок, підвищена кількість пошкоджень хвостової частини коренеплодів.

Пруткові елеватори-очисники (рисунок 1.4) складаються з нескінченної пруткової гілки, що безперервно рухається навколо двох валів із зірочками, причому гілка приводиться в рух одним валом. Інший вал є натяжним. Конструктивно прутковий конвеєр-очисник є двома нескінченними, в основному паралельними ланцюгами, з'єднаними між собою паралельними прутками. Ворох коренеплодів надходить з боку натяжного валу, проходячи шлях, рівний довжині верхньої пруткової гілки, і скидається при її згині. Очищення вороху коренеплодів відбувається в результаті просіювання ґрунту між прутками.

Перевагами пруткових конвеєрів-очисників є: висока транспортна здатність, можливість переміщення вороха на значні відстані.

До недоліків відносять наступні: нездатність відокремлення від коренеплодів міцних ґрунтових грудок, велика кількість рухомих елементів конструкції, підвищений знос робочих органів, погане відділення рослинних домішок.

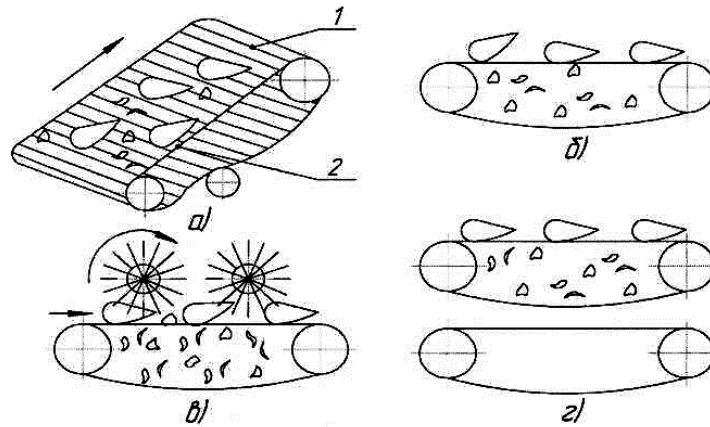


Рис. 1.4. Пруткові транспортери: а) загальний вигляд; б) одноконтурний; в) комбінований; г) двоконтурний: 1 – пруток; 2 – сполучні елементи

Барабанні конвеєри-очисники (рисунок 1.5) являють собою порожнисту циліндричну або конічну поверхню, виконану з прутків, встановлених уздовж утворюючих. Між прутками є зазори для просіювання ґрунту. Внутрішня частина таких очисників зазвичай має спіральну навивку для транспортування вороху коренеплодів. Ворох коренеплодів надходить всередину обертового барабанного очисника, транспортується в потрібному напрямку і таким чином очищається від домішок ґрунту за рахунок просіювання.

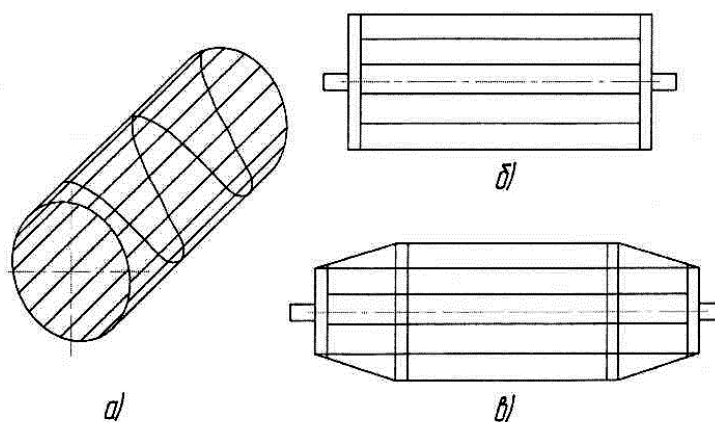


Рис. 1.5. Барабанні конвеєри-очисники: а – загальний вигляд; б – циліндричний; в – складовий.

Перевагами барабанних очисників є: невеликий ступінь ушкодження коренеплодів, підвищена просіваюча здатність на легких ґрунтах.

До недоліків відносяться: громіздкість конструкції, підвищений знос, неповне відділення міцних ґрунтових грудок та рослинних домішок. Тому у бурякозбиральних комбайнах вони не знайшли широкого застосування.

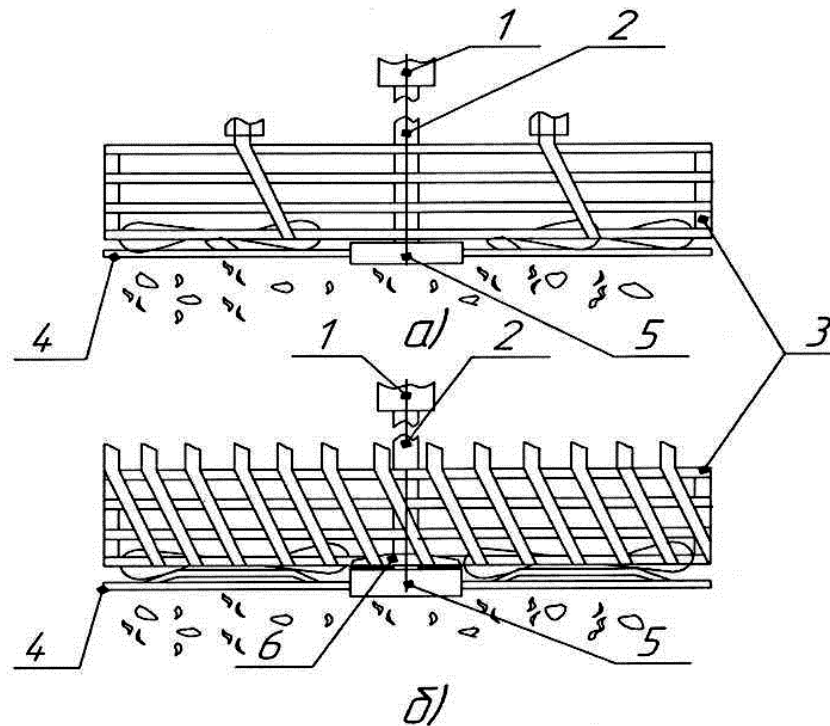


Рис. 1.6. Турбінні конвеєри-очисники: а – очисник коренеплодів комбайна «Terra Doss» фірми «Холмер» (Німеччина); б – очисник коренеплодів комбайна WKM-9000 «Agrifak» (Голландія).

Турбінні конвеєри-очисники (рисунок 1.6) являють собою пруткові диски, встановлені на кінці валу і приводяться в рух за допомогою системи передач. Прутки, що утворюють диск, зазвичай кріпляться на валу фланцями.

Ворох коренеплодів надходить на поверхню, що обертається пруткового диска, що відкидається відцентровими силами до периферії і одночасно звільняється від ґрунтових домішок. Турбінні конвеєри-очисники встановлені на сучасних бурякозбиральних комбайнах фірм Холмер, WKM-9000 та ін.

До переваг турбінних конвеєрів-очисників відносяться: компактність, простота конструкції, висока інтенсивність відділення домішок ґрунту; до

недоліків – підвищена кількість пошкоджень коренеклубнеплодів, намотування бур'янів на обертові елементи конструкції, утруднення при відділенні з вороху коренеплодів міцних ґрунтових грудок.

Висновки по розділу

Кожен із розглянутих типів очисників має як свої переваги, так і недоліки. Тому в конструкціях очисників багатьох бурякозбиральних машин і комбайнів зазвичай комбінується кілька видів робочих органів. Наприклад, система коренезбиральної машини КС-6Б складається з пруткових елеваторів, вальцевого очисника і кулачкового грудкоподрібнювача. У конструкціях сучасних бурякозбиральних комбайнів є пруткові елеватори, і турбінні очищувачі. Іноді очищувачі коренеплодів цукрових буряків оснащуються додатковими пристроями для інтенсифікації процесу очищення. Оснащення очисників додатковими пристроями зазвичай покращує якість очищення, але неминуче призводить до ускладнення конструкцій.

Оптимальним буде комбінація в одному пристрої різних очисників таким чином, щоб при транспортуванні коренеплоду під кутом до горизонту відбувалася інтенсивна механічна дія на коренеплід, причому пристрій повинен мати просту конструкцію, бути надійним у роботі та забезпечувати високу якість очищення.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРЕБІНЧАСТОГО КОПІРА ДООБРІЗНИКА БАДИЛЛЯ

Експериментальні дослідження з визначення оптимальних конструктивних параметрів гребінчастого копіра дообрізника бадилля проводилися згідно з ОСТ 10.8.6-2001.

Проведення досліджень шляхом однофакторного експерименту, тобто отримання результатів досліджень шляхом фіксації на якомусь рівні всіх незалежних змінних і потім почергове варіювання деяких з них не дозволяє комплексно оцінити їх вплив і вплив їх взаємодії на вихідний сигнал процесу. І тим більше утруднена оптимізація процесу. Ця обставина робить зрозумілою доцільність використання у розглянутих умовах методу планування експерименту та пошуку оптимального варіанту.

До початку планування експерименту необхідно встановити параметри, які потребують оптимізації. Цей параметр називається функцією відгуку. Він має бути ефективним, з погляду досягнення мети, простим, кількісним, легко обчислюваним, що виражається одним числом, що має фізичний сенс і існуючим для будь-яких умов.

При дослідженні дообрізника бадилля з експериментальним *гребінчастим копіром* як параметр оптимізації прийнятий показник якості зрізу головок коренеплодів, тобто вираховували відсоток нормально обрізаних коренеплодів.

Фактором називається змінна пернемінена величина, що приймає певний час, фіксоване значення. Кожен із чинників має певну сферу існування, тобто сукупність значень, які у реальних умовах можуть мати місце. При плануванні експерименту необхідною умовою є керованість факторами. Чинники повинні бути однозначними і визначатися з достатнім ступенем точності.

Факторами, що впливають на якість роботи дообрізника бадилля з експериментальним гребінчастим копіром, є:

- радіус загину крайніх пластин експериментального гребінчастого копіра дообрізача бадилля;
- швидкість руху дообрізача;
- висота установки гребінчастого копіра щодо поверхні ґрунту;
- параметри ножа;
- параметри механізму зв'язку ножа та гребінчастого копіра та ін.

На підставі апріорної інформації та результатів досліджень з вивчення стану посівів та фізико-механічних властивостей цукрових буряків, результатів дослідів з обґрунтування конструкції копіра дообрізача бадилля, а так само виходячи з конкретних завдань дослідження, були виявлені найбільш суттєві фактори. У процесі дослідження деякі з них не змінювалися та були закріплені на постійних рівнях.

Для вибору галузі дослідження було проаналізовано інформацію, пов'язану з реальними межами значень факторів. Для кожного фактора вибрано два рівні, нижній та верхній, у межах якого фактор змінюватиметься в експерименті. Після цього було визначено основний – нульовий рівень, навколо якого симетрично розташовуються експериментальні точки. Потім було встановлено інтервал варіювання факторів. Інтервалом варіювання фактора є число, додавання якого до основного, дає верхній рівень, а віднімання – нижній рівень фактора. Перехід від натуральних значень факторів до кодованих здійснюється за формулою:

$$X_i = \frac{\check{X}_i - X_{i0}}{\varepsilon}, \quad (2.1)$$

де \check{X}_i – кодоване значення фактора;

X_{i0} – натуральне значення на нульовому рівні фактора;

i – номер фактора;

ε – натуральне значення інтервалу варіювання фактора, визначали за формулою:

$$\varepsilon = \frac{X_i^B - X_i^H}{2}, \quad (2.2)$$

де X_i^B – значення фактора на верхньому рівні;

X_i^H – значення фактора на нижньому рівні.

У зв'язку з тим, що поставлено завдання дослідження функції відгуку та отримання інтерполяційних формул, при виборі меж варіювання потрібно врахувати реальні значення факторів, які вони набувають у процесі експлуатації. Тому нижнє значення факторів прийняті відповідно до розмірних характеристик коренеплодів цукрових буряків та технічних можливостей бадиллеріального механізму бурякозбиральних машин. Верхні значення факторів (радіус загину крайніх пластин) визначені виходячи з умови забезпечення можливості пересування гребінчастого копіра по рядку без видавлювання коренеплоду. Результати вибору факторів та область їх дослідження представлені у таблиці 2.1.

Метою дослідження є одержання математичного опису процесу копіювання експериментальним гребінчастим копіром при дообрізанні головок коренеплодів відхилених від осьової лінії рядка в поперечній площині, тобто, отримання залежностей між показником якості виконання процесу обрізання бадилля та прийнятими незалежними факторами.

Таблиця 2.1 – Фактори та область їх дослідження.

Фактор	Позначення	Рівень реального значення фактора			Код	Рівень кодованого значення фактора		
		нижній	основний	верхній		нижній	основний	верхній
Радіус згину пластин, мм	R	90	107	124	X_1	-1	0	+1
Висота установки, мм	H	-5	5	15	X_2	-1	0	+1
Швидкість руху, м/с	v_m	0,8	1,4	2	X_3	-1	0	+1

Як математичну модель процесу можуть бути прийняті функції:

$$\Delta K_n = f(R, H, v_m). \quad (2.3)$$

Така кореляційна залежність може бути представлена у вигляді:

$$y = b_0 + \sum^k b_i x_i + \sum_{i \leq j}^k b_{ij} x_j x_i + \sum^k b_{ii} x_i^2, \quad (2.4)$$

де y – функція відгуку;

b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти кореляційної залежності;

x_1, x_2, x_3 , – кодовані позначення факторів;

i, j – номери факторів.

Для апроксимації аналізованого процесу використовується лінійна частина кореляційної залежності:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3, \quad (2.5)$$

при її неадекватності – квадратична:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3, \quad (2.6)$$

Нами прийнято некомпозиційний план другого порядку запропонований Боксом та Бенкіном. Матриця некомпозиційного плану другого порядку для трьох факторів представлена у таблиці 2.2.

При отриманні адекватної математичної моделі другого порядку необхідно визначити координати оптимуму та вивчити властивості поверхні на околицях оптимуму. Для цього робимо канонічне перетворення отриманих математичних моделей. Для аналізу та систематизації, рівняння другого порядку призводили до канонічної форми:

$$Y - Y_s = B_{11} x_1^2 + B_{22} x_2^2, \quad (2.7)$$

де Y – значення критерію оптимізації;

Y_s – значення критерію оптимізації в оптимальній точці;

X_1, X_2 – нові осі координат, повернені відносно старих x_1, x_2 ;

B_{11}, B_{33} – коефіцієнти регресії в канонічній формі.

При канонічному перетворенні рівнянь проводили перенесення початку координат в нову точку S і поворот старих осей на деякий кут факторного простору, внаслідок чого зникають лінійні члени і змінюється значення вільного члена. Щоб здійснити перенесення початку координат в особливу точку поверхні відгуку, диференціювали функцію відгуку кожної змінної i ,

прирівнявши до нуля приватні похідні, вирішували отриману систему рівнянь, тобто знаходили значення факторів, що оптимізують величину критерію оптимізації.

Таблиця 2.2 – Матриця плану та рівня варіювання факторів.

Позначення	Фактори		
	Висота установки, мм	Радіус загину пластин, мм	Швидкість руху, м/с
	X ₁	X ₂	X ₃
1	+1	+1	+1
2	+1	+1	-1
3	+1	-1	+1
4	+1	-1	-1
5	-1	+1	+1
6	-1	+1	-1
7	-1	-1	+1
8	-1	-1	-1
9	+1	0	0
10	-1	0	0
11	0	+1	0
12	0	-1	0
13	0	0	+1
14	0	0	-1
15	0	0	0

Для визначення коефіцієнтів у канонічній формі вирішували характеристичне рівняння:

$$\left| \frac{(b_{11}-D)\frac{1}{2}b_{12}}{\frac{1}{2}b_{12}(b_{22}-B)} \right| = B^2 - (b_{11} + b_{12})B + (b_{11}b_{12} - \frac{1}{4}b_{12}^2) = 0, \quad (2.8)$$

Кут повороту α визначаємо з виразу:

$$\tan 2\alpha = \frac{b_{ij}}{b_{ii} - b_{jj}}, \quad (2.9)$$

Після канонічного перетворення та визначення виду поверхні відгуку, проводили її аналіз за допомогою двомірних перерізів. Для цього, надаючи різні значення критерію оптимізації в канонічному рівнянні, будували серію кривих

рівного виходу (ізоліній) в області допустимих значень варіювання незалежних змінних. Розгляд двомірних перерізів дає наочне уявлення про значення критерію оптимізації, які він набуває при варіюванні рівнів кожної пари факторів.

Для проведення лабораторних експериментальних досліджень було розроблено технічну документацію і виготовлено експериментальну лабораторну установку, схему та загальний вигляд деяких вузлів якої представлено на рисунках 2.1, 2.2, 2.3.

Експериментальна лабораторна установка складається з ґрунтового каналу 1 та встановленого на ньому візка 2 (рисунок 2.1). Візок 2 приводиться в рух за допомогою мотора-редуктора 3 ($N=1,5$ кВт), ланцюгової передачі 4 і системи поліспаствів 5. Привід дозволяє змінити швидкість переміщення візка 2 в досліджуваному інтервалі. До візка 2 кріпиться дообрізач з експериментальним гребінчастим копіром 5 за допомогою рами 7. Рама 7 має можливість переміщення по вертикалі, що дозволяє регулювати висоту його установки щодо поверхні ґрунту, що знаходиться в ґрунтовому каналі 1. У ґрунтовому каналі 1 встановлено пристосування 8 для фіксації коренеплодів. Пристосування 8 складається з каркаса 9 і майданчика 10, в якій є отвори для розміщення та закріплення коренеплодів.

Методика проведення експерименту полягає в наступному. Попередньо зважені коренеплоди цукрових буряків з залишками бадилля після обробки роторним механізмом, що зрізає бадилля, закріплюються в пристосуванні 9 (рисунок 2.3).

Підбираємо задану висоту установки гребінчастого копіра H , поступальну робочу швидкість v_m , встановлюємо гребінчастий копір з певним радіусом загину крайніх пластин R . Потім включенням з пульта управління 11 приводимо в дію візок 2. Після проходження дообрізача бадилля коренеплоди виймають, зважують, потім дочищають вручну відповідно до агротехнічних вимог, і знову зважують.

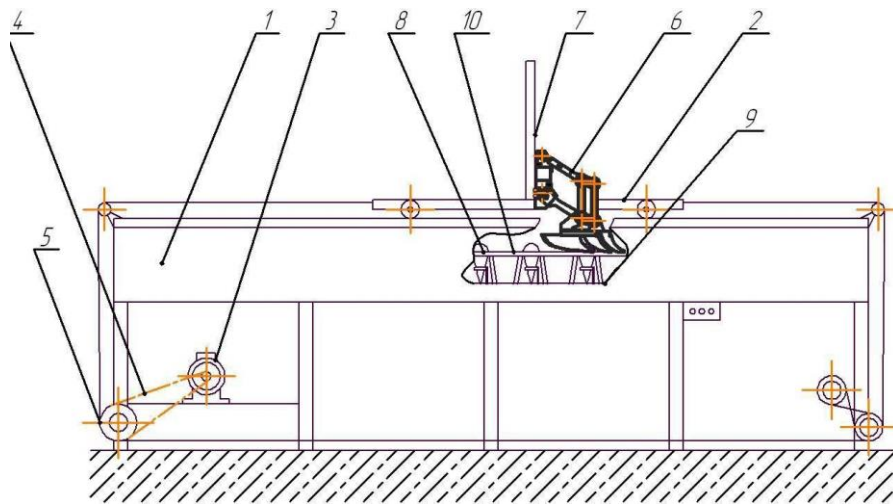


Рис. 2.1. Експериментальна лабораторна установка: 1 – ґрунтовий канал; 2 – візок; 3 – мотор-редуктор; 4 – ланцюгова передача; 5 – система поліспастів; 6 – дообрізувач; 7 – рама; 8 – пристосування для кріплення коренеплодів; 9 – каркас; 10 - майданчик.



Рис. 2.2. Лабораторна установка (загальний вигляд) для обґрунтування оптимальних та геометричних параметрів дообрізача бадилля з експериментальним гребінчастим копіром.

Якість роботи експериментального гребінчастого копіра дообрізача бадилля оцінювали за якістю зрізу головок коренеплодів, що визначається масовою часткою нормально обрізаних коренеплодів $K_{нг}$, яку можна знайти за формулою:

$$K_{\text{нг}} = \frac{m_{\text{нг}}}{m} \times 100, \quad (2.10)$$

де m – загальна маса коренеплодів і вороху;

$m_{\text{нг}}$ – маса нормально обрізаних коренеплодів із гладким зрізом, кг.



Рис. 2.3. Пристосування для фіксації коренеплодів.

Обробка результатів експерименту проводилася на ПЕОМ використанням прикладної програми «EXEL 12.0» та "STATISTIKA VERSION 6.0".

Внаслідок проведених лабораторних досліджень були отримано значення функцій відгуку якості зрізу бадилля головок коренеплодів при варіюванні незалежних факторів, відповідно до некомпозиційного плану другого порядку Бокса-Бенкіна. Їх чисельні значення представлені у таблиці 2.3.

Після обробки результатів багатофакторного експерименту на персональній ЕОМ отримано рівняння регресії другого порядку, що описує залежність якості зрізу головок коренеплодів цукрових буряків від вибраних факторів $\Delta K_{\text{нг}} = f(R, H, v_m)$ у закодованому вигляді:

$$y = 97,904 + 0,67x_1 + 0,75x_2 - 0,76x_3 - 5,80556x_1^2 - 2,60556x_2^2 - 1,95556x_3^2 + 0,2x_1x_2 + 0,15x_1x_3 - 0,025x_2x_3. \quad (2.11)$$

Для визначення значення факторів, що забезпечують оптимальне значення коефіцієнта варіації, вирішували систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = -11,61x_1 + 0,2x_2 + 0,15x_3 + 0,67 = 0 \\ \frac{dy}{dx_2} = 0,2x_1 - 5,2x_2 - 0,025x_3 + 0,75 = 0 \\ \frac{dy}{dx_3} = 0,15x_1 - 0,025x_2 - 3,8x_3 - 0,76 = 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Таблиця 2.3 – Матриця планування трифакторного експерименту плану близького до оптимального.

Номер серії дослідів	Фактори			Значення критерію оптимізації
	Висота установки, мм	Радіус загину пластин, мм	Швидкість руху, м/с	Кількість коренеплодів із нормальним зрізом, %
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	15	124	2,0	84,2
2	15	124	0,8	88,7
3	-5	124	2,0	86,2
4	-5	124	0,8	90,3
5	15	60	2,0	95,4
6	5	60	0,8	98,1
7	-5	60	2,0	87,9
8	-5	60	0,8	95,1
9	5	124	1,4	92,6
10	5	60	1,4	96,7
11	15	92	1,4	94,7
12	-5	92	1,4	91,8
13	5	92	2,0	92,4
14	5	92	0,8	97,6
15	5	92	1,4	96,8

Оптимальні значення параметрів дообрізача бадилля з експериментальним гребінчастим копіром при яких повнота обрізки головок коренеплодів становить 98 %, занесені до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Оптимальні значення досліджуваних факторів.

Фактор	Позначення	Код	Оптимальне значення факторів	
			У закодованому вигляді	У розкодованому вигляді
Висота установки, мм	H	X ₁	0,0577	6
Радіус загину пластин, мм	R	X ₂	0,147	95
Швидкість руху, м/с	v _M	X ₃	-0,193	1,27

Після отримання значень факторів необхідно вивчити поверхні відгуку у зоні оптимальних значень факторів за допомогою способу двовимірних перерізів. Для цього прирівнемо до нуля фактор x_1 і підставимо його в рівняння (2.11):

$$y = 97,904 + 0,75x_2 - 0,76x_3 - 2,605x_2^2 - 1,955x_3^2 - 0,025x_2x_3, \quad (2.13)$$

Далі склали систему диференціальних рівнянь, які представляють собою приватні похідні по кожному з факторів:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_2} = -5,2x_2 - 0,025x_3 + 0,75 = 0 \\ \frac{dy}{dx_3} = -0,025x_2 - 3,8x_3 - 0,75 = 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

Вирішуючи систему (2.14), визначаємо координати центру поверхні відгуку в закодованому вигляді: $x_2 = 0,14$, $x_3 = 0,19$ (відповідно після розкодування 96 мм та 1,5 м/с).

Після канонічного перетворення рівняння (4.13) прийме наступний вид:

$$Y - 97,904 = -2,605x_2^2 - 1,955x_3^2, \quad (2.15)$$

Аналогічно, прирівнюючи до нуля фактор x_2 і підставляючи його в рівняння (2.11), отримаємо:

$$y = 97,904 + 0,67x_1 - 0,76x_3 - 5,805x_1^2 - 1,955x_3^2 + 0,15x_1x_3, \quad (2.16)$$

Вирішуючи систему диференціальних рівнянь знайдемо координати центру поверхні відгуку:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = -11,6x_1 + 0,15x_3 + 0,67 = 0 \\ \frac{dy}{dx_3} = 0,15x_1 - 3,8x_3 - 0,75 = 0 \end{cases} \quad (2.17)$$

Координати центру поверхні відгуку в закодованому вигляді мають значення: $x_1 = 0,05$, $x_3 = 0,19$. Після розкодування 55 мм, а 13 м/с.

Після канонічного перетворення рівняння (2.17) прийме вид:

$$Y - 97,904 = -5,805x_1^2 - 1,955x_3^2, \quad (2.18)$$

Аналогічно прирівнюючи до нуля фактор x_3 і підставляючи його в рівняння (2.11), отримаємо:

$$y = 97,904 + 0,67x_1 - 0,75x_2 - 5,805x_1^2 - 2,605x_2^2 + 0,2x_1x_2, \quad (2.19)$$

Вирішуючи систему диференціальних рівнянь знайдемо координати центру поверхні відгуку:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = -11,6x_1 + 0,2x_2 + 0,67 = 0 \\ \frac{dy}{dx_2} = 0,2x_1 - 5,2x_2 + 0,75 = 0 \end{cases} \quad (2.20)$$

Координати центру поверхні відгуку в закодованому вигляді мають значення: $x_1 = 0,05$, $x_2 = -0,14$. Після розкодування 6 мм, а 127 мм.

Після канонічного перетворення рівняння (2.21) прийме вид:

$$Y - 97,904 = -5,805x_1^2 - 2,605x_2^2, \quad (2.21)$$

Рівняння (2.13), (2.16) і (2.19) вводили в ПЕОМ, внаслідок чого отримали двовимірні перерізи (рисунки 2.4...2.6), що характеризують залежність відгуку якості зрізу головок коренеплодів (масова частка нормально обрізаних коренеплодів $\Delta K_{\text{нг}}$) загину крайніх пластин гребінчастого копіра (R), швидкості руху дорізка (v) та висоти установки експериментального гребінчастого копіра над рівнем ґрунту (H). Вивчення поверхні відгуку проводили за допомогою двовимірних перерізів. Для цього будували лінії рівного виходу, що відповідали певним значенням критерію оптимізації. Причому, для аналізу з можливих двовимірних перерізів вибирали перерізи, які представляють найбільше практичне значення.



Рис. 2.4. Двовимірні перерізи, що характеризують залежність масової частки нормально обрізаних коренеплодів ($\Delta K_{гг}, \%$) від радіусу загину крайніх пластин гребінчастого копіра (R , мм) та швидкості руху дорізчика (v , м/с).

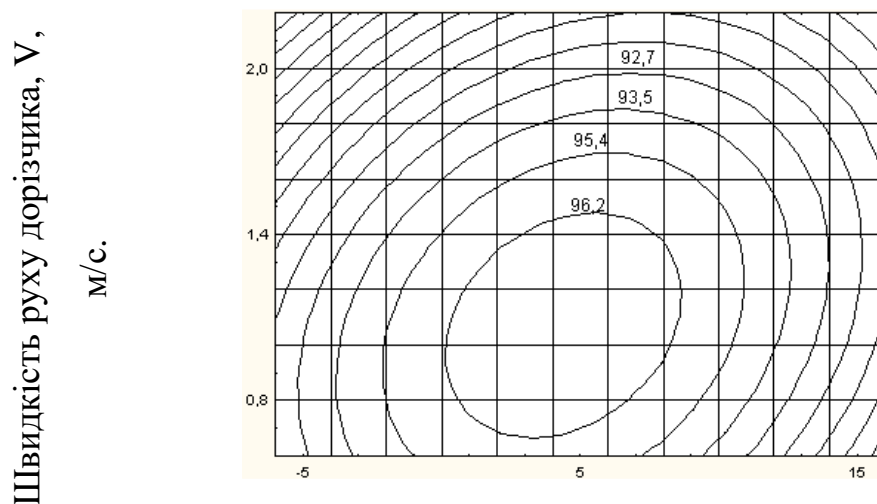
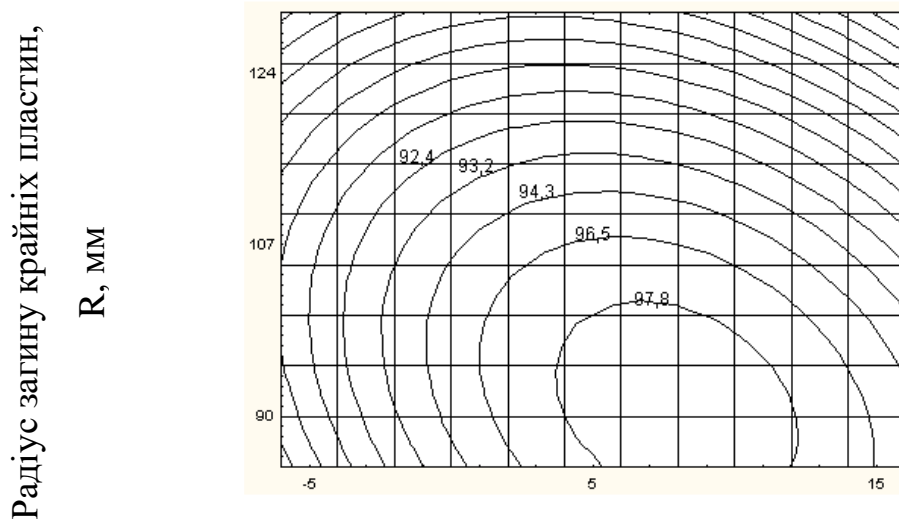


Рис. 2.5. Двовимірні перерізи, що характеризують залежність масової частки нормально обрізаних коренеплодів ($\Delta K_{гг}, \%$) від висоти установки механізму, що зрізає бадилля над рівнем ґрунту (H , мм) та швидкості руху дообрізача (v , м/с).



Висота установки гребінчастого копіра, Н, мм.

Рис. 2.6. Двовимірні перерізи, що характеризують залежність масової частки нормально обрізаних коренеплодів ($\Delta K_{нг}, \%$) від висоти установки механізму бадиллезрізання над рівнем ґрунту (Н, мм) і від радіусу загину крайніх пластин гребінчастого копіра (R, мм).

Для використання рівняння (2.11) в інженерних розрахунках зручніше подати його в розкодованому вигляді:

$$y = 95,38 + 0,8H + 0,2R + 4,9v - 0,02H^2 - 0,001R^2 - 2,3v^2 - 0,005H \cdot R + 0,06 H \cdot v + 0,007R \cdot v. \quad (2.22)$$

Аналізуючи графічне зображення двовимірних перерізів можна дійти висновку, що раціональні значення досліджуваних чинників перебувають у інтервалах: радіус загину крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90 \dots 100$ мм, швидкості руху дорізчика $v = 0,8 \dots 1,27$ м/с та висота установки експериментального гребінчастого копіра над рівнем ґрунту $H = 0 \dots 9$ мм, при цьому параметр оптимізації $K_{нг} = 96,9 \dots 98,2$ %. З аналізу отриманих оптимальних факторів (табл. 2.4) видно, що центр фігур перебуває у центрі експерименту.

За результатами досліджень запропоновано гребінчастий копір, схема якого представлена на рис. 2.7.

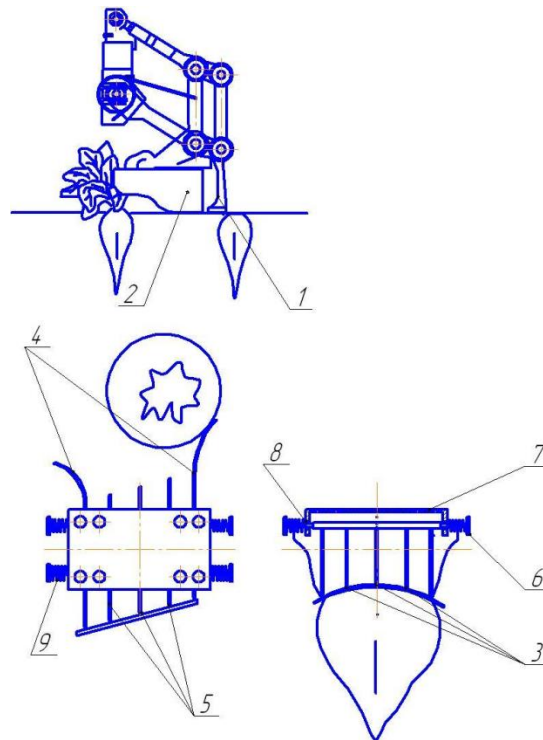


Рис. 2.7. Дообрізувач гички з гребінчастим копіром: 1 – ніж; 2 – гребінчастий копір; 3 – робоча кромка пластин; 4 – крайні пластини; 5 – пластини; 6 – упор; 7 – отвір; 8 – П-подібна рамка; 9 – пружина



Рис. 2.8. Прототип дорізка гички з гребінчастим копіром: 1 – ґрунтовий канал; 2 – модель головки коренеплоду; 3 – кронштейн; 4 – олівець; 5 – пристосування для кріплення коренеплодів

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

При проведенні досліджень щодо визначення оптимального значення висоти установки експериментального гребінчастого копіра H всі параметри та режими роботи збиральної машини, за винятком H , залишалися постійними, рівними оптимальним значенням, отриманим в результаті проведених лабораторних досліджень. Висоту установки механізму зрізу змінювали від 40 мм до + 40 мм, з інтервалом 10 мм. Робоча швидкість бурякозбирального комбайна = 1,4 м/с, радіус загину крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90$ мм.

За результатами обробки дослідних даних будували графіки залежностей величини втрат цукроносної маси в зрізаних головках коренеплоду ΔK_r (%) та кількості коренеплодів з нормальним зрізом $\Delta K_{нг}$, (%) від висоти установки механізму бадилезрізання (H , мм).

Кореляційний зв'язок між величиною втрат цукроносної маси у зрізаних головках коренеплоду ΔK_r (%) та кількості коренеплодів з нормальним зрізом $\Delta K_{нг}$, (%) і висотою установки механізму бадилезрізання (H , мм) виражається рівнянням параболічної функції:

$$\Delta K_{нг} = 93,2041 + 0,0595 \cdot H - 0,0044 \cdot H^2; \quad (3.1)$$

$$\Delta K_r = 1,7633 - 0,0869 \cdot H + 0,0011 \cdot H^2. \quad (3.2)$$

З отриманих даних можна зробити висновок про те, що за мінімальної висоті установки експериментального гребінчастого копіра, кількість коренеплодів з нормальним зрізом не перевищує 90 %, та супроводжується підвищеним відсотком втрати цукроносної маси у зрізаних головках коренеплодів. Це пов'язано з тим, що гребінчастий копір із заглибленими пластинами у ґрунт при зіткненні з коренеплодами, відхиленими від осьової лінії рядка, не здатний здійснювати переміщення у поперечній площині осі рядка. Найкраща якість обрізки головок коренеплодів досягається при $H = 0 \dots$

12 мм. При подальшому збільшенні висоти установки механізму зрізання знижується повнота обрізки головки коренеплідів, так як гребінчастий копір погано копіює низько розташовані коренеплоди (Рис. 3.1).

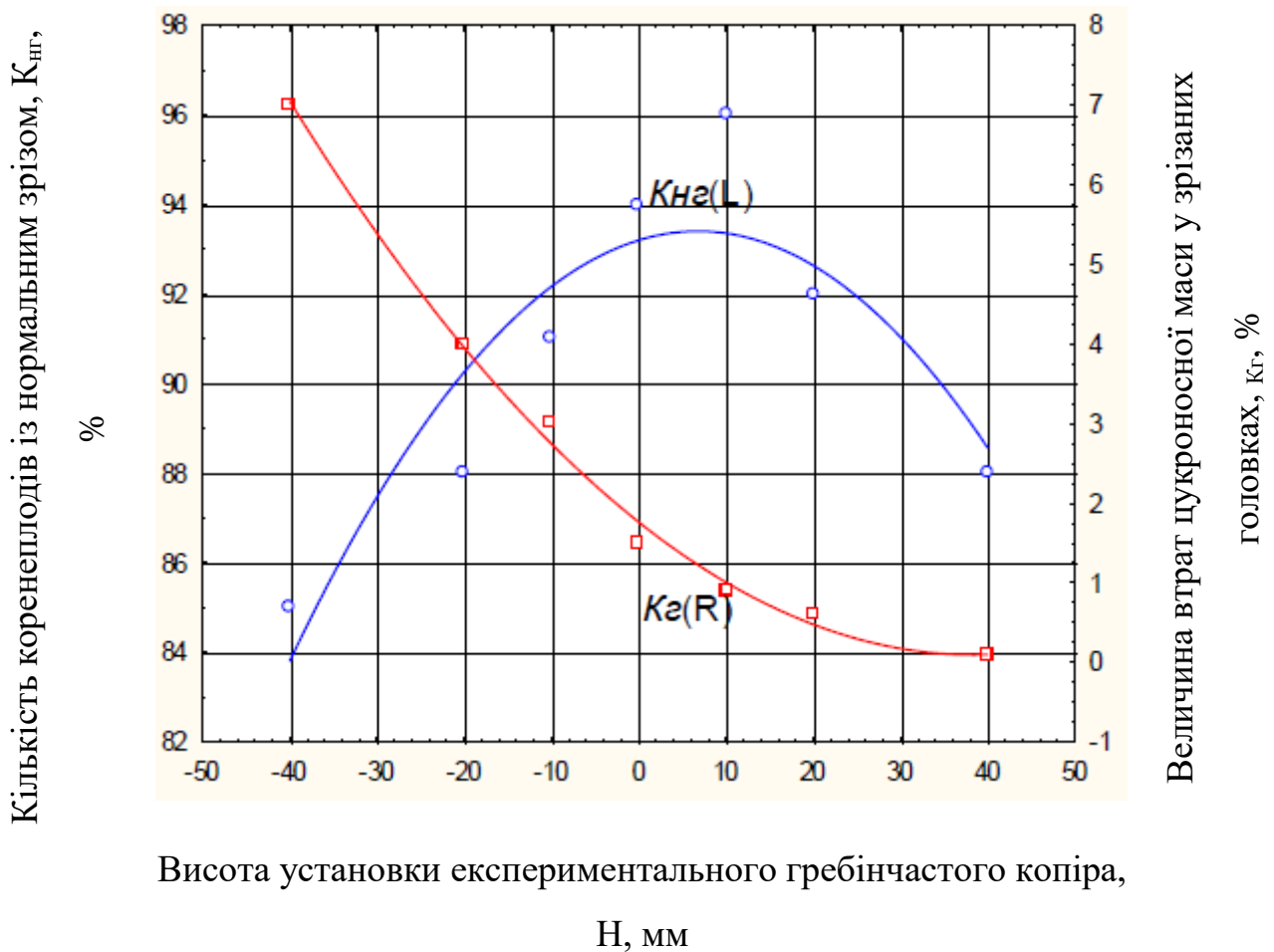


Рис. 3.1. Залежність величини втрат цукронової маси в зрізаних головках коренеплоду $\Delta K_{г}$ (%) та кількості коренеплідів з нормальним зрізом $\Delta K_{нГ}$ (%) від висоти установки механізму зрізання (H , мм).

Найкращі результати, що відповідають агротехнічним вимогам, отримані за $H = 12$ мм. Так, $\Delta K_{нГ} = 96\%$, $\Delta K_{г} = 1,1\%$.

Дослідження по визначенню оптимального значення радіуса загину крайніх пластин гребінчастого R проводилися при зміні даного параметра від 70 мм до 130 мм з інтервалом 10 мм. Колишні параметри і режими роботи механізму зрізання залишалися без зміни.

Кореляційний зв'язок величини втрат цукронової маси в зрізаних головках коренеплоду $\Delta K_{г}$ (%) та кількості коренеплідів з нормальним зрізом

$\Delta K_{\text{нг}}$, (%) від радіусу загину крайніх пластин гребінчастого R виражається рівнянням параболічної функції:

$$\Delta K_{\text{нг}} = 0,2857 + 1,8762 \cdot R - 0,0095 \cdot R^2; \quad (3.3)$$

$$\Delta K_{\text{Г}} = 22,7571 - 0,4617 \cdot R + 0,0025 \cdot R^2. \quad (3.4)$$

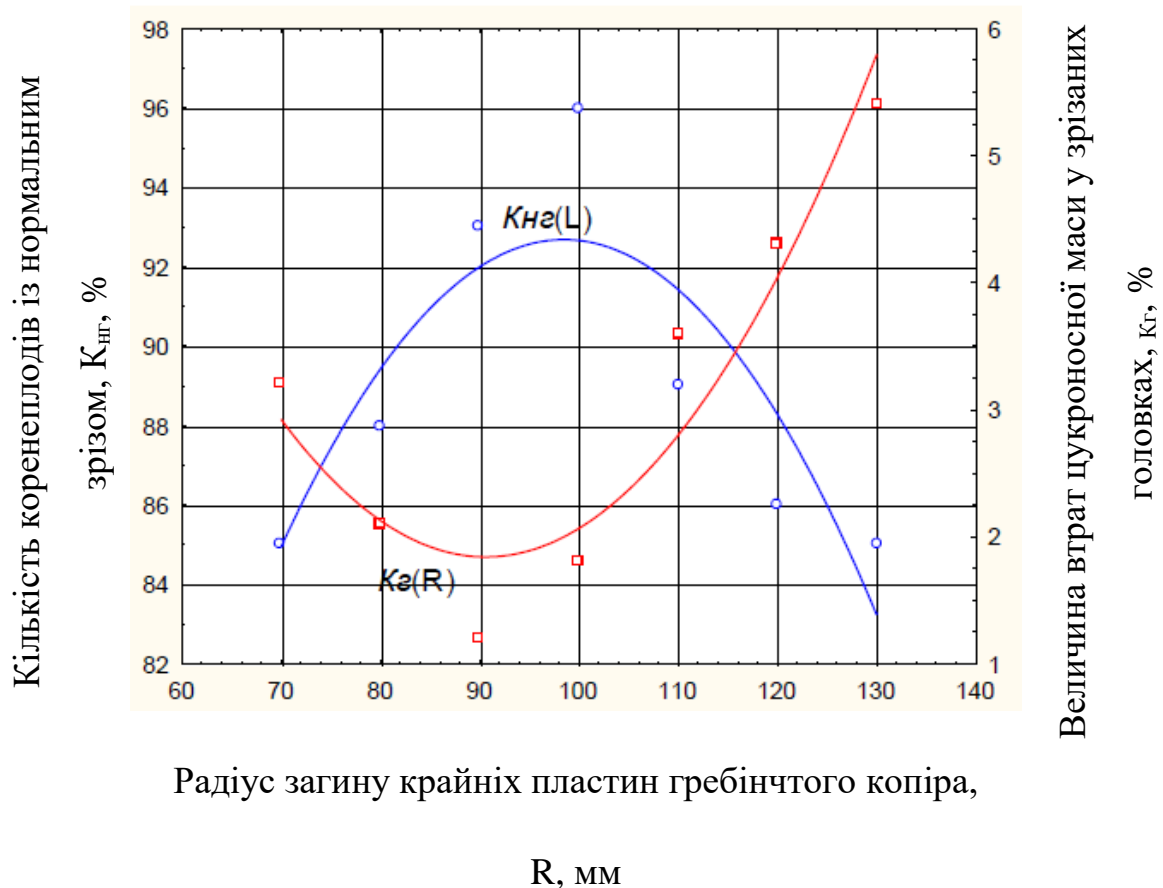
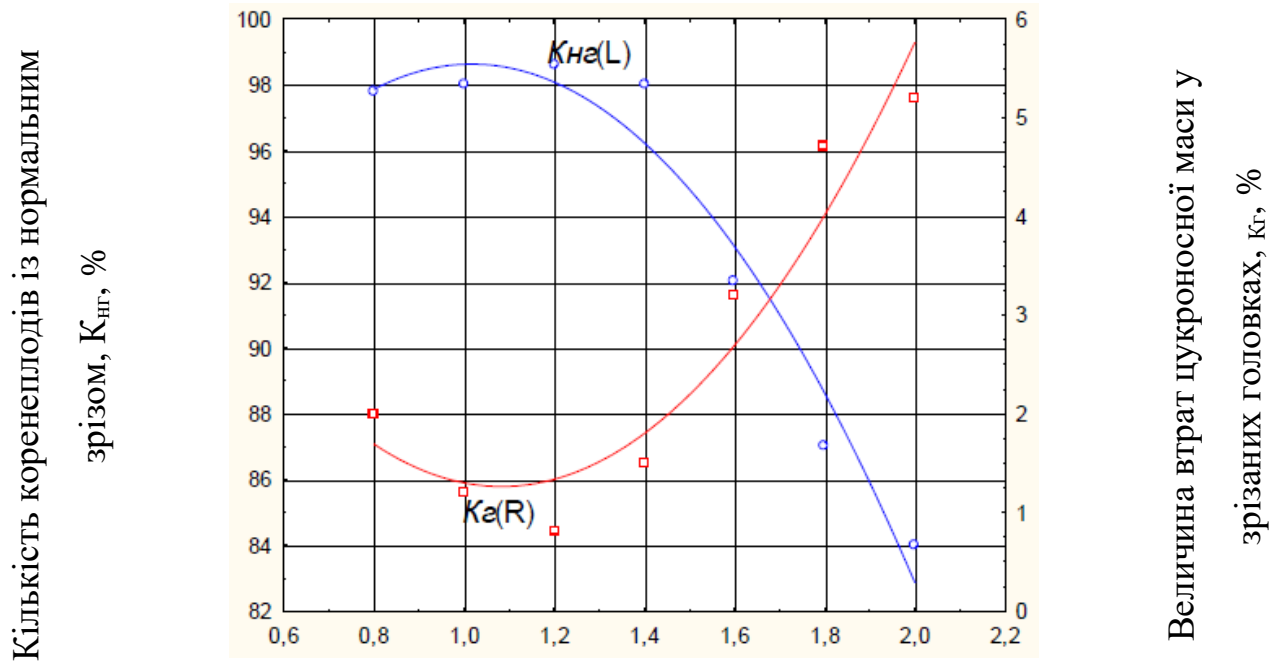


Рис. 3.2. Залежність величини втрат цукронової маси у зрізаних головках коренеплоду $\Delta K_{\text{Г}}$ (%) та кількості коренеплодів з нормальним зрізом $\Delta K_{\text{нг}}$, (%) від радіусу загину крайніх пластин гребінчастого копіра (R , мм).

Отримані результати свідчать, що якісні показники роботи розробленого дорізчика бадилля задовольняє агротехнічним вимогам при радіусі загину крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90 \dots 100$ мм. При збільшенні даного показника відбувається підвищення тиску на коренеплід при зіткненні з робочою поверхнею крайньої пластини гребінчастого копіра, що призводить до видавлювання коренеплоду з рядка. Застосування крайніх пластин з радіусом загину $R < 90$ мм спричиняє підвищення травмування коренеплодів за рахунок врізання пластин при зіткненні з коренеплодом (рис. 3.2).

При визначенні оптимального значення робочої швидкості збиральної машини v , м/с встановлювали наступні параметри та режими роботи розробленого дорізчика бадилля: висота установки експериментального гребінчастого копіра над рівнем ґрунту $H = 0$ мм, радіус загину крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90$ мм, робочу швидкість збирання машини V_M змінювали не більше $0,8 \dots 2,2$ м/с з інтервалом $0,2$ м/с.



Робоча швидкість бурякозбирального комбайна V_M , м/с

Рис. 3.3. Залежність величини втрат цукронової маси у зрізаних головках коренеплоду ΔK_T (%) та кількості коренеплодів з нормальним зрізом $\Delta K_{нг}$ (%) від робочої швидкості бурякозбирального комбайна (V_M , м/с).

Кореляційний зв'язок між величиною втрат цукронової маси у зрізаних головках коренеплоду ΔK_T (%) та кількості коренеплодів з нормальним зрізом $\Delta K_{нг}$ (%) та робочою швидкістю збиральної машини V_M , м/с виражається рівнянням параболічної функції:

$$\Delta K_{нг} = 81,7714 + 33,167 \cdot V_M - 16,3095 \cdot V_M^2; \quad (3.5)$$

$$\Delta K_T = 7,55 + 11,6071 \cdot V_M - 5,3571 \cdot V_M^2. \quad (3.6)$$

Отримані результати свідчать про те, що при зміні швидкості в межах $V_M = 0,8 \dots 1,78$ м/с, величина втрат цукронової маси в зрізаних голівках

коренеплодів становитиме $\Delta K_r = 1,8...2,1$ %, а кількість коренеплодів із нормальним зрізом у загальній масі зібраного вроху $\Delta K_{nr} = 90...98$ %.

При підвищених робочих швидкостях понад 2 м/с кількість коренеплодів із нормальним зрізом знижується до 84 %, а величина втрат цукроносної маси у зрізаних голівках коренеплодів зростає до 5 %. Це пов'язано з тим, що механізм зв'язку гребінчастого копіра та плоского ножа не встигає передати сигнал від гребінчастого копіра до плоского ножа та встановити його на необхідну висоту різання (рис. 3.3).

При проведенні досліджень щодо визначення раціональної кількості еластичних очищувачів N транспортувально-очисного пристрою всі параметри та режими роботи пристрою, за винятком N , залишалися постійними. Досліди проводилися з кількістю еластичних очисників 1, 2, 3 та 4, а також без очисників. У цьому довжина (висота) еластичних очищувачів $h = 180$ мм, довжина ворсинок $l = 80$ мм, частота обертання ротаційних дисків $n = 80$ min^{-1} . Результати обробки дослідних даних представлені на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Залежність кількості зв'язного ґрунту на коренеплодах ($\Delta G''_п$) від кількості еластичних очисників (N , шт.)

Кореляційний зв'язок між кількістю зв'язного ґрунту в убраному вросі $\Delta G''_п$ та кількістю еластичних очищувачів N виражається функцією:

$$\Delta G''_{\Pi} = 1,97 - 1,33N + 0,22 N^2 \quad (3.7)$$

при $R = 0,97$

При роботі бурякозбирального комбайна без еластичних очисників кількість зв'язаного ґрунту перевищувала 2 %. З збільшенням кількості еластичних очисників з нуля до двох кількість зв'язаного ґрунту різко знижується і сягає 0,6 %. Тому подальше збільшення кількості еластичних очищувачів не має великого значення, тому що на коренеплодах залишається незначна кількість ґрунту. У зв'язку з цим для подальших досліджень приймаємо $N = 2$ шт.

При проведенні досліджень щодо визначення раціональної частоти обертання ротаційних дисків n транспортує-очисного пристрою всі параметри та режими роботи пристрою крім n залишалися постійними. Дослідження проводили при частоті обертання 70, 80, 90, 100 та 110 хв^{-1} . Результати обробки дослідних даних представлені на рисунку 3.6.

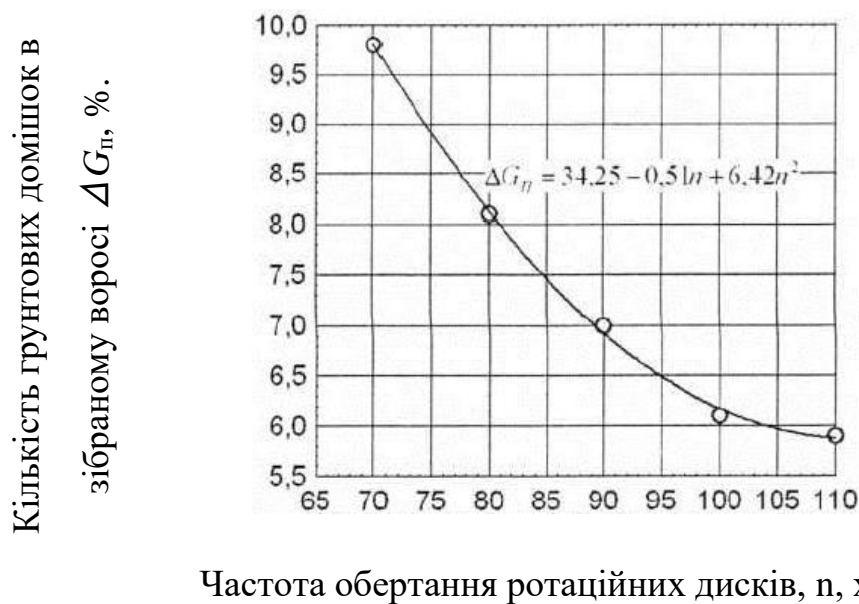


Рис. 3.5. Залежність кількості ґрунтових домішок у зібраному воросі (ΔG_{Π} , %) від частоти обертання ротаційних дисків (n , хв^{-1})

Кореляційний зв'язок між кількістю всього ґрунту в убраному воросі ΔG_{Π} та частотою обертання ротаційних дисків n виражається функцією:

$$\Delta G_{\Pi} = 34,25 - 0,51n + 6,42n^2, \quad (3.8)$$

при $R = 0,96$

Як показують результати досліджень, мінімальна кількість ґрунтових домішок у прибраному воросі коренеплодів цукрових буряків забезпечується при частоті обертання ротаційного диска $n = 100 \dots 110 \text{ хв}^{-1}$. Однак зі збільшенням частоти обертання n більше 90 хв^{-1} різко збільшується кількість пошкоджених коренеплодів (без урахування пошкоджених пристроями). Тому раціональними значеннями досліджуваних параметрів є

$n = 80 \dots 90 \text{ хв}^{-1}$, при яких кількість ґрунтових домішок у прибраному воросі коренеплодів відповідає агротехнічним вимогам.

При проведенні досліджень щодо визначення раціональної поступальної (робочої) швидкості комбайна v_p всі параметри та режими роботи пристрою за винятком v_p залишалися постійними. Робочу швидкість комбайна визначали на кожній облікової ділянці за раніше викладеною методикою. Результати обробки дослідних даних представлені рис. 3.6.

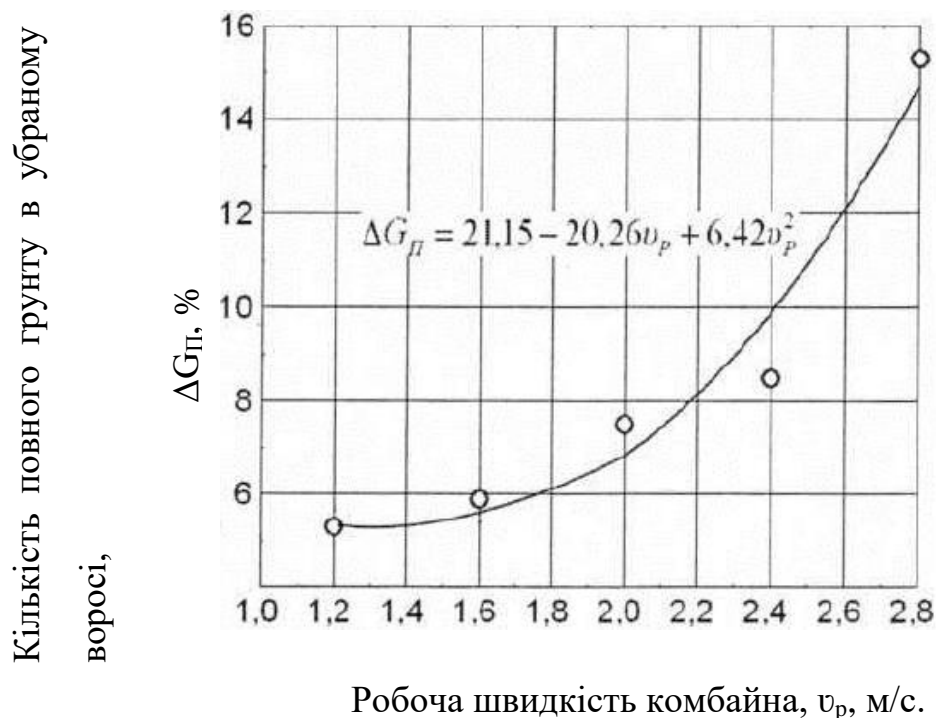


Рис. 3.6. Залежність кількості ґрунтових домішок у прибраному воросі ($\Delta G_{п}, \%$) від робочої швидкості комбайна ($v_p, \text{ м/с}$)

Кореляційний зв'язок між кількістю всього ґрунту в убраному воросі G_{Π} та поступальною (робочою) швидкістю комбайна v_p виражається функцією:

$$\Delta G_{\Pi} = 21,15 - 20,2 v_p + 6,42v_p^2, \quad (3.9)$$

при $R = 0,97$.

Висновки по розділу

Як показують результати дослідження, зі збільшенням поступальної (робочої) швидкості комбайна кількість ґрунтових домішок в убраному воросі коренеплодів цукрових буряків збільшується, причому при наближенні швидкості $v_p = 2,8$ м/с цей показник виходить за межі агротехнічної допустимої величини. Раціональними швидкостями бурякозбирального комбайна є $v_p = 1,2 \dots 2,0$ м/с.

Необхідно відзначити, що кількість пошкоджених коренеплодів в збиранні вороху у всіх дослідах відповідала агротехнічним вимогам і не перевищувала 1%.

ВИСНОВКИ

При вдосконаленні конструкції дорізчика гички та системи очищення коренеплодів бурякозбирального комбайна необхідно враховувати стан посівів та фізико-механічні властивості цукрових буряків, а також фракційний склад та фізико-механічні властивості вороху коренеплодів, що надходить на очищення.

В результаті лабораторних досліджень, проведених з використанням теорії багатофакторного експерименту, отримані раціональні значення геометричних параметрів експериментального гребінчастого копіра. Так, кількість коренеплодів із нормальним зрізом $\Delta K_{\text{нр}} = 96,9 \dots 98,2 \%$ відповідає агротехнічним вимогам при радіусі загиу крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90 \dots 100$ мм, швидкості руху дорізчика $v = 1,4 \dots 2,3$ м/с та висоті установки експериментального гребінчастого копіра над рівнем ґрунту $H = 0 \dots 9$ мм.

Отримано рівняння регресії другого порядку, за допомогою яких визначено раціональні значення геометричних та кінематичних параметрів транспортувально-очисного пристрою: кількість еластичних очищувачів $N = 2 \dots 3$ шт.; частота обертання ротаційного диска $n = 85 \dots 95$ хв⁻¹; робоча швидкість $= 1,4 \dots 2,3$ м/с. Визначено раціональні значення довжини (висоти) еластичних очищувачів $h = 130 \dots 140$ мм та довжини їх ворсинок $l = 70 \dots 80$ мм, що дозволяють максимально очистити коренеплоди від ґрунту.

Лабораторно-польові дослідження підтвердили доцільність застосування розробленого дорізчика гички з експериментальним гребінчастим копіром. Якісні показники, що відповідають агротехнічним вимогам, отримані при: висоті установки експериментального гребінчастого копіра над рівнем ґрунту $H = 0 \dots 12$ мм, радіусі загиу крайніх пластин гребінчастого копіра $R = 90 \dots 100$ мм, робочої швидкості збиральної машини $v_M = 1,4 \dots 2,3$ м/с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агибалов, А. В. Оптимальные условия уборки урожая. Сахарная свекла. 2001. №8. С. 12-17.
2. Акбирова Р. А. Проблемы регулирования плодородия и агроэкологическая оценка почв лесостепной зоны Республики .Почвы Южного Урала и Среднего Поволжья: экология и плодородие . Уфа. 2006. С. 123-129.
3. Аничин, Л. М. Уборке – оптимальные сроки. Сахарная свекла. 1975. №7. С. 17-18.
4. Багаутдинов Ф. Я. Изменение содержания, состава органического вещества и продуктивности чернозёмов выщелоченных при сельскохозяйственном использовании. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. №4. С. 34-42.
5. Балков И. Я. Как правильно заложить демонстрационный опыт. Сахарная свекла. 2009. №2. С. 129-134.
6. Балохонцев Е. Н. Минеральное питание и продуктивность сахарной свеклы: научное издание. Москва : Наука, 1988. 238 с.
7. Бугаенко И. Ф. Технологические качества свеклы и выход сахара. Сахарная свекла. 1990. №4. С. 65-71.
8. Бузанов И. Ф. О методах технологической оценки . Сахарная свекла. 1973. №12. С. 63-72.
9. Вишневецкий, А. М. Уборку свеклы – на поток. Сахарная свекла. 1994. №7.
10. Габбасова И. М. Влияние способов обработки почвы на свойства слабокислотного чернозема выщелоченного. Известия Самарского научного центра РАН. 2013. С. 24-28.
11. Гуреев И. И. Инновационный опыт производства сахарной свеклы в Центрально-Черноземном регионе Москва : ФГНУ Росинформагротех, 2009.

12. Гуреев, И. И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы: практическое руководство / 2-е изд. Москва : Печатный город, 2011. 347 с.

13. Зубенко В. Ф. Методика исследований по сахарной свекле. Киев : ВНИС, 1986. 237 с.

14. Ионицей Ю. С. Технологические качества корнеплодов сахарной свеклы современных гибридов. Сахарная свекла. 2006. №9. С. 23-34

15. Исламгулов, Д. Р. Продуктивность и технологические качества корнеплодов сахарной свеклы при различной густоте стояния растений. Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 6. С. 86-93.