

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня “Магістр”
на тему:

**Обґрунтування параметрів та режимів роботи
коренезбиральної машини**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-1-23
за спеціальністю 208 “Агроінженерія”

_____ Матус Р.Р.

Керівник _____ Кобець О.М.

Рецензент _____
(підпис, прізвище та ініціали)

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Матус Руслан Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

керівник роботи Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих способів збирання буряків. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Сучасний стан і задачі механізації процесів збирання кормового буряка 2. Агротехнологічні передумови вибору процесу викопування коренеплодів кормового буряка з ґрунту. 3. Збирання коренеплодів способом активного зіштовхування і робочий орган для його здійснення. 4. Організація робіт із застосуванням коренезбиральної машини. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність впровадження проекту. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і завдання досліджень. 2. Сучасний стан механізації збирання кормового буряка. 3. Робочі органи, що працюють способом підкопування. 4, 5. Дослідження технологічного процесу викопування коренеплодів 6. Викопувальний робочий орган коренезбирального пристрою. 7. Пристрій для викопування коренеплодів з ґрунту способом активного зштовхування. 8. Визначення оптимальної форми кулачка приводу активного зіштовхувача. 9. Організація робіт із застосуванням коренезбиральної машини. 10. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
1	Кобець О.М.		
2	Кобець О.М.		
3	Кобець О.М.		
4	Кобець О.М.		
5	Кобець О.М.		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: _____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів дипломного Проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	01.09.2024	виконано
2	Теоретичний	01.10.2024	виконано
3	Експериментальний	25.10.2024	виконано
4	Охорона праці	05.11.2024	виконано
5	Економічний	15.11.2024	виконано
6	Демонстраційна частина	25.11.2024	виконано

Студент

(підпис)

Матус Р.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кобець О.М.

(прізвище та ініціали)

№	Формат	Позначення	Найменування	К-ть арк.	Номер аркуша	Прим
1	A4	52 ДР.000.000.000.ПЗ	Пояснювальна Записка	110		
2	A4	Microsoft PowerPoint	Презентаційні матеріали		1	
			<u>Мета і завдання досліджень</u>		2	
			<u>Сучасний стан механізації збирання кормового буряка</u>		3	
			<u>Робочі органи, що працюють способом підкопування</u>		4,5	
			<u>Дослідження технологічного процесу викопування коренеплодів</u>		6	
			<u>Викопувальний робочий орган коренезбирального пристрою</u>		7	
			<u>Пристрій для викопування коренеплодів з ґрунту способом активного зштовхування</u>		8	
			<u>Визначення оптимальної форми кулачка приводу активного зіштовхувача</u>		9	
			<u>Організація робіт із застосуванням коренезбиральної машини</u>		10	
			<u>Загальні висновки.</u>		11	

Анотація

Обґрунтування параметрів та режимів роботи коренезбиральної машини.

Магістерська робота складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 64 найменувань. Основна частина роботи викладена на 97 сторінках машинописного тексту, містить 30 рисунків і 4 таблиць.

Об'єктом дослідження є робочий орган для видалення з ґрунту коренеплодів кормового буряка.

Мета роботи полягає в дослідженні різних типів викопувальних робочих органів коренезбиральних машин, аналізі науково-теоретичних передумов вдосконалення механізованих способів і технічних засобів для збирання коренеплодів кормового буряка, що забезпечують зниження витрат ручної праці, енергоємності і підвищення якості виконання робіт.

В роботі розглянуто питання організації робіт із застосування удосконаленої коренезбиральної машини і описані заходи по охороні праці та надзвичайних ситуацій на об'єктах і під час експлуатації коренезбиральної машини.

Виконано розрахунки по економічному обґрунтуванню запропонованих змін, розрахована ефективність капітальних вкладень.

Ключові слова: кормовий буряк, коренеплод, ефективність, коренезбиральна машина, технологічний процес.

Зміст

Вступ.....	7
1. Сучасний стан і задачі механізації процесів збирання буряку кормового.....	8
1.1. Технологічні процеси збирання коренів кормового буряка і типи коренезбиральних машин.....	8
1.1.1. Ручне збирання коренеплодів.....	8
1.1.2. Збирання необрізаних коренеплодів.....	9
1.1.3. Комбайнове збирання коренеплодів.....	9
1.1.4. Роздільне збирання коренеплодів.....	12
1.2. Типи робочих органів для збирання буряків.....	21
1.2.1. Робочі органи, що працюють способом підкопування.....	22
1.2.2. Робочі органи, що працюють за способом теребіння.....	25
1.2.3. Робочі органи, що працюють способом зіштовхування.....	26
2. Агротехнологічні передумови вибору процесу викопування коренеплодів кормового буряка з ґрунту.....	29
2.1. Методика дослідження фізико-механічних властивостей коренеплодів.....	30
2.2. Результати статистичної обробки експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей кормового буряка.....	32
2.2.1. Розміщення рослин щодо поверхні ґрунту.....	32
2.2.2. Розмірні характеристики коренеплодів.....	36
2.2.3. Вагова характеристика рослин.....	40
2.2.4. Міцність зв'язку коренеплодів з ґрунтом.....	42
2.2.5. Деформації коренеплодів.....	47
2.3. Визначення допустимої швидкості зіткнення коренеплодів з поверхнею робочого органу.....	52
2.4. Висновки до розділу.....	54
3. Збирання коренеплодів способом активного зіштовхування і робочий орган для його здійснення.....	56
3.1. Визначення оптимальної форми кулачка приводу активного зіштовхувача.....	59
3.2. Визначення оптимальної частоти обертання кулачка приводу зіштовхувача.....	61

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
4.1. Загальний стан охорони праці при роботі коренезбиральної машини.....	65
4.2. Аналіз потенційних виробничих небезпек при експлуатації коренезбиральної машини.....	68
4.3. Заходи по покращенню умов праці.....	69
4.4. Протипожежна профілактика.....	70
5. Економічна ефективність впровадження проекту.....	72
5.1. Оцінка технічного рівня виробу.....	72
5.2. Економічна оцінка удосконаленої коренезбиральної машини.....	73
5.2.1. Визначення заробітної плати механізатора.....	74
5.2.2. Визначення відрахувань на ремонт та амортизацію по коренезбиральній машині.....	75
5.2.3. Визначення вартості паливо-мастильних матеріалів.....	75
5.2.4. Визначення питомих капіталовкладень.....	76
5.2.5. Визначення річного економічного ефекту.....	76
5.2.6. Строк окупності капіталовкладень на удосконалення коренезбиральної машини.....	76
Загальні висновки.....	78
Список використаної літератури.....	79

Вступ

Серед кормових коренеплодів видне місце займає кормовий буряк (*Betavulgaris V. grassa*). Його коренеплоди є смачним, легко переварюваним кормом для будь-якої худоби. В осінньо-зимовий період коренеплоди цінні як молокогінний і дієтичний корм для великої рогатої худоби. Лактуючим коровам можна згодовувати кормового буряка до 40 і більше кілограмів на добу, і це не викликає ніяких шкідливих наслідків. З підвищенням норм згодовування надої корів незмінно підвищуються [57]. Кормовий буряк з'їдається також і іншими тваринами - свинями, вівцями. Цінність цієї культури і в тому, що крім коренів на корм тварин йде і гичка, яка, залежно від врожайності, досягає 25...50% маси коренеплодів.

Слід вказати на ще одну характерну особливість кормового буряка. За даними W. Hunnius при середній врожайності кормового буряка з одного гектара можна одержати до 6074 літрів етилового спирту, тоді як з одного гектара цукрового буряка - до 4658 літрів, картоплі - до 3255 літрів, кукурудзи - до 2313 літрів, пшениці - до 1683 літрів, ячменю - до 1544 літрів, жита - до 1213 літрів спирту. А заміна частини пального з нафти етиловим спиртом не представляє технічних проблем. Тому кормовий буряк може також зіграти певну роль як енергетичне джерело. Але при всіх позитивних характеристиках, площі кормового буряка на Україні зменшуються. Це відбувається не тому, що є в біологічному відношенні більш придатні культури, а зв'язано з тим, що при сучасній технології виробництва, кормовий буряк вимагає більш високих витрат, ніж інші культури. Причиною високої собівартості виробництва коренеплодів, є відсутність або недосконалість засобів механізації, особливо, збирання. При збиранні коренеплодів до теперішнього часу в більшості випадків застосовується ручна праця. Тому однією з основних проблем відносно кормового буряка є розробка більш дешевих, механізованих процесів збирання.

1. Сучасний стан і задачі механізації процесів збирання кормового буряка

1.1. Технологічні процеси збирання коренів кормового буряка і типи коренезбиральних машин.

1.1.1. Ручне збирання коренеплодів.

Цей спосіб збирання коренеплодів кормового буряка в даний час складає ще досить велику питому вагу. При цьому ручному збиранні притаманний цілий ряд істотних недоліків, головним з яких є великі витрати праці. В багатьох господарствах прийняті, залежно від врожайності, наступні норми вироблення за восьмигодинну робочу зміну для ручного збирання кормових коренеплодів [41]:

- виймання коренеплодів з ґрунту з укладанням в купи-0,06...0,1 га/зміну;
- очистка коренеплодів від землі з обрізанням бадилля і укладання в купи-1,2...2 т/зміну;

Згідно цим нормам на збирання одного гектара кормових коренеплодів потрібні від 300 до 500 людино-годин. Крім того при такому способі збирання втрачається врожай гички.

Ручне збирання з частковою механізацією її процесів ще широко застосовується в господарствах.

Часткова механізація полягає у витяганні коренеплодів з ґрунту або порушенні їх зв'язку з ґрунтом. Для цього був створений ряд машин, так званих бурякопідіймачів [54].

Як відзначає А.Ф. Ушаков [55], використання бурякопідіймачів дозволяє скоротити витрати праці при збиранні на 25...30%. Окрім бурякопідіймачів для викопування коренеплодів з ґрунту застосовуються різного роду пристосування у вигляді скоб, санчат і т.п. [43]. При такому способі збирання зберігається висока питома вага витрат ручної праці, особливо на підборі, складуванні коренеплодів і обрізанні гички.

1.1.2. Збирання необрізаних коренеплодів.

Такий спосіб збирання полягає в тому, що корені забираються без зрізання гички, подрібнюються і силосуються, або безпосередньо згодовуються тваринам. Збирання коренеплодів проводиться з використанням фронтальних копачів-навантажувачів, які звичайно закріплюються на передній навісці трактора. Проте такий спосіб збирання широкого застосування не знайшов. Він переважно поширений на дрібних формах в країнах Центральної і Північної Європи (ФРН, Австрії, Данії, Голландії). Так для викопування кормових коренеплодів застосовується фронтальний навантажувач (рис. 1.1) у формі вил, розрахований на збирання трьох рядків.



Рис. 1.1. Фронтальний навантажувач на збиранні кормових буряків

Ступінь механізації в даному способі вище. Проте він володіє істотними недоліками. Основними з них є: непридатність зібраних коренеплодів до тривалого зберігання, високий ступінь втрат і засміченості коренеплодів.

1.1.3. Комбайнове збирання коренеплодів.

Застосовується декілька способів збирання коренеплодів за допомогою комбайнів. Одним з них є збирання коренеплодів терebinням

Харченко В.А., Витчиков А.И. [57], Овсяков В.Н. [44], і інші на підставі вивчення фізико-механічних властивостей, зокрема, міцності пучка гички,

роблять висновок про можливість збирання кормового буряка способом теребіння його за гичку. Ці автори вважають такий спосіб найприйнятнішим, так як при цьому відпадає необхідність виділення з вороху коренів ґрунту, бур'янів, каміння. Серед машин створених для роботи за таким принципом можна відмітити такі машини як СКП-2Г, СКЕМ-3, КСТ-3А, RvE Super, RvE Record, Beta-1505 (ФРН), Delfoss, Skott Wershell (США), Armer, Atac-2D [47] (Англія) та інші. В цих машинах для викопування коренів за бадилля використовуються лапчасті, дискові, гвинтові і стрічкові апарати. Досвід, проте, показав, що машини такого типу можуть бути використані на збиранні тільки тих сортів кормового буряка, міцність пучка гички яких мало відрізняється від міцності гички цукрового буряка.

Даний спосіб має суттєві обмеження для практичного застосування. Це обумовлюється тим, що у більшості районованих сортів в широких межах змінюється висота розташовує головок коренеплодів над рівнем ґрунту, корені відхиляються від осьової лінії рядку, за час збирання змінюється форма головки кореня і стан гички (в початковий період гичка має форму конуса, а до кінця - вона приймає форму напіврозетки або розетки і починає стелитися по землі, а також її міцність знижується в два рази.[41].

Останнім часом викликає певний інтерес ідея створення апаратів підіймачів, що працюють за принципом теребіння за тіло коренеплоду. Можливість такого способу обґрунтовується тим, що значна частина тіла коренеплоду знаходиться над рівнем поля. Але корені кормового буряка мають різний діаметр, розташовані на різній висоті, відхилені в більшості випадків від осьової лінії і від вертикального положення. Всі ці умови викликають великі труднощі при створенні даного типу апарату підіймача. Робочі органи таких апаратів складні і широкого практичного вживання поки що не знайшли.

Дослідженнями [56] встановлена можливість викопування коренеплодів з ґрунту, попередньо наколотих металевією голкою. При цьому встановлено, що зусилля вивільнення голки з коренеплоду в три рази більше зусилля наколювання. А.К. Хайловим [56] була створена експериментальна установка

на базі картоплезбирального комбайна К-3, що працює за цим принципом. Такий же принцип викопування коренеплодів з ґрунту закладений в конструкції робочих органів комбайна MarBut (США). Як відзначає А.Ф. Ушаков, принцип викопування задалегідь наколотих коренів має великий недолік, оскільки при цьому навмисно наносяться травмування коренеплодам. До таких пошкоджень корені кормового буряка дуже чутливі і лежкість їх при зберіганні знижується.

Для збирання цукрового буряка широко застосовуються самохідні коренезбиральні машини РКС-6, КС-6. В деяких випадках робилися спроби збирати цими машинами кормовий буряк. Але, як показує практика і численні дослідження [23], вони є неприйнятними для збирання більшості сортів кормового буряка. Зібрані цими машинами коренеплоди придатні тільки для закладки силосу або згодовування тваринам ще в осіннього періоду, оскільки пошкоджуваність досягає 40% і з цієї причини вони не придатні до тривалого зберігання.

Показники основних робочих органів бурякозбиральних машин, побудованих на відомих принципах, досягли значень, можливо близьких до граничних.

Проте, навіть найсучасніші з них мають відносно стабільні показники лише в сприятливих умовах використання (середня врожайність, розподіл коренів в ряду, нормальний розвиток і стан гички, нормальна вологість ґрунту і ін.). При зміні умов вірогідність роботи бурякових машин у відповідності до агрономічного знижується до 0,01...0,1. Тут слід зазначити, що йдеться про робочі органи, які створювалися виходячи з фізико-механічних і технологічних властивостей цукрового буряка. А якщо врахувати, що є значні відмінності властивостей кормових коренеплодів (середня висота розташовує коренеплодів над ґрунтом, технологічна довжина коренеплоду, середній діаметр і те, що у кормового буряка тільки 10.11% коренеплодів розташовані по центру ряду, а біля 30% мають відхилення на 6...10 см і 15% - на 10...14см від лінії ряду, всього 6.7% коренеплодів прямостоячі) від коренеплодів цукрового буряка, то стає неможливим використання цих комбайнів на збиранні кормового буряка.

В деяких випадках були спроби переобладнання комбайнів типу КС-6, РКС-6. При цьому встановлюються інші робочі органи. Так проводилися випробування переобладнаного комбайна РКС-6, у якого викопувальні робочі органи були замінені чотирма дисковими активними копаками і одним пасивним лемішного типу, кут розвалу між площинами дисків рівний 170° . Випробування переобладнаної машини дали позитивні результати. Але такі переобладнання машин і пристосування робочих органів, які взяті з машин для збирання інших культур, може розглядатися як тимчасова міра. Продуктивність і якість роботи переобладнаних машин не відповідає повною мірою виробничим вимогам збирання кормового буряка.

1.1.4. Роздільне збирання коренеплодів.

Роздільне збирання є в даний час є найбільш вживаним способом збирання буряка у вітчизняній і зарубіжній практиці [43, 44, 47]. Технологія роздільного збирання складається з декількох фаз:

- збирання гички, викопування коренів, очистка і навантаження коренеплодів в транспортний засіб;
- збирання гички, викопування коренів, формування валку, навантаження коренеплодів з валка в транспортний засіб.

Однією з самих трудомістких операцій при вирощуванні кормового буряка є збирання гички. Були спроби вживання вітчизняних гичко збиральних машин БМ-6 і БМ-6А для її збирання, при цьому ріжучі апарати гичко збиральних машин переобладнали на підвищений зріз (5...10 см.) [49, 55]. Але такі спроби позитивних результатів не дали, оскільки копіювальний апарат гичко збиральних машин дуже важкий і інерційний. Тому коренеплоди завалюються, ріжучим апаратом зрізується тіло коренеплоду, а коренеплоди, що відхилюють від осьової лінії ряду, травмуються.

При випробуванні гичко збиральних машин на збиранні гички виявлено: коренеплодів з низьким зрізом від 40 до 59,3%, висмикнутих з ґрунту - зверху 16% [55], втрати гички - до 60% [49] .

Мали місце спроби "приспосувати" коренеплоди для збирання гички гичкозбиральною машиною. Технологія такого "приспосовання" полягала в наступному. Перед збиранням гички проводиться підгортання коренеплодів, завдяки чому підвищується стійкість коренеплодів в ґрунті. Але це не вирішує проблеми в цілому, оскільки залишається високий відсоток коренеплодів з необрізаною гичкою (зверху 38%) [23].

Найпоширенішими машинами на зрізанні гички кормового буряка в нашій країні і за кордоном є роторні косарки. У нас в країні на цій операції використовуються косарки КИР-1,5, КИР-1,5Б, УБД-3, Оркан-2 [3,44,46]. Висота зрізу встановлюється по крупних і високих коренеплодах так, щоб на найвищих коренеплодах залишалися черешки завдовжки 2...5 см.

Такий спосіб збирання гички набув широке поширення за кордоном, особливо в Данії, оскільки в зарубіжних літературних джерелах його називають "датським методом збирання гички". Подібні роторні гичкозбирачі застосовуються і в інших зарубіжних країнах, Чехії - трирядковий гичкоріз 3-ОСХ роторного типу, з фронтальним навішуванням на трактор. В Англії для обрізання гички кормових коренеплодів використовуються гичкорізи НКС-1500L, НКС-1500R, SKS-1500L [46].

Деякі дослідники стверджують, що черешки гички, що залишилися, погіршують лежкість коренеплодів при зберіганні. Була проведена перевірка збереження коренеплодів з такими довгими черешками в буртах з солом'яно-земляним укриттям. Дослідження показали, що після шестимісячного зберігання природний спад ваги коренеплодах буряка з довгими черешками така ж, як при ручному обрізанні, де довга черешків не перевищувала 1...2 см. Не було відзначено також істотної відмінності у вмісті сухої речовини і цукру, правда, коренеплоди з довгими черешками, прибрані механізованим способом, мали більш високий відсоток коренеплодів, що загнили, в порівнянні з коренеплодами з короткими черешками. Це було викликано перш за все нанесенням травм (тріщин, зіскобів) в процесі підкопування і переміщення коренів в машині.

Аналогічні дослідження по зберіганню коренеплодів цукрового буряка із залишками черешків після збирання роторними робочими органами проводилися за кордоном. Як відзначає Н. Piker mann, черешки на коренеплодах, що залишилися, "створюють тільки погане оптичне уявлення", але не впливають на лежкість коренеплодів.

Таким чином, обрізання гички, орієнтоване по високорослих коренеплодах, відкриває можливість застосування механізованого видалення її з коренеплодів існуючими роторними косарками.

Збирання при роздільному способі може бути здійснена в одну фазу, при цьому коренеплоди з ґрунту і завантажуються в транспортний засіб, або в дві, при цьому коренеплоди викопуються і укладаються у валок, а потім підбираються. Перевага двофазового способу збирання є в тому, що машини які при цьому використовуються більш прості порівняно із спеціальними коренезбиральними машинами і переобладнаними картоплекомбайнами.

Викопування коренеплодів з ґрунту при даному способі збирання здійснюється двома способами: способом підкопування або способом зіштовхування. Спосіб підкопування може бути здійснений спеціальними машинами для збирання кормового буряка, переобладнаними картоплекопачами і комбайнами.

Для викопування кормових коренеплодів використовують машину-копач ККГ-1,4. Це копач грохотного типу, напівнавісний, агрегується з тракторами 14 кН і призначений для збирання кормових коренеплодів з попереднім обрізанням гички. Підкопування коренеплодів здійснюється активними плоскими лемішами, на яких передбачена установка вилчатих (лемішних) копачів. Проте, на думку багатьох дослідників [23, 60, 63], дана машина, добре працює тільки на не засмічених полях, а також на середньоважких і легких ґрунтах. На важких суглинних ґрунтах, неоднорідних по складу, засмічених бур'янами, комбайн забивається грудками землі і бур'янами. Вичавні вилки не забезпечують повноти збору коренеплодів, вивантажні транспортери не витримують навантажень. Тому у ряді господарств переобладнають комбайни.

Так, наприклад, замість вичавних вилок встановлюються ножі у вигляді лемішів з картоплекопачів КТН-2Б [60].

Також була створена машина елеваторного типу для механізованого збирання коренеплодів КМ-1,2 "Багатир". Вона викопує коренеплоди за допомогою лемішних копачів вичавного типу, глибина підкопування рівна 10...12 см. Викопані коренеплоди відділяються від ґрунту і навантажуються в транспортний засіб. Машина розроблена на базі картоплезбирального комбайна ККУ-2 "Дружба" елеваторної модифікації. Недоліками цієї машини є велика енергоємність процесу, травмування і втрати коренеплодів копачами.

Для збирання кормових коренеплодів застосовується дворядна машина Valga-2, яка підкопує коренеплоди за допомогою двох активних лемішів, сепарує їх і вантажить в транспортний засіб.

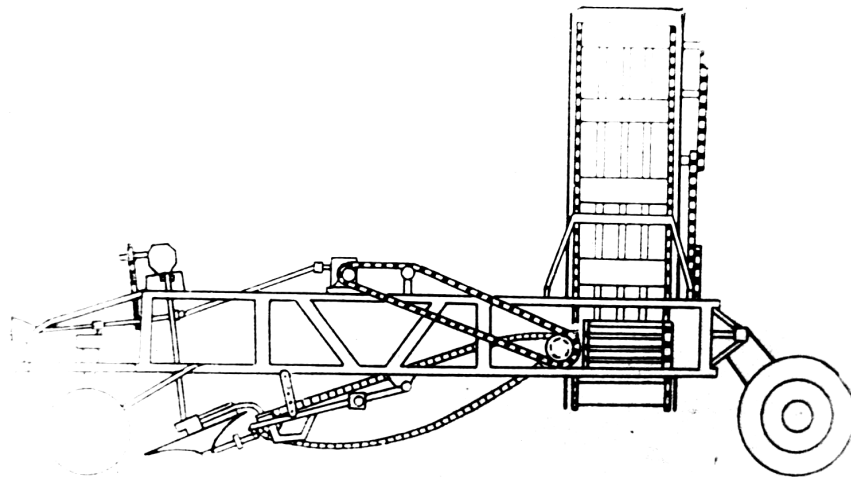


Рис. 1.2. Коренезбиральна машина ККД-2.

Також була виготовлена спеціальна дворядна машина ККД-2 (рис. 1.2) на базі комбайна ККУ-2 [41]. Робочими органами є активні ротаційні сепарувальні диски, які мають установку, близьку до горизонтальної (кут рівний 170°). В Харківському інституті механізації і електрифікації сільського господарства була розроблена машина для збирання кормового буряка на базі бурякозбирального комбайна СКД-2 [62]. Випробування машини показали, що очищаються коренеплоди від ґрунту добре, але ушкоджуються в основному

через V-подібно встановлені диски. Також на збиранні коренеплодів використовується машина УКВ-2, яка підкопує коренеплоди з двох сусідніх рядів зліва і справа і укладає їх на два центральні ряди. Загальними недоліками таких переобладнаних машин і пристосувань є порівняно велика енергоємність процесу, травмування і втрати коренеплодів підкопувальними робочими органами.

Характерною особливістю машин для збирання коренеплодів, що створюються за кордоном, є їх універсальність. Для цієї мети вони оснащуються різними пристосуваннями для збирання цибулі, моркви, столових і кормових коренеплодів. Найпоширенішими є причіпні одно- і дворядні комбайни. Зокрема, широкий набір причіпних машин для збирання коренеплодів випускає англійська фірма "Hestair Harvesters". Комбайни Highlander і Whitsed Viking цієї фірми обладнані підкопувальними лемішами і прутковими елеваторами [47]. У ФРН, окрім машин теребильного типу, широко застосовуються машини з підкопувальними робочими органами, що виконують також попереднє обрізання гички. Характерною особливістю даних машин є те, що ці два процеси суміщено в одному комбайні. Так комбайни Rustika-2 і Rustika-3 обладнані роторним гичкорізом, підкопувальним органом у вигляді двох або трьох пар лемішів і дисковими сепараторами.

На збиранні коренеплодів кормового буряка використовуються також причіпний дворядний комбайн StollV35, причіпний дворядний комбайн Schmotzer-2 і однорядні причіпні комбайни Fried F-450, Kleine-5002.

Для роздільного збирання кормового буряка по трифазній схемі застосовується так званий комплекс машин (K+R+L) німецької фірми "Kleine", який складається з шестирядного гичкознищувача Morau DR-25 роторного типу, копача RoderAS350, обладнаного вібруючими лемішами і валкоутворювачем коренеплодів, навантажувача Laderen-10 з підйомним транспортером коренеплодів, очисним пристроєм. Аналогічну схему роботи має комплекс KleineKR6+KleineR. У відмінності від інших пристроїв цей агрегат монтується на трактор фронтально. Трактор переміщається по полю

заднім ходом, при цьому коренеплоди викопуються з ґрунту, по якому не проходили колеса трактора. Потім за допомогою навантажувача Kleine-L валок переміщається в транспортний засіб.

У Франції для збирання коренеплодів фірма "Ateliers de Claiere Fontaine" випускають машини Simon двох моделей: причіпну з бункером-накопичувачем місткістю 2 тонни і навісну. Машина обладнана вібраційними підкопувальними пристроями. Для збирання коренеплодів використовуються також самохідні шестирядні комбайни АТ-62 і АТ-64 фірми "Jean Moreau" з роздільним збиранням коренеплодів. Робочими органами комбайнів є лемішні копачі.

У Франції найбільш поширений трифазний роздільний спосіб збирання коренеплодів. Для викопування коренеплодів з ґрунту застосовується пристрій (патент № 1263680, Франція) (рис. 1.3), обладнаний вилчатыми копачами. Пристрій дозволяє сформувати валок одночасно з трьох рядків коренеплодів.

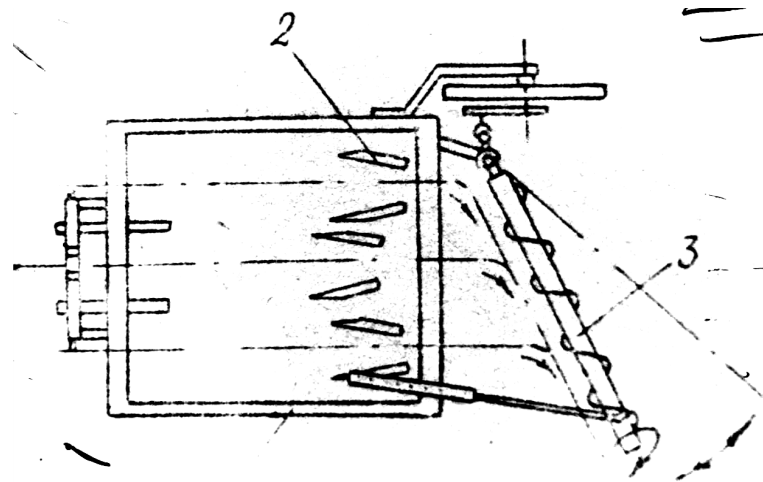


Рис. 1.3. Копач-валкоутворювач (патент № 1263680, Франція).

При роботі копача-валкоутворювача А-300 фірми "Jean Moreau" (рис. 1.4) коренеплоди, викопані лемішними копачами, потрапляють на два активні сепарувальні диски, встановлені з невеликим кутом нахилу, і після очищення формуються у валок. Подібна схема компоновки застосовується і в інших машинах фірми "Jean Moreau", зокрема, в самохідних шестирядних комбайнів АТ-62 і АТ-64. Аналогічні викопувальні і сепарувальні органи мають коренезбиральні машини французьких фірм "Errio", "SMC", "Motrot" [18].

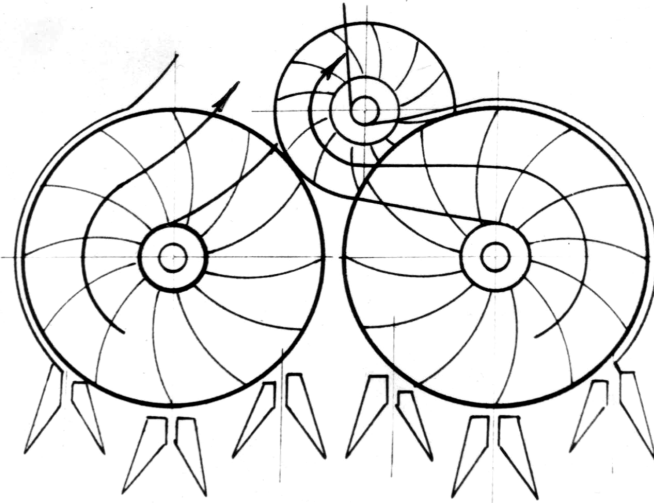


Рис. 1.4. Копач-валкоутворювач А-300 фірми "Jean Moreau".

Аналіз описаних схем дає підстави стверджувати, що машини які використовуються обладнані в основному вилчатими і лемішними копачами, що працюють способом підкопування. Це не дозволяє одержати необхідної якості збирання кормових коренеплодів.

Разом з використанням машин і пристосувань для викопування коренеплодів за способом підкопування, великий практичний інтерес представляють машини, процес роботи яких заснований на способі зіштовхування коренеплодів. Це обумовлюється характерними фізико-механічними властивостями кормового буряка. Коренеплоди більшості сортів кормового буряка розміщуються вище за рівень ґрунту, а у деяких сортів кормового буряка лише $1/3...1/4$ частина коренеплоду в період збирання знаходиться в ґрунті. Енергетичні витрати на викопування коренеплодів у такий спосіб виявляються значно нижче в порівнянні з іншими способами збирання.

Як показує огляд літературних джерел, у вітчизняній практиці збирання коренеплодів кормового буряка спосіб зіштовхування не знайшов. А в зарубіжній практиці такий спосіб втілений в різного роду пристосуваннях і пристроях. Так у ФРН для викопування коренеплодів застосовується пристосування (рис. 1.5), що складається з рами, яка навішується на трактор.

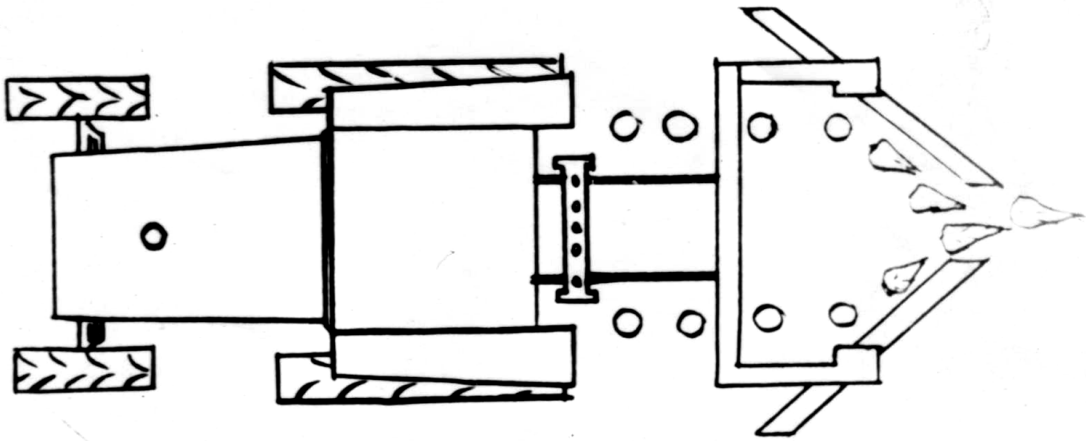


Рис. 1.5. Пристосування для викопування коренеплодів з ґрунту.

На рамі закріплюються поставлені під кутом один до одного металеві пластини.

Пластини заглиблені в ґрунт на незначну глибину (1...2 см). Коренеплоди, зустрічаючи бічний опір з боку пластин, звільняються від зв'язків з ґрунтом і формуються у валок. Там же запропонований пристрій, що складається з поперечної балки, до якої приєднуються важкі ланцюги.

При русі агрегату перший ланцюг (рис. 1.6) розхитує коренеплід, а другий витягує його з ґрунту і укладає у валок.

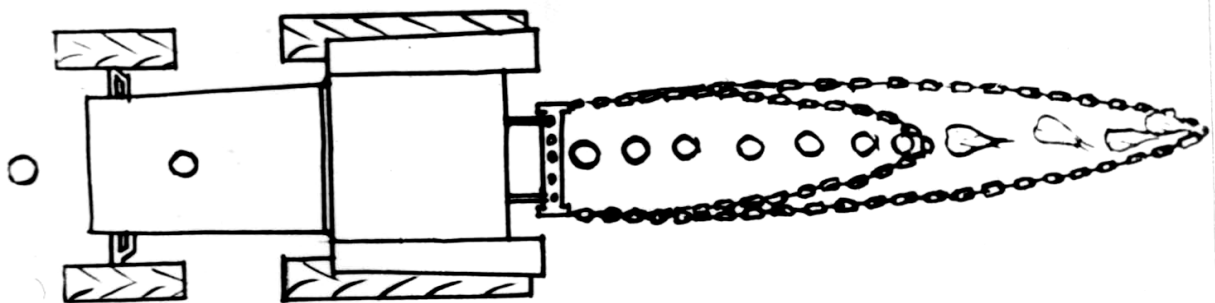


Рис. 1.6. Пристрій для зіштовхування коренеплодів.

Заслуговує уваги пристосування, показане на рис. 1.7.

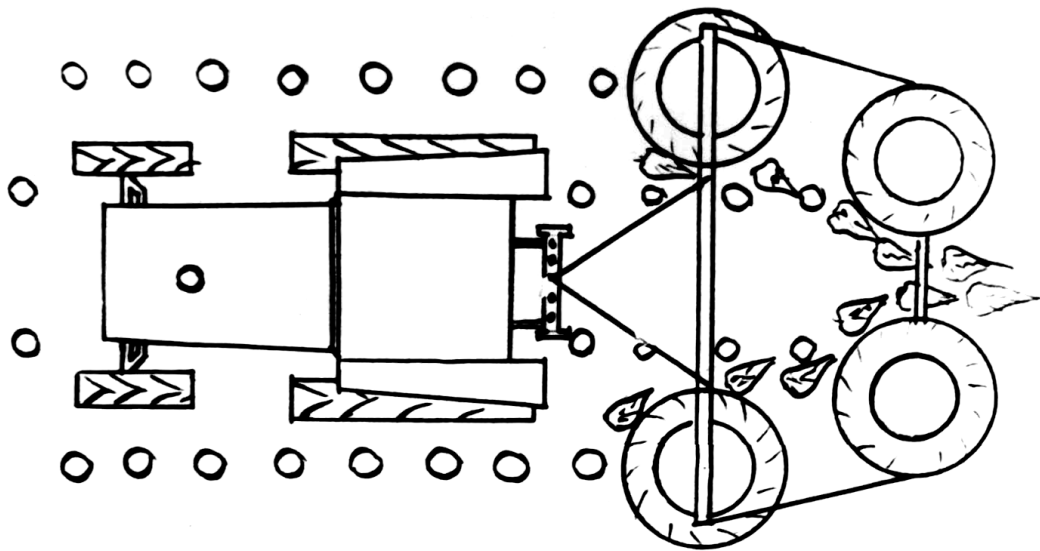


Рис. 1.7. Пристосування для зіштовхування коренеплодів.

Для його виготовлення використовуються автомобільні покришки. Використана покришка розрізає на дві половинки і укладається на землю гострими краями вниз. Покришки з'єднуються між собою гнучкими ланками. Одержане пристосування приєднується до трактора за допомогою поперечної балки. При русі пристосування по рядах коренеплоди стикаються робочим органом і, просуваючись по землі на деяку відстань, вони практично очищаються від ґрунту і формуються у валок.

В розглянутих способах збирання кормового буряка самими трудомісткими є способи ручного збирання і ручного збирання з частковою механізацією. Вживання даних способів є економічно невиправданим через високу собівартість одержуваної продукції.

В решті розглянутих способів ступінь механізації багато разів зростає, але перспективність вживання кожного з них обмежується цілим рядом недоліків. Так, наприклад, при збирання необрізаних коренеплодів фронтальним способом мають місце великі втрати урожаю в результаті травмування коренеплодів в процесі їх викопування. Кормова цінність буряка знижується також через закладку на зберігання коренеплодів з гичкою і великим змістом землі.

Відзначені недоліки значною мірою усуваються в комбайнових способах збирання з подальшим відділенням гички. В даний час в комбайнових агрегатах, що працюють способами теребінням за гичку і за тіло коренеплоду, робочі органи призначені для збирання цукрових і практично непридатні для кормових буряків. Великі відхилення коренеплодів від осьової лінії, нахил і різна висота розташування коренеплодів, а також неоднорідність властивостей гички приводять до значних втрат і пошкоджень коренеплодів кормового буряка при збиранні.

Через вказані особливості кормового буряка роздільне збирання коренеплодів з попереднім обрізанням гички з використанням, що серійно випускаються для збирання цукрового буряка, також не дає задовільного результату. Пошкодження коренеплодів в такому випадку сягає 40%.

В даний час найпоширенішим є роздільне збирання коренеплодів, технологія якого складається з декілька фаз: збирання гички, викопування коренеплодів, очищення і навантаження їх в транспортний засіб. Для обрізання гички широко застосовуються косарки роторного типу. При їх використуванні найбільшою мірою задовольняються якісні показники процесу видалення гички.

Перспективним є спосіб викопування коренеплодів з ґрунту зіштовхуванням. Даний спосіб має переваги як відносно енергетичних, так і відносно якісних показників порівняно із способом підкопування коренеплодів. В способі зіштовхування також якнайповніше враховуються характерні фізико-механічні властивості кормового буряка.

1.2. Типи робочих органів для збирання буряків

Як показано вище, для викопування коренеплодів з ґрунту можуть застосовуватися різні типи робочих органів. Для порівняльної оцінки робочих органів доцільно здійснити їх класифікацію. Така спроба була зроблена деякими авторами [29, 33]. Проте, класифікація проводилася по різних ознаках,

що обмежувало можливість порівняльної оцінки. В основу пропонованої класифікації даних робочих органів встановлений принцип викопування коренеплодів з ґрунту (рис. 1.9).

1.2.1. Робочі органи, що працюють способом підкопування.

Як було вже відзначено вище, найбільше поширення для викопування коренеплодів з ґрунту набули машини, робочі органи яких витягують коренеплоди способом підкопування. Для здійснення цього способу використовуються активні, пасивні і комбіновані робочі органи. В основу роботи пасивних робочих органів покладено двогранний клин (леміш). Формою леміші розрізняють прямокутні, коритоподібні, гострокутні, зігнуті [33]. Робочі органи такого типу застосовують звичайно на найпростіших знаряддях-бурякопідіймачах.

Лемішні і вилчаті копачі, працюють на глибині меншій, ніж глибина залягання коренеплодів і мають обмежену ширину захоплення. Вони переміщують менше землі, ніж леміш. Були проведені порівняльні випробування плоских і лемішних викопувальних органів на викопуванні коренеплодів кормового буряка [41].

Як показали результати випробування, ці робочі органи дуже енергоємні (тяговий опір для плоских робочих органів досяг 5,6 кН, а для лемішних - 3,1 кН). Найбільші втрати допускаються лемішними копачами, причому, основні втрати складають коренеплоди, залишені на поверхні поля. Конструкція лемішних і вилчатих копачів не відповідає специфічним умовам викопування коренеплодів, а саме, різкій зміні розмірів і форми, вага коренеплодів, значному відхиленню коренеплодів і нерівномірному їх розташовує уздовж осьової лінії ряду.

У ВІМ створений копач, що складається з рухомої рамки, на якій розташовані зміщені по ходу рухи сферичні пасивні диски. Для подачі викопаних коренеплодів на приймальний транспортер, між ним і дисками розташований вал, що обертається, з конічним подавальним диском і бітер з

еластичними лопатями. В лабораторно-польових умовах сферичні пасивні диски показали задовільну якість викопування, проте, істотним їх недоліком є пошкодження коренеплодів (більше 15%).

Активні робочі органи мають привід і виконують коливальні або обертальні рухи. В якості активного леміша, що коливається, зазвичай використовується передня кромка грохоту, що гойдається. Відмітна особливість леміша - самоочищення леза, що коливається, і активне переміщення пласта ґрунту по лемішу при будь-якому стані ґрунту. При збиранні коренеплодів на леміш встановлюються вичавні лемішки або вилки. До недоліків леміша, що коливається, слід віднести велику енергоємність, викликану тим, що у нього спостерігається необхідність заглиблювати його глибше, ніж пасивний леміш [33].

Робочі органи, що обертаються, звичайно виконані у вигляді двох дисків, встановлених під кутом. Диски можуть бути пальчасті, з гладким периферійним лезом, долотоподібні, плоскі, сферичні. З дискових робочих органів найприйнятнішим для збирання кормового буряка може бути ротаційно-дисківий копач. Сконструйований і запатентований ряд машин, що мають як робочий орган пару сферичних або плоских дисків з установкою близькою до горизонтальної (кут між дисками $140^\circ \dots 170^\circ$) (патент №203060, Австрія; патент №1321255, Франція; патент №1211430, ФРН) (рис. 1.9).

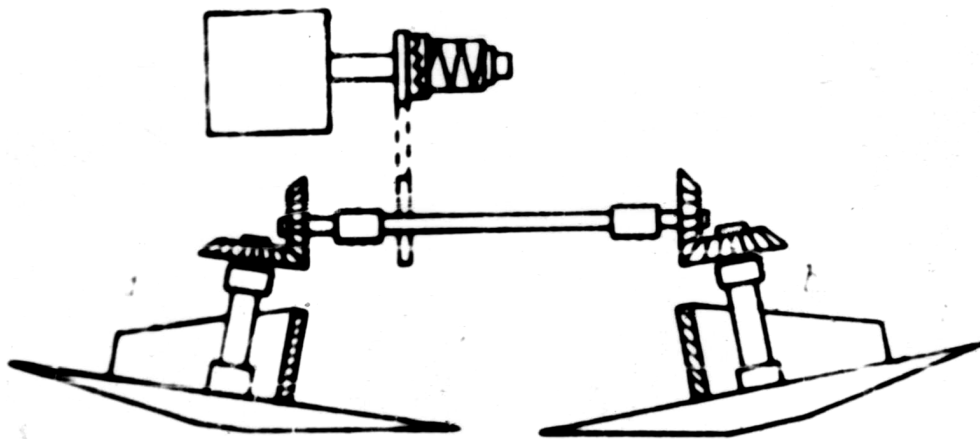


Рис. 1.9. Ротаційно-дисківий копач.

Ротаційно-дискові органи, що працюють з приводом від ВВП, дозволяють понизити тяговий опір агрегату, добре пристосовуються до ґрунтових умов, мають хорошу сепарувальну здатність дисків [43]. Але і таким робочим органом властиві недоліки. Диски працюють на глибині підкопування 8...10 см. і разом з коренеплодами піднімають порівняно велику кількість землі, що підвищує їх енергоємність. Диски травмують сильно відхилені від осі ряду коренеплоди, а також коренеплоди поряд розташованих рядів. Такі робочі органи складні конструктивно і металоємні, нестійко працюють по глибині.

В даний час широке поширення набули комбіновані робочі органи. До таких робочих органів можна віднести комбінованого копача, що складається з диска, що примусово обертається, і лемішка. Заміна одного з дисків лемішем забезпечує оптимальне його заглиблення, при цьому робочий орган ґрунтом і рослинністю не забивається. Але вживання його на збиранні кормового буряка веде до підвищення пошкодження коренеплодів.

До комбінованих копачів можна віднести копача, що складається з двох активних дисків, з установкою близької до горизонтальної. Над дисками встановлена активна вилка. Конструктивно такий ротаційно-дисковий копач складний і є малоприматним для роботи по витяганню коренеплодів кормового буряка. До даного типу пристроїв відноситься викопувальний пристрій конструкції харківського інституту механізації і електрифікації [61] (рис. 1.10).

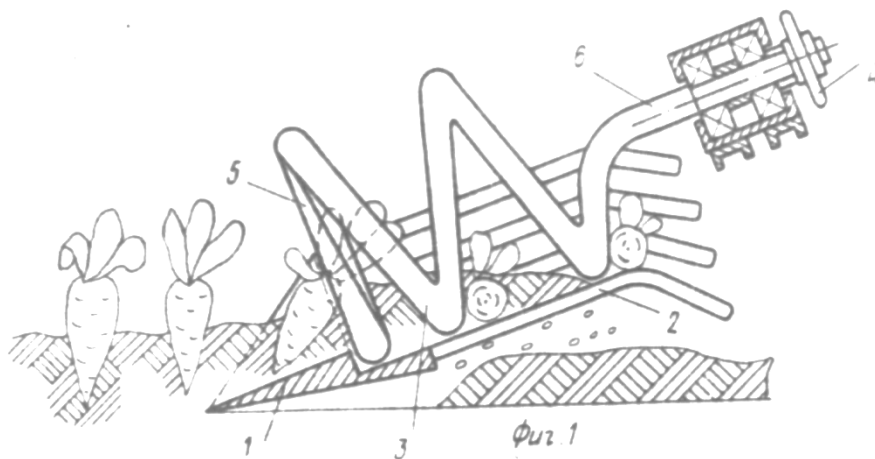


Рис. 1.10. Викопувальний пристрій.

Пристрій дозволяє суміщати операції викопування коренеплодів і попереднього очищення їх від ґрунту. До недоліків цього робочого органу слід віднести порівняно велику енергоємність процесу, а також велику пошкодження коренеплодів лемішем.

1.2.2. Робочі органи, що працюють за способом теребіння.

Як вже наголошувалося, для викопування коренеплодів за гичку застосовуються лапчасті, дискові, гвинтові і комбіновані апарати.

Лапчасті апарати складаються з двох лап (захватів), сполучених пружиною і встановлених на нескінченному ланцюзі. Місце захоплення бадилля у таких робочих органів розташовується на невеликій висоті від поверхні ґрунту. Найвдалішим виявляється вживання цих апаратів на ділянках із слабкорозвиненою гичкою. Проте, вони складні і металоємні. Використовування їх на збиральних операціях кормового буряка малоприсадне.

Дискові апарати представлені двома дисками з гумовими ободами або пневматичними балонами, які встановлені під кутом один до одного. Таким робочим органом обладнана машина Delfoss (США). Даний пристрій відрізняється простотою конструкції, але в процесі викопування коренеплоди переміщуються по колу.

Найширше вживання з такого типу робочих органів одержали стрічкові апарати підіймачів, що мають дві гнучкі нескінченні стрічки, утворені ланцюговими, плоско- або клиноремінними гілками. Гілки притискаються одна до одної за допомогою роликів. Такими апаратами забезпечені машини E-825 (Німеччина) [69], Skott Wershell (США), Armer, Amac 2D (Англія) [47].

Комбіновані теребильні апарати підіймачів поєднують в собі комбінацію з диска порівняно великого діаметра, встановленого під кутом до поверхні ґрунту, що є однією з гілок підіймача. Друга гілка – нескінченна стрічка, притиснута до диска за допомогою роликів. Такими робочими органами забезпечені однорядні комбайни RE, RvE Super, RvE Record, Beta – 1505 (Німеччина).

Як вже наголошувалося, використання цих апаратів на збиранні кормового буряка складне у зв'язку із специфічними фізико-механічними властивостями кормового буряка. Для теребіння тіла коренеплоду застосовуються стрічкові робочі органи. Характерним представником такого роду пристроїв є конструкція, що складається з ряду гілок підіймачів, які підпружинені і можуть копіювати форму коренеплоду. Такі пристрої звичайно мають складну конструкцію і тому малоефективні.

До такого ж типу робочих органів слід віднести грейферні робочі органи. Грейфери мають вид вилок і розташовуються на барабані радіально або тангенціально. Під час роботи вони висуваються, витягують коренеплоди, охоплюючи їх з усіх боків. До таких робочих органів можна віднести копач [33]. Такі пристрої звичайно мають складну конструкцію, для їх роботи необхідний підйомно-вирівнювальний механізм для коренеплоду. Тому вони є малоефективними.

Голчаті робочі органи – колеса з радіально розміщеними стрижнями (голками), загостреними на кінцях. Загострені кінці стрижнів під час роботи висуваються з ободу, встромлюються зверху в головки коренеплодів і витягують їх з ґрунту. Такими робочими органами забезпечений комбайн MarByt (США). Недолік такого робочого органу полягає в навмисному травмуванні коренеплодів.

1.2.3. Робочі органи, що працюють способом зіштовхування.

Такі робочі органи мають особливість, суть якої полягає в тому, що на процес їх роботи не роблять сильного впливу чинники мінливості діаметра коренеплодів, відхилення їх від осьової лінії ряду і від вертикального положення, мала глибина залягання і нестійке закріплення в ґрунті. Ці чинники є істотною і основною перешкодою для застосування згаданих в попередніх розділах типів робочих органів. Як показують дослідження, енергетичні витрати на викопування коренеплодів способом зіштовхування значно нижче в порівнянні з іншими способами.

Пасивні зіштовхувачі конструктивно прості, але не позбавлені недоліків. В процесі роботи перед пасивними робочими органами утворюється ворох, що складається з коренеплодів, рослинності і ґрунту. Це призводить до підвищених опорів з боку робочого органу, травмування коренеплодів і порушення процесу викопування їх з ґрунту.

З вищевикладеного виходить, що на збиранні кормового буряка широке поширення набули робочі органи, в основу функціонування яких встановлений спосіб підкопування коренеплодів. Однією з основних причин вживання плоских копачів для викопування кормового буряка, є можливість використання звичайних картоплекопачів, без особливих витрат на переобладнання. Але їх вживання обмежується порівняно великим тяговим опором (5...10 кН). В цьому плані більш прийнятними є просторові пасивні робочі органи (лемішні, вилчаті, дискові), тяговий опір яких порівняно нижче (3...4кН), оскільки вони працюють на глибині меншій, ніж глибина залягання коренеплодів і мають обмежену ширину захоплення, переміщують менше землі, ніж леміш. Але такі робочі органи погано пристосовані до значних коливань в розмірних характеристиках коренеплодів, особливо до їх відхилення, відносно осі рядку. Пошкодження коренеплодів при використуванні даних робочих органів перевищує 15...20%.

При використуванні активних робочих органів з коливальним і обертальним рухом тяговий опір знижується на 25...30%, причому загальна витрата потужності залишається тією ж. З цієї групи робочих органів найбільший практичний інтерес представляє ротаційно-дисковий копач, який відрізняється хорошою пристосованістю до ґрунтових і погодних умов, володіє невеликим тяговим опором (1...1,5 кН). ротаційно-дисковий копач дозволяє значно знизити тяговий опір і буксування агрегату при роботі за рахунок передачі частини потужності двигуна на робочі органи. Але можливість вживання його на збиранні кормового буряка обмежено через велику кількість пошкоджених коренеплодів, оскільки диски травмують сильно відхилені від осі рядку коренеплоди, а також коренеплоди розташовані в сусідніх рядках.

Комбіновані робочі органи – це часто поєднання декількох типів викопувальних робочих органів. Найхарактернішою їх особливістю є привід тієї або іншої частини викопувального пристрою. Існуючі типи комбінованих робочих органів конструктивно складні і не створюють відчутних переваг по енергетичних і якісних показниках порівняно з іншими типами активних робочих органів.

Робочі органи, діючі способом теребіння (теребіння за гичку, теребіння за коренеплоди) є менш енергоємними порівняно з робочими органами, в основі яких лежить спосіб підкопування. Проте, вони є менш пристосованими для збирання кормового буряка. Головною перешкодою до використання даного типу робочих органів є відзначені нами вище характерні особливості фізико-механічних властивостей кормового буряка. Це приводить до значних втрат (більш 20%) коренеплодів. Тому використання такого типу робочих органів на збирання кормового буряка обмежено.

Якнайменшу енергоємність зі всіх розглянутих типів робочих органів мають пристрої, в роботі яких використовується спосіб зіштовхування. Головною перевагою такого типу робочих органів є той факт, що в процесі їх роботи якнайповніше враховуються характерні фізико-механічні властивості коренеплодів. Це істотно підвищує якісні характеристики процесу збирання коренеплодів.

На підставі аналізу літературних джерел з питання механізованого збиранню кормового буряка необхідно відзначити наступне:

для збирання кормового буряка використовується цілий ряд машин і пристосувань, викопувальні органи яких в більшості своїй взяті з машин, призначених для збирання цукрового буряка, картоплі і інших схожих з ними культур, фізико-механічні властивості яких істотно відрізняються від властивостей коренеплодів кормового буряка;

велика різноманітність робочих органів, з одного боку, і відсутність широкого застосування хоча б одного з них, з другого боку, свідчить про низьку ефективність їх використання на збиранні кормового буряка.

2. Агротехнологічні передумови вибору процесу викопування коренеплодів кормового буряка з ґрунту

Основними вимогами, які пред'являються до збирання будь-яких сільськогосподарських культур і, у тому числі, до збирання кормового буряка, є перш за все забезпечення необхідної продуктивності, якості технологічних процесів, прийнятність витрат, що необхідні для цього, і відсутність неприпустимих втрат урожаю. Необхідною передумовою для виконання цих вимог є відповідний вибір технологічного процесу і типів робочих органів машин. Рішення цих задач в значній мірі обумовлюється фізико-технологічними властивостями продуктів урожаю - в даному випадку фізико-механічними властивостями коренів кормового буряка.

Вивчення літературних джерел показує, що при наявному великому числі матеріалів, що характеризують фізико-механічні і технологічні властивості цукрового буряка, відчувається значний недолік подібних досліджень у відношенні кормового буряка.

У зв'язку з цим, перш ніж вирішувати питання про те, за допомогою яких технологічних процесів і технічних засобів можна б було ефективно витягувати кормовий буряк, виникає потреба вивчити деякі, необхідні для цього, характеристики його фізико-механічних властивостей. Ще засновник землеробської механіки академія В.П. Горячкин неодноразово підкреслював, що роботи по вишукуванню нових робочих органів сільськогосподарських машин повинні базуватися на ретельно вивчених фізико-механічних властивостях того матеріалу, з яким ці органи взаємодіють.

В даному випадку таким матеріалом є корені кормового буряка зокрема такі його сорти, як Переможець, Урсус, Еккендорфській.

Аналізувалися наступні фізико-механічні характеристики коренеплодів: розміщення рослин щодо поверхні ґрунту, відстань між коренеплодами в ряду, розкиданість коренеплодів щодо осі ряду, розміщення головок коренеплодів щодо поверхні ґрунту.

Розмірні характеристики коренеплодів: довжина коренеплодів, глибина залягання коренеплодів, довжина частини коренеплодів, що знаходиться над рівнем ґрунту (денна частина коренеплодів), діаметр коренеплодів, форма коренеплоду.

Масова характеристика коренеплодів: вага коренеплодів, вага денної частини коренеплодів.

Міцність зв'язку коренеплодів з ґрунтом: зусилля терebinня коренеплодів вертикально прикладеним навантаженням, зусилля зіштовхування коренеплодів горизонтально прикладеним навантаженням.

Деформація коренеплодів.

2.1. Методика дослідження фізико-механічних властивостей коренеплодів

При визначенні фізико-механічних властивостей коренеплодів кормового буряка був застосований метод, розроблений відділом по вивченню фізико-механічних властивостей рослин ВІСГОМа [38].

Для визначення густини розміщення рослин в ряду, відстані між рослинами, розкиданості коренеплодів щодо осі рядку і головок коренеплодів над рівнем ґрунту застосовувався спеціальний пристрій (рис 2.1). Він складався з горизонтальної стійки, яка встановлювалася уздовж осі рядку на фіксованій висоті за допомогою двох колів.

На планці переміщався візир, з яким шарнірно зв'язаний вертикальний відмітчик висоти розташування головок коренеплодів над рівнем ґрунту. До вертикального відмітчика жорстко приєднаний горизонтальний відмітчик визначення розкиданості рослин щодо осі рядку. На горизонтальній стійці нанесені поділки від 0 до 300 см. Такий пристрій дав можливість визначати одночасно декілька показників: кількість рослин, на ділянці, відстань між рослинами в рядку, відхилення головок коренеплодів від осьової лінії рядку, розміщення головок коренеплоду щодо поверхні ґрунту.

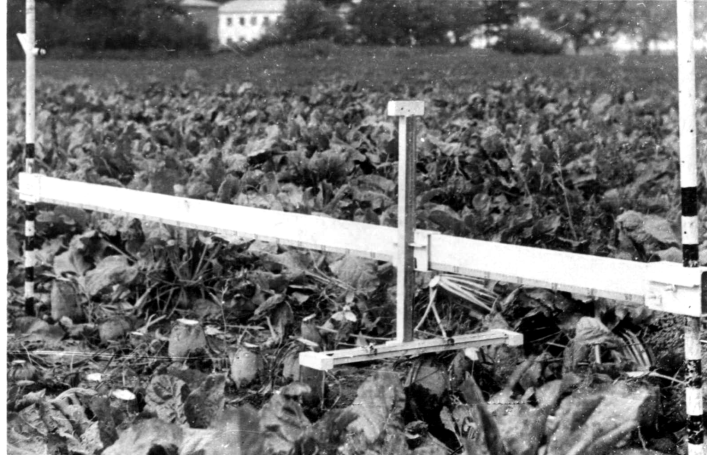


Рис. 2.1. Пристрій для визначення розташування коренеплодів відносно поверхні ґрунту.

Міцність зв'язку коренеплоду з ґрунтом характеризувалася величиною вертикального зусилля, необхідного для викопування коренеплодів з ґрунту. Для цього використовувався спеціальний прилад (рис. 2.2).

Як реєструвальний елемент використовувався динамометр ДОСМ-3-0,05 з межами вимірювання до 500 Н. Для визначення зусилля зіштовхування коренеплодів використовувався цей же прилад тільки із спеціальним пристосуванням. Для з'ясування характеру зміни міцності зв'язків "корені-ґрунт" замірялося зіштовхуюче зусилля, направлене як уподовж, так і упоперек ряду.



Рис. 2.2. Прилад для визначення міцності зв'язку коренеплодів з ґрунтом.

При вивченні міцності зв'язку коренеплодів з ґрунтом велику увагу надавалося визначенню вологості і густини ґрунту. Вологість ґрунту є одним з чинників, що визначає тургор тканин коренеплодів, від якого в значній мірі залежать міцнісні властивості останніх. Від вологості і густини ґрунту залежить також сила зв'язку коренеплодів з ґрунтом.

Проби на вологість бралися в горизонті 0...0,1 м і 0,1...0,2 м і з триразовий повторенням для кожного шару. Значення вологості ґрунту було величиною непостійної і змінювалося в межах 8...23% в горизонті 0...0,1 м і 6...22% в горизонті 0,1...0,2 м.

Густина ґрунту визначалася на самописному приладі Ревякіна. Місцем визначення густини ґрунту, одержане за наслідками обробки діаграм було в межах 1240-3200 кН/м².

2.2. Результати статистичної обробки експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей кормового буряка

Результати статистичної обробки вибірок фізико-механічних властивостей коренеплодів, гістограми розподілів і вирівнювальні їх криві представлені на рисунках. Тут же приведений аналіз одержаних результатів.

2.2.1. Розміщення рослин щодо поверхні ґрунту.

Відстань між коренеплодами в рядку

Відстань між коренеплодами в рядку сорту Переможець, як показала статистична обробка одержаної вибірки, знаходиться в межах 0...75 см.

Гістограма розподілу слідує нормальному закону (рис. 2.3, а). Середнє значення відстані між коренеплодами рівне 25,5 см. при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 14,1$ см.

Відстань між коренеплодами сорту Урсус знаходиться в межах 0...100 см і гістограма розподілу слідує нормальному закону (рис. 2.3, б). Середнє значення відстані між коренеплодами рівне 23,8 см, середньоквадратичне відхилення $\sigma = 16,9$ см..

Відстань між коренеплодами сорту «Еккендорфський жовтий» знаходиться в межах 9...100см. Аналіз вибірки показав, що гістограма розподілу дослідних даних слідує більш загальному закону розподілу - закону Вейбула (рис. 2.3, в). Середнє значення параметра рівне 35,5 см при відхиленні $\sigma = 20,3$ см.

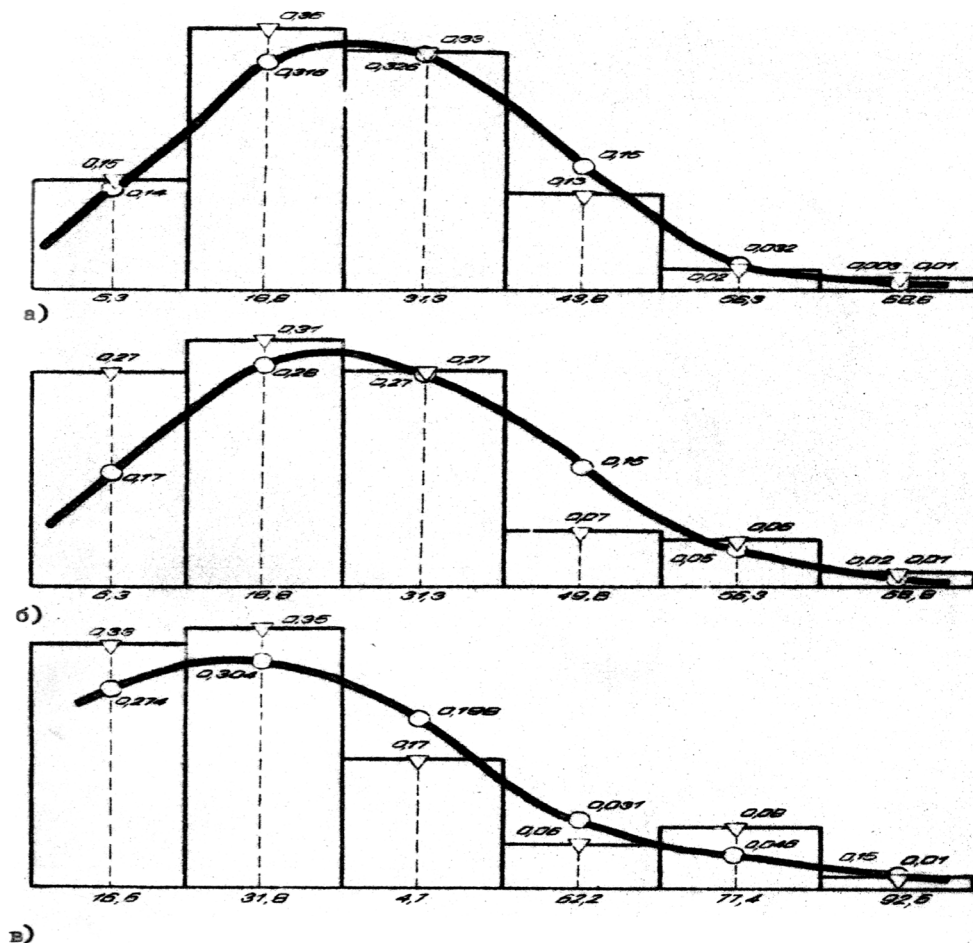


Рис. 2.3. Гістограма розподілу дослідних частот відстані між коренеплодами в рядку.

Розкиданість коренеплодів щодо вісі рядку. Одержана вибірка даних, з метою визначення величини відхилення коренеплодів від осьової лінії ряду, розділена на дві частини - відхилення коренеплодів від осьової лінії рядку вліво (-) і відхилення коренеплодів від осьової лінії рядку вправо (+).

Максимальне відхилення коренеплодів сорту «Переможець» від осьової лінії ряду вліво (-) досягає 20 см, вправо (+) досягає 10 см. Рядок є смугою,

ширина якої рівна 30 см. Гістограма розподілу вибірки даних відхилення коренеплідів від осьової лінії рядку вліво (-) (рис. 2.4, а) слідує нормальному закону. Середнє значення відхилення коренеплідів ліворуч від осі ряду рівне 6,3 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 4,0$ см. Гістограма відхилення коренеплідів сорту «Переможець» від осьової лінії рядку вправо (+) (рис. 2.4, а) також слідує нормальному закону розподілу і середнє значення відхилення рівне 3,9 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 2,0$ см.

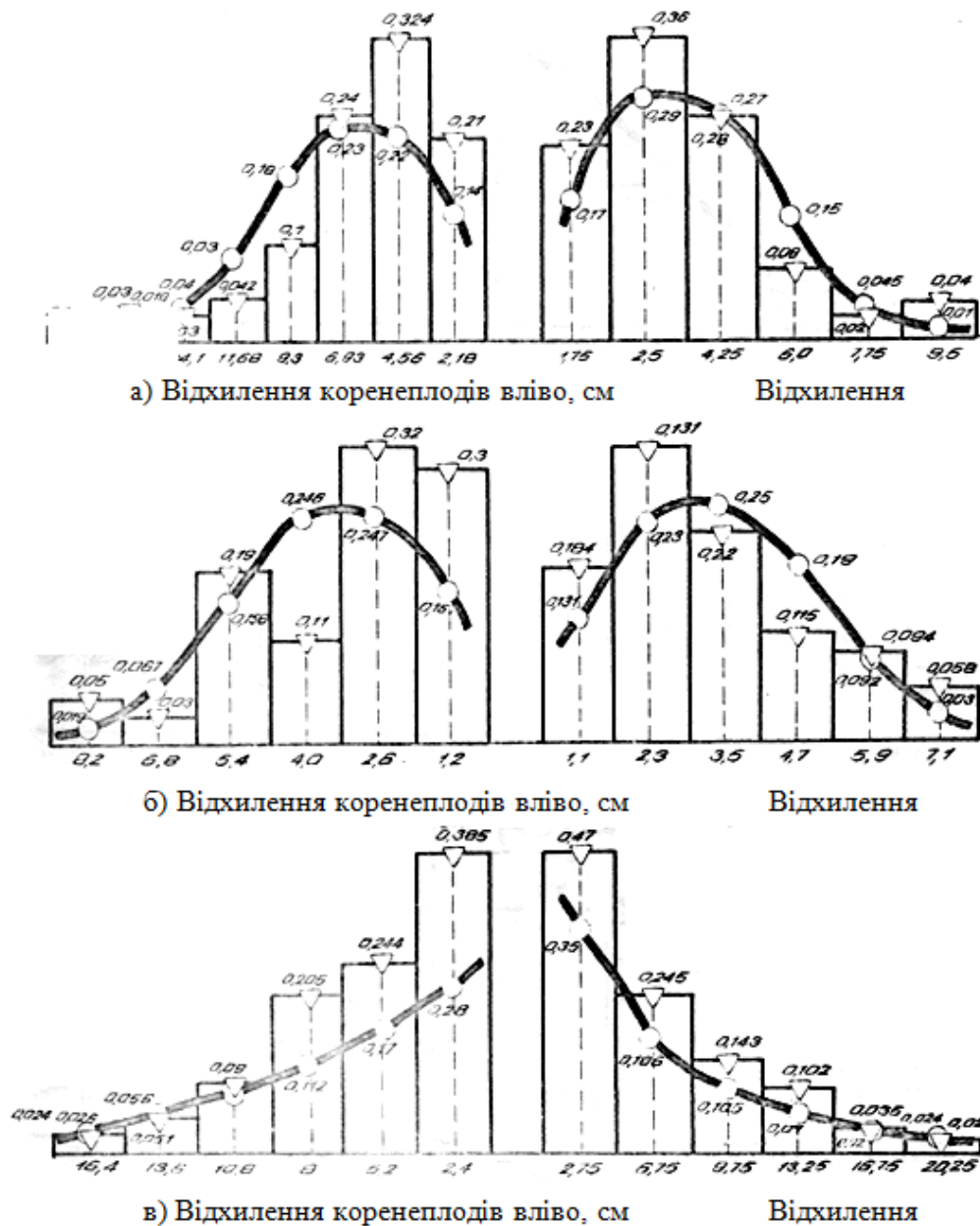


Рис. 2.4. Гістограми розподілу дослідних частот відхилення коренеплідів від осі рядка

Максимальне відхилення коренеплодів сорту «Урсус» від осьової лінії рядку вліво і вправо відповідно 9 і 7 см, ширина смуги залягання коренеплоду-16 см. Гістограми розподілу коренеплодів щодо осі рядку, слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.4, б). Середнє значення відхилення коренеплодів ліворуч від осі ряду складає 3,3 см, середньоквадратичне відхилення – 2,2 см. Середнє значення відхилення коренеплодів від осі рядку вправо рівне 3,9 см, при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 1,9$ см.

Максимальне відхилення коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» від осьової лінії рядку вліво - 18 см, вправо - 22 см, отже, рядок є смугою шириною 40 см.

Гістограми відхилень коренеплодів від осьової лінії ряду, як показала статистична обробка результатів, слідуєть загальному закону розподілу Вейбула (рис. 2.4, в). Середнє значення відхилення коренеплодів від осьової лінії рядку вліво - 5,9 см, середньоквадратичне відхилення $\sigma = 8,4$ см. Середнє значення відхилення коренеплодів від осьової лінії ряду вправо рівне 6,3 см, при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 8,4$ см.

Розміщення головок коренеплодів щодо поверхні ґрунту

Результати досліджень одержаної вибірки розміщення головок коренеплодів сорту «Переможець» над рівнем ґрунту показали, що параметр змінюється в межах 6...36 см. Гістограма розподілу дослідних частот (рис. 2.5а) слідує нормальному закону розподілу. Середнє значення розподілу головок коренеплодів щодо поверхні ґрунту рівне 17,9 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 6,8$ см.

Вибірка значень характеристики розміщення головок коренеплодів щодо поверхні ґрунту коренеплоду сорту «Урсус» знаходиться в межах 6...30 см, гістограма розподілу дослідних частот слідує нормальному закону (рис. 2.5, б). Середнє значення параметра рівне 17,1 см, середньоквадратичне відхилення $\sigma = 5,8$ см.

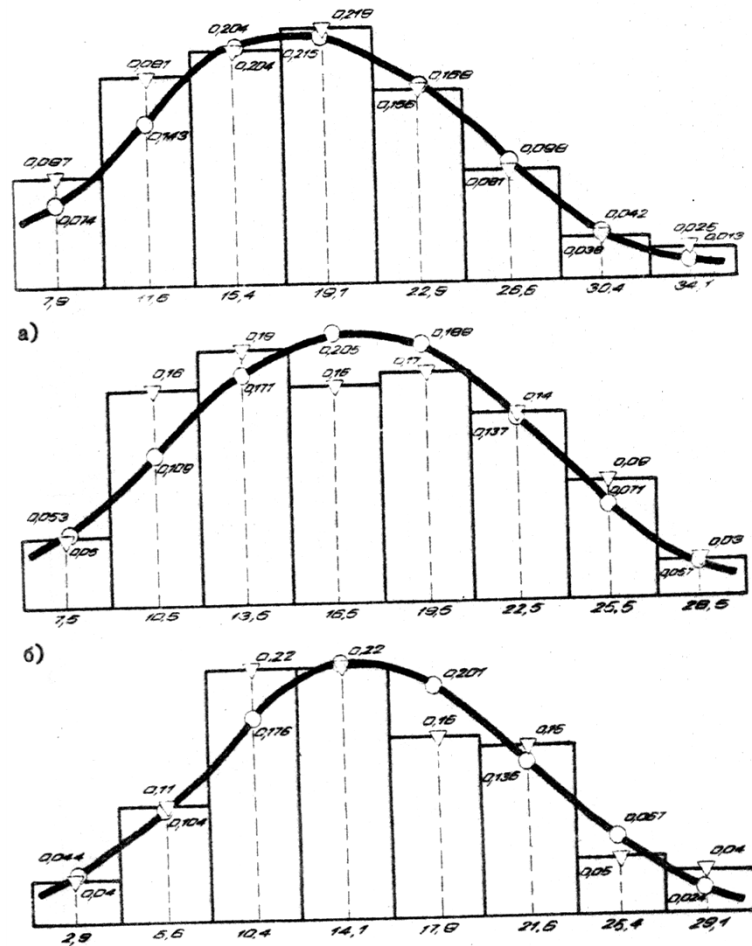


Рис. 2.5. Гістограми розподілу дослідних частот розміщення головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту

Вибірка значень розміщення головок коренеплодів щодо поверхні ґрунту сорту «Еккендорфській жовтій» змінюється в межах 1...31 см. Гістограма розподілу дослідних частот параметра слідує нормальному закону розподілу (рис. 2.5, в) з середнім значенням параметра – 14,9 см, середньоквадратичним відхиленням $\sigma = 6,7$ см.

2.2.2. Розмірні характеристики коренеплодів.

Довжина коренеплодів. Довжина коренеплодів сорту «Переможець» знаходиться в межах 13,5...39 см. Гістограма розподілу дослідчених даних слідує нормальному закону розподілу (рис. 2.6, а). Середнє значення довжини коренеплоду сорту «Переможець» рівне 25,1 см, середньоквадратичне відхилення $\sigma = \alpha$ см.

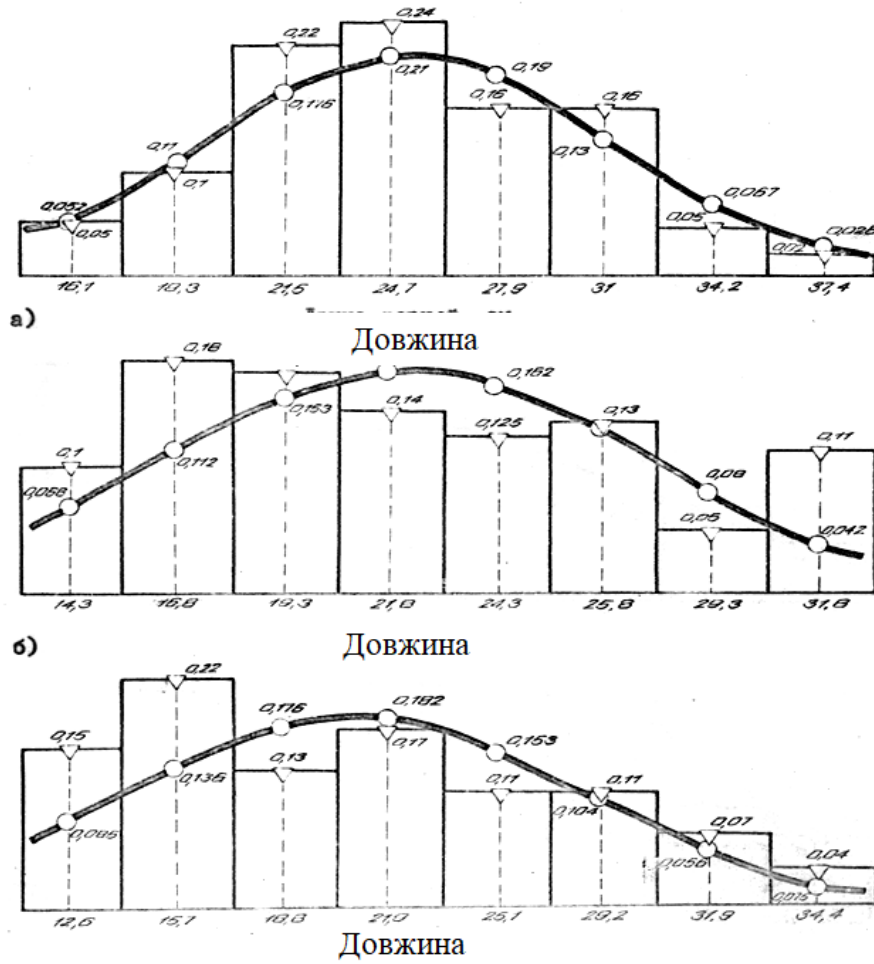


Рис. 2.6. Гістограми розподілу дослідних частот довжини коренеплодів

Довжина коренеплодів сорту «Урсус» знаходиться в межах 13...33 см, сорту «Еккендорфській жовтій» - 11...36 см. Гістограми розподілу дослідних частот слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.6, б, і рис. 2.6, в). Середнє значення довжини коренеплодів сорту «Урсус» рівне 22,1 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 5,7$ см; середнє значення довжини коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтій» 20,9 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 6,7$ см.

Діаметр коренеплодів. Результати досліджень показують, що діаметри коренеплодів сортів «Переможець», «Урсус» і «Еккендорфській жовтій» знаходяться в межах відповідно 5...15 см (рис. 2.7, а), 5,5...18,5 см (рис. 2.7, б), 5...17 см (рис. 2.7, в). Одержані вибірки слідуєть нормальному закону розподілу. Середнє значення діаметра коренеплодів сорту «Переможець» рівне

10,1 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 2,8$ см; коренеплоди сорту «Урсус» - 10,7 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 4,76$ см; коренеплоди сорту «Еккендорфській жовтий» - 11,6 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 2,7$ см.

Глибина залягання коренеплодів. Як показують результати обробки одержаних вибірок, глибина залягання коренеплодів сорту «Переможець» знаходиться в межах 7...19 см, коренеплодів сорту «Урсус» - 4...24 см, коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» в межах 3,2...14,2 см. Гістограми розподілу дослідних частот одержаних вибірок слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.8). Середнє значення глибини залягання коренеплодів сорту «Переможець» рівне 12,6 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 2,7$ см; сорту «Урсус» - 14,1 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 2,3$ см, коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 8,2 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 2,3$ см.

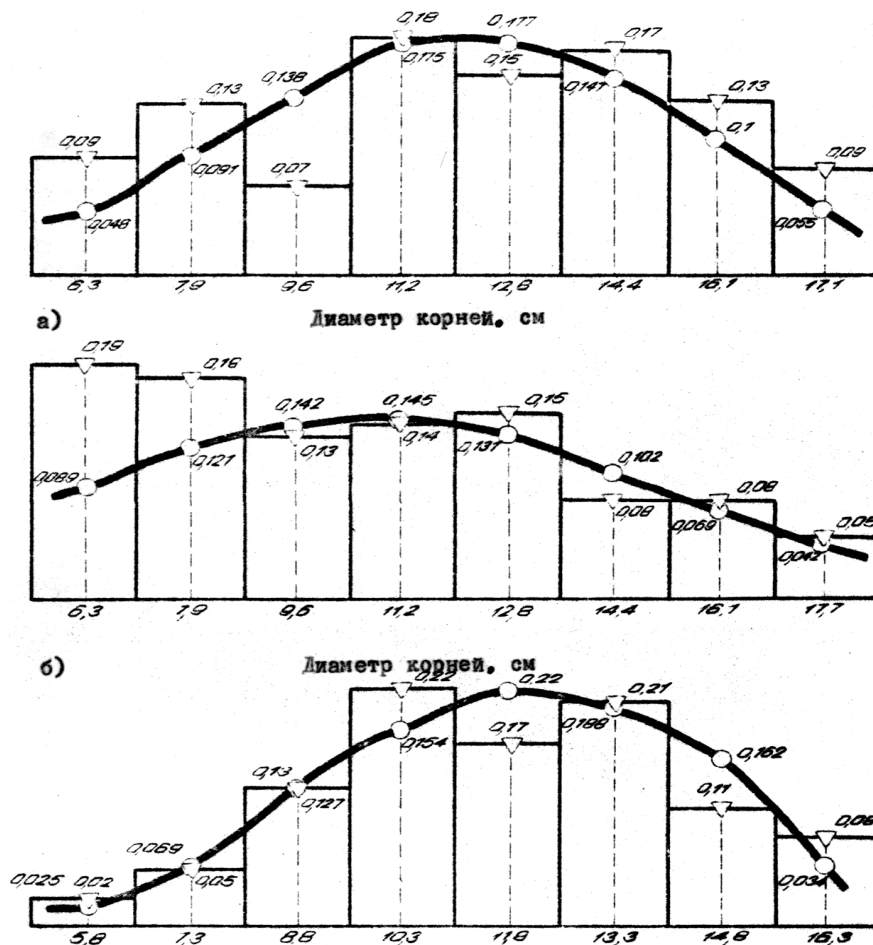


Рис. 2.7. Гістограми розподілу дослідних частот діаметру коренеплодів.

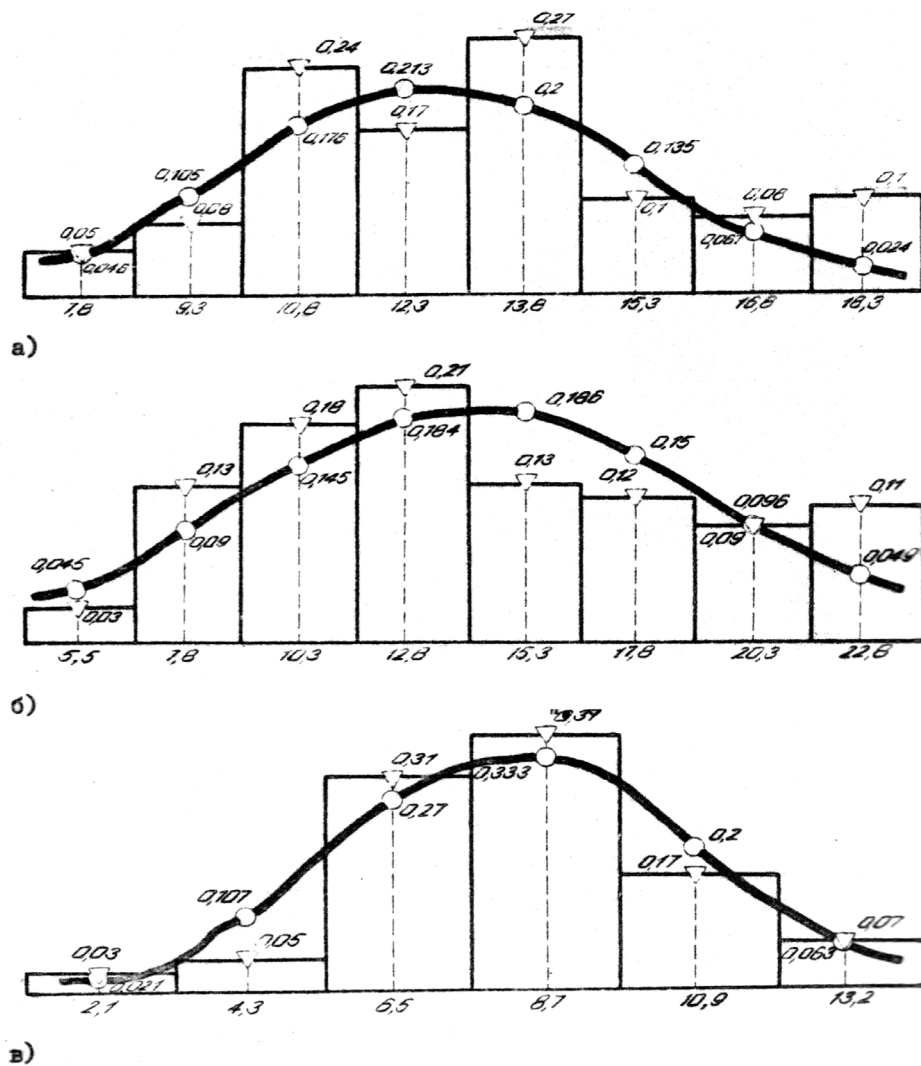


Рис. 2.8. Гістограми розподілу дослідних частот глибини залягання коренеплідів.

Довжина денної частини коренеплоду. Довжина денної частини коренеплідів сорту Переможець знаходиться в межах 6...25 см, коренеплоди сорту «Урсус» – 3,23 см коренеплідів сорту «Еккендорфській жовтий» 4...24 см. Гістограми одержаних характеристик підкоряються нормальному закону розподілу (рис. 2.9). Середнє значення довжини денної частини коренеплідів сорту «Переможець» рівне 12,7 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 4,5$ см; коренеплідів сорту «Урсус» - 11,6 см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 5,8$ см; коренеплідів сорту «Еккендорфській жовтий» - 13,6см при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 3,2$ см.

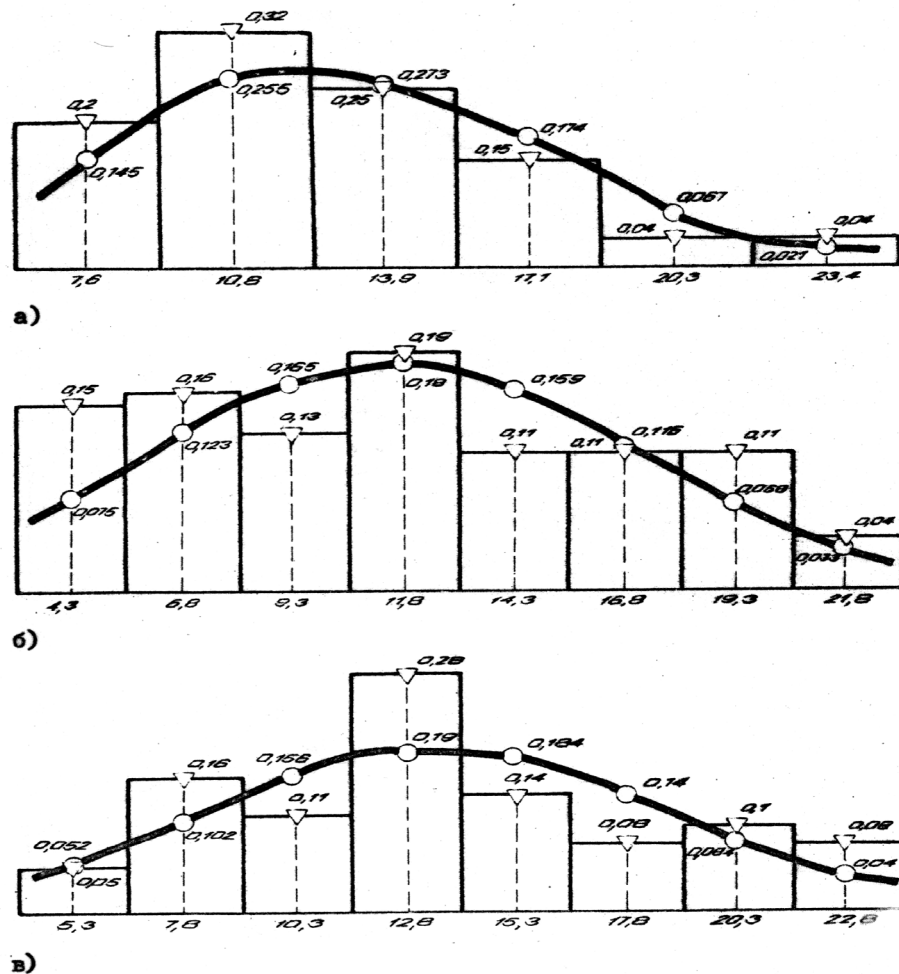


Рис. 2.8. Гістограми розподілу дослідних частот денної частини коренеплодів.

2.2.3. Вагова характеристика рослин

Маса коренеплодів. Маса коренеплодів сорту «Переможець» знаходиться в межах 0,2...4,6 кг, маса коренеплодів сорту Урсус - в межах 0,2...5,2 кг, маса коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - в межах 0,18...4,2 кг. Гістограми розподілу дослідних частот, як показав статистичний аналіз вибірок, слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.9). Середнє значення маси коренеплодів сорту «Переможець» рівне 2,01 кг при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 1,21$ кг; середнє значення маси коренеплодів сорту «Урсус» - 2,01 кг при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 1,23$ кг; середнє значення маси коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 2,68 кг при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 1,14$ кг.

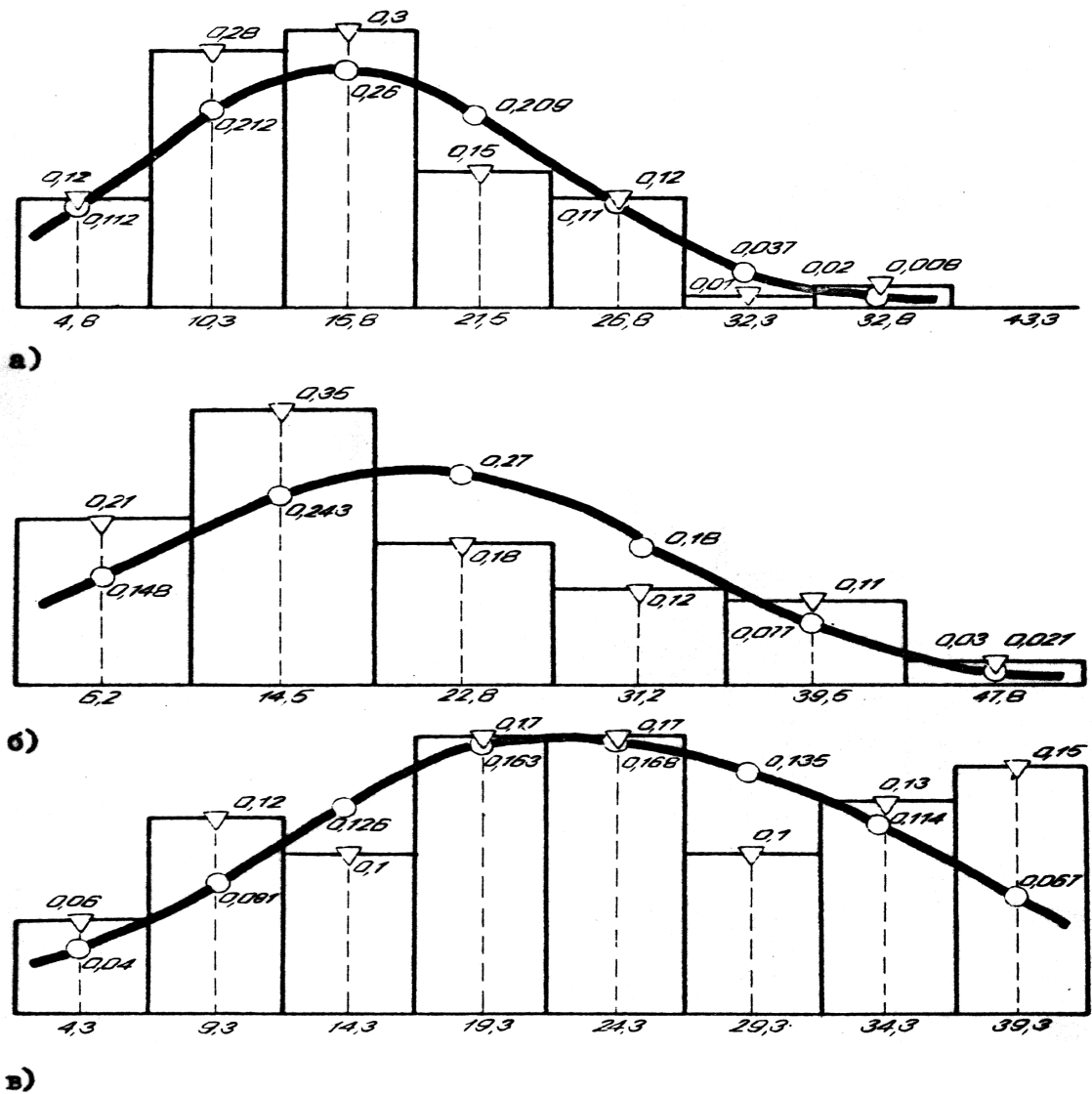


Рис. 2.9. Гістограми розподілу дослідних частот маси коренеплодів, Н.

Маса денної частини коренеплодів. Маса денної частини коренеплодів сорту «Переможець» знаходиться в межах 1...2,26 кг, коренеплодів сорту «Урсус» – 0,3...1,8 кг, коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» – 0,1...4,1 кг.

Гістограми розподілу дослідних частот слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.10). Середнє значення маси денної частини коренеплодів сорту «Переможець» рівне 0,97 кг, при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 0,54$ кг; коренеплодів сорту «Урсус» - 1,04 кг, при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 0,39$ кг; коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 1,63 кг при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 0,96$ кг.

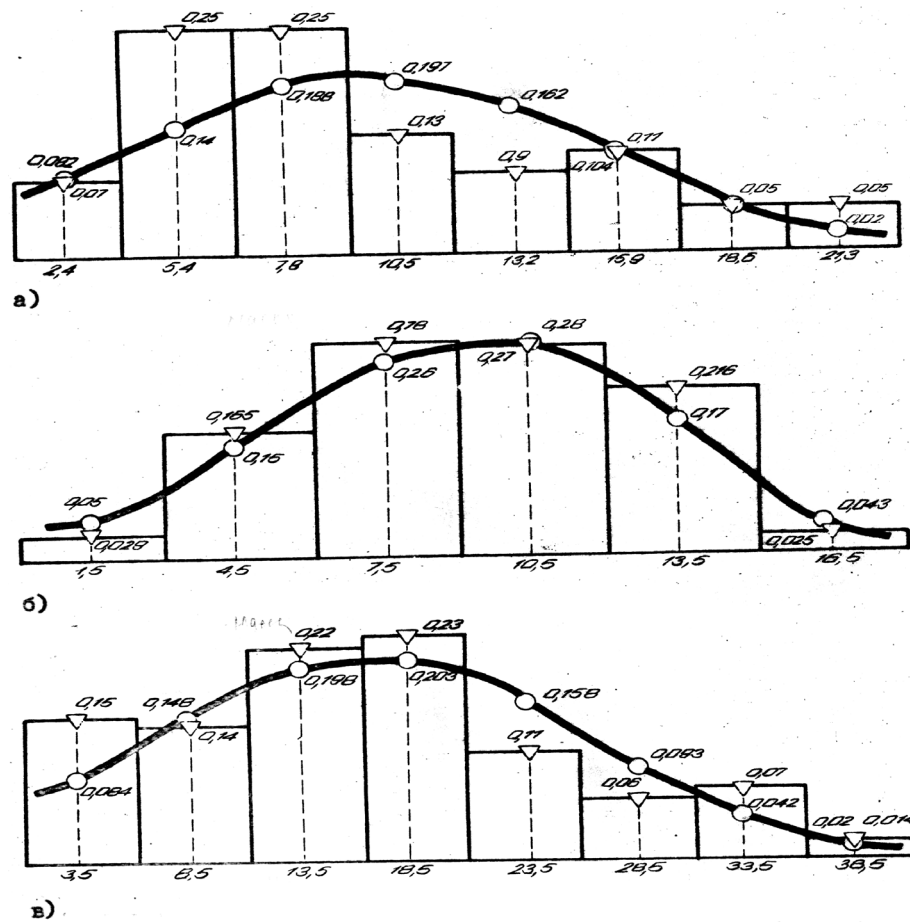


Рис. 2.10. Гістограми розподілу дослідних частот маси денної частини коренеплодів, Н.

Статистична обробка результатів одержаних вибірок – маси коренеплодів і маси їх денної частини - свідчить про те, що значна частина коренеплоду по масі знаходиться над рівнем ґрунту.

2.2.4. Міцність зв'язку коренеплодів з ґрунтом.

Зусилля теревіння коренеплодів. При теревінні коренеплодів вертикально прикладеним навантаженням був встановлений наступний характер зміни зусилля. В початковий момент зусилля різко зростало до певного максимального значення, досягнувши якого, спочатку плавно, а потім різко зменшувалося до нульового значення. Очевидно, зусилля до верхньої межі обумовлено наявністю зв'язку з бічними корінцями коренеплідної системи, а в подальшому зусилля викликається тільки опором, центральним

коренем коренеплоду.

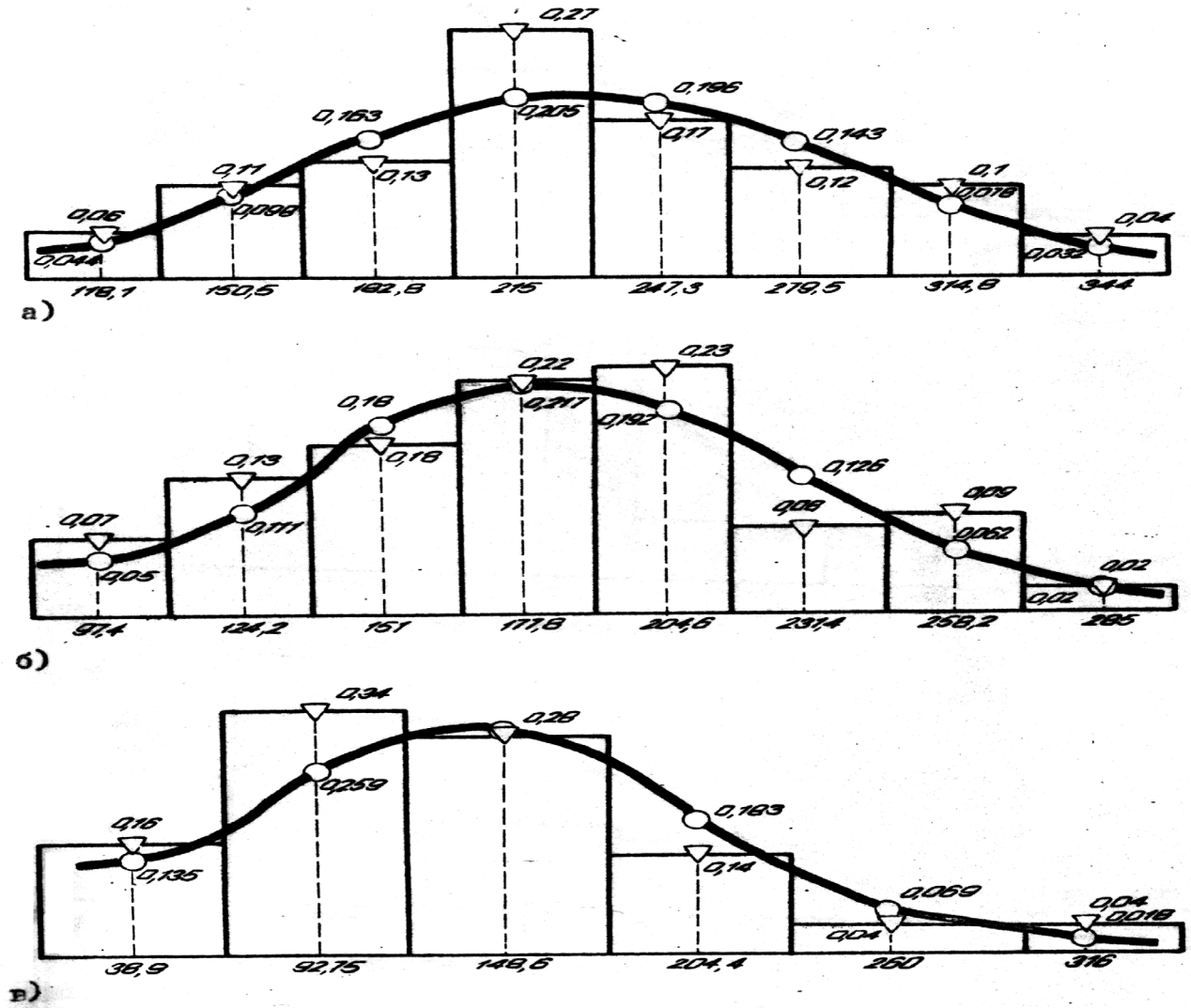


Рис. 2.11. Гістограми розподілу дослідних частот зусилля теребіння необхідного для руйнування зв'язків з ґрунтом бічних корінців.

Значення зусиль руйнування зв'язків коренеплодів з ґрунтом і відриву бічних корінців у коренеплодів сорту Переможець варіює в межах 102...360 Н, у коренеплодів сорту «Урсус» - в межах 84...299 Н, у коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - в межах 80...344 Н. Гістограми дослідних частот вибірок слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.11). Середнє значення зусилля для коренеплодів сорту «Переможець» рівне 225,8 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 61,5$ Н; для коренеплодів сорту «Урсус» середнє значення зусилля рівне 181 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 49,1$ Н; для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» середнє значення

зусилля рівне 130,7 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 67,1$ Н.

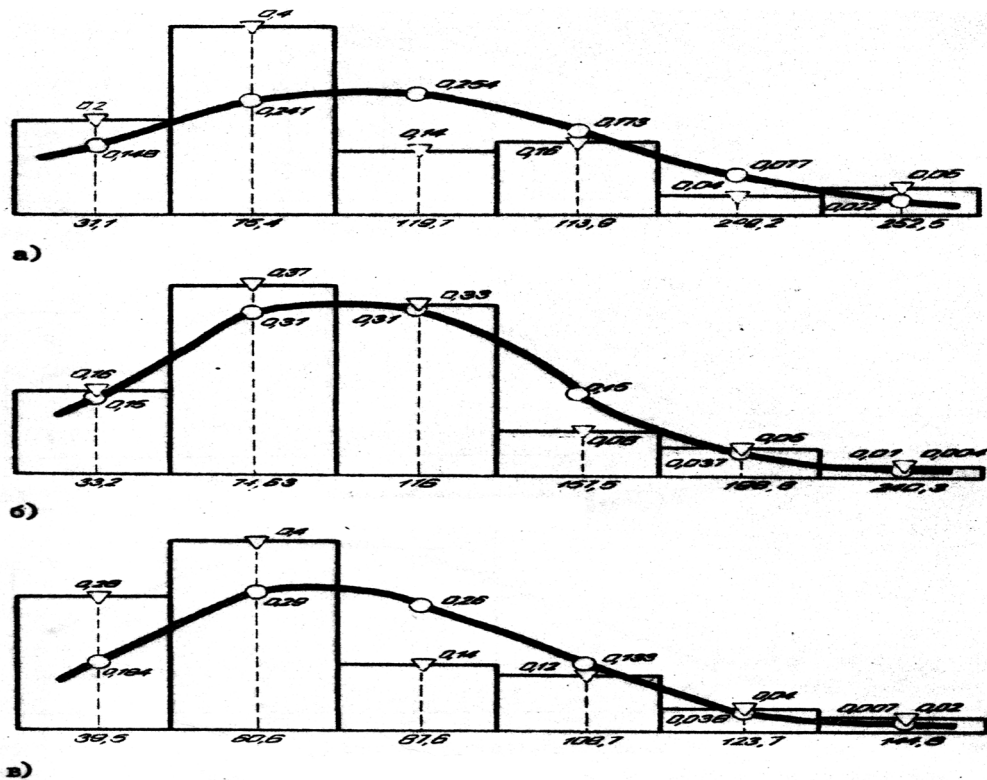


Рис. 2.12. Гістограми розподілу дослідних частот зусилля теретіння необхідного для відриву центрального кореня.

Зусилля теретіння коренеплодів вертикально прикладеним навантаженням, що вимагається на відрив центрального коренеплоду, для сорту «Переможець» знаходиться в межах 90...274,6 Н, для коренеплодів сорту «Урсус» - 12,5...261 Н для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 29...155,4 Н. Гістограми розподілу зусиль слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.12). Середнє значення зусилля у коренеплодів сорту «Переможець» рівне 102,8 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 67,1$ Н; для коренеплодів сорту «Урсус» - 96,2 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 48,6$ Н; для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 67 Н при середньо-квадратичному відхиленні $\sigma = 26,1$ Н.

Зусилля зіштовхування коренеплодів. При визначенні зусилля зіштовхування коренеплодів встановлений такий характер його зміни. На першому етапі зіштовхування зусилля різко зростає до деякого максимального значення, потім помітно зменшується, а потім знову зростає, після чого знову

різко зменшується до нуля.

Такий характер зміни зусилля зіштовхування обумовлюється наявністю тих же чинників, унаслідок яких змінюється зусилля терезіння коренеплодів. На першому етапі відбувається процес руйнування ґрунту і відрив бічних корінців кореневої системи коренеплоду. Зусилля при цьому спочатку зростає, а потім падає. Після цього зусилля знову зростає і досягає максимуму у момент розриву центрального коренеплоду. З цієї миті зусилля знову різко зменшується до нуля. Статистичний аналіз вибірок показує, що зусилля зіштовхування коренеплодів горизонтально прикладеним навантаженням, що вимагається на руйнуванні бічних корінців кореневої системи, для сорту «Переможець» змінюється в межах 9...309 Н, для сорту «Урсус» – 30...287 Н, для сорту «Еккендорфській жовтий» - 20...202 Н.

Гістограми дослідних частот вибірок зусиль слідуєть нормальному закону розподілу (рис. 2.13).

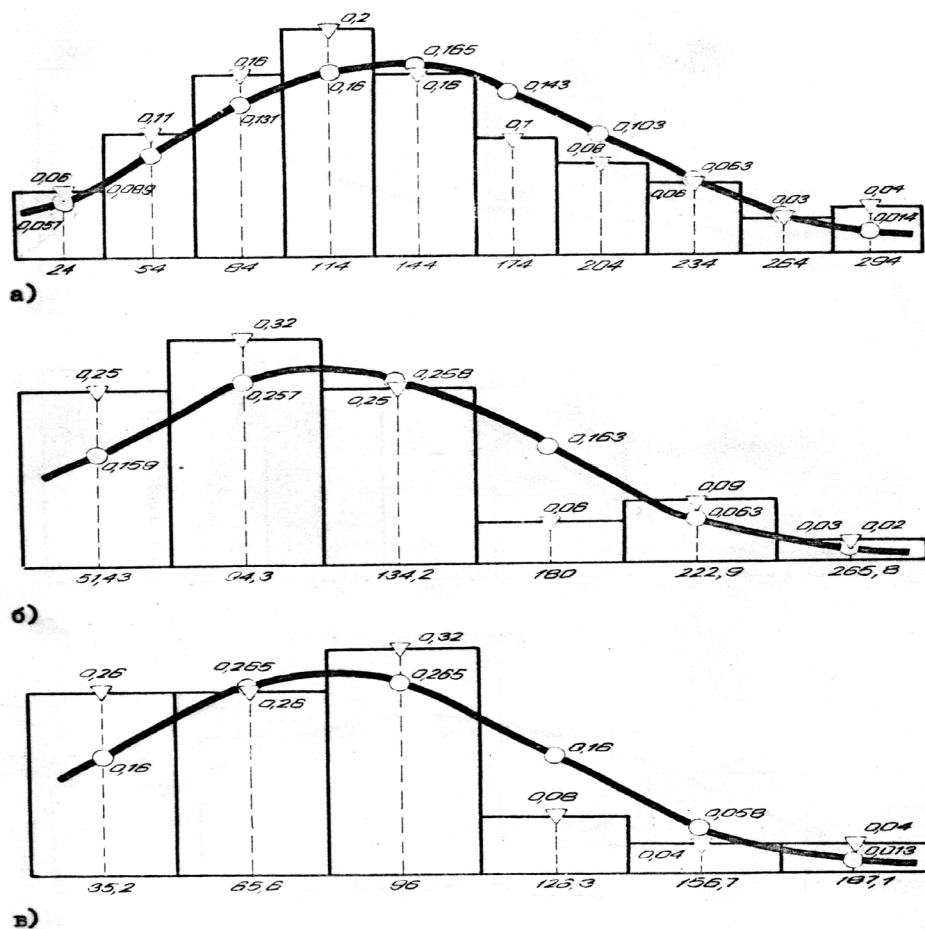


Рис. 2.13. Гістограми розподілу дослідних частот зусилля зіштовхування

необхідного для руйнування зв'язків з ґрунтом бічних корінців.

Середнє значення зусилля для коренеплодів сорту Переможець рівне 134,1 Н, при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 71,6$ Н; для коренеплодів сорту «Урсус» - 116,2 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 62,5$ Н; для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 80,8 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 42,8$ Н.

Зусилля зіштовхування коренеплодів горизонтально прикладеним навантаженням, що вимагається на розрив центрального коренеплоду, для сорту «Переможець» знаходиться в межах 24,8...261 Н, для сорту «Урсус» - в межах 9...224 Н, для сорту «Еккендорфській жовтий» в межах 2,6...108 Н.

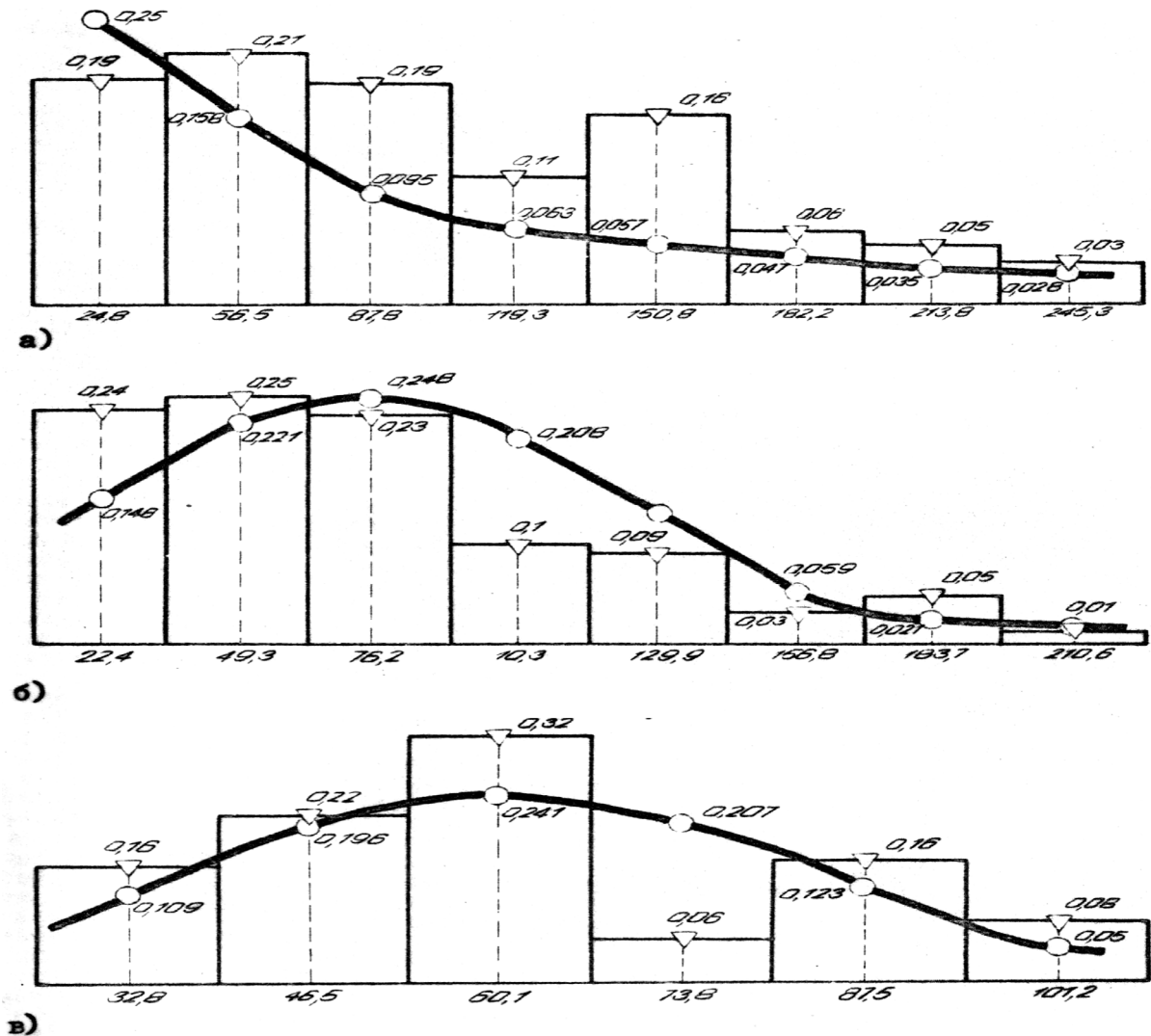


Рис. 2.14. Гістограми розподілу дослідних частот зусилля зіштовхування необхідного для руйнування зв'язків з ґрунтом центрального кореня.

Гістограма розподілу дослідних частот зусиль для коренеплодів сорту «Переможець» слідує загальному закону розподілу Вейбула, а для коренеплодів сортів «Урсус» і «Еккендорфській жовтий» - нормальному закону розподілу (рис. 2.14).

Середнє значення зусилля для коренеплодів сорту «Переможець» становить 99,4 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 124,3$ Н; для коренеплодів сорту «Урсус» - 78,9 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 43,1$ Н; для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 61 Н при середньоквадратичному відхиленні $\sigma = 22,6$ Н.

З одержаних результатів обробки характеристик - зусилля терєбіння коренеплодів вертикально прикладеним навантаженням і зусилля зіштовхування коренеплодів горизонтально прикладеним навантаженням - сортів, що вивчаються, витікає, що для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» зусилля терєбіння рівне 130,7 Н, що в 1,38 рази менше необхідного зусилля для сорту «Урсус» і в 1,73 рази менше для сорту «Переможець».

Мінімальним при цьому є зусилля зіштовхування коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий», що в 1,44 рази менше зусилля, що вимагається для зіштовхування коренеплодів сорту «Урсус», і в 1,66 рази менше зусилля, що вимагається для зіштовхування коренеплодів сорту «Переможець».

Зусилля, що вимагається на зіштовхування, значно менше зусилля, що вимагається для терєбіння коренеплодів. Для сорту «Переможець» воно менше в 1,68 рази, для сорту «Урсус» - в 1,58 рази і для сорту «Еккендорфській жовтий» - в 1,62 рази.

2.2.5. Деформації коренеплодів.

Для визначення деформацій верхнього шару коренеплодів була створена спеціальна установка (рис. 2.15), що складається з рами 1, на якій закріплюється гвинт 9. Його привід здійснюється від двигуна 11 за допомогою передавального пристрою 10. Гвинт впливає на тіло коренеплоду 3, укріпленого у фіксуєчому пристрої 2 за допомогою пуансона 4 через реєструвальний

елемент 5 (динамометр ДОСМ-3-0,05), на пружинній скобі якого закріплені тензодатчики по напівмостовій схемі. Сигнал, що поступає з тензодатчиків, прямував до підсилювача, а потім передавався на осцилограф. На фотопапері осцилографа записувалася діаграма залежності зміни навантаження, прикладеного до поверхні тіла коренеплоду з боку пуансона. Зміна характеру навантаження реєструвалася під час проходження процесу. На початку і в кінці випробувань кожної партії коренеплодів проводилося тарування реєструвального пристрою установки.

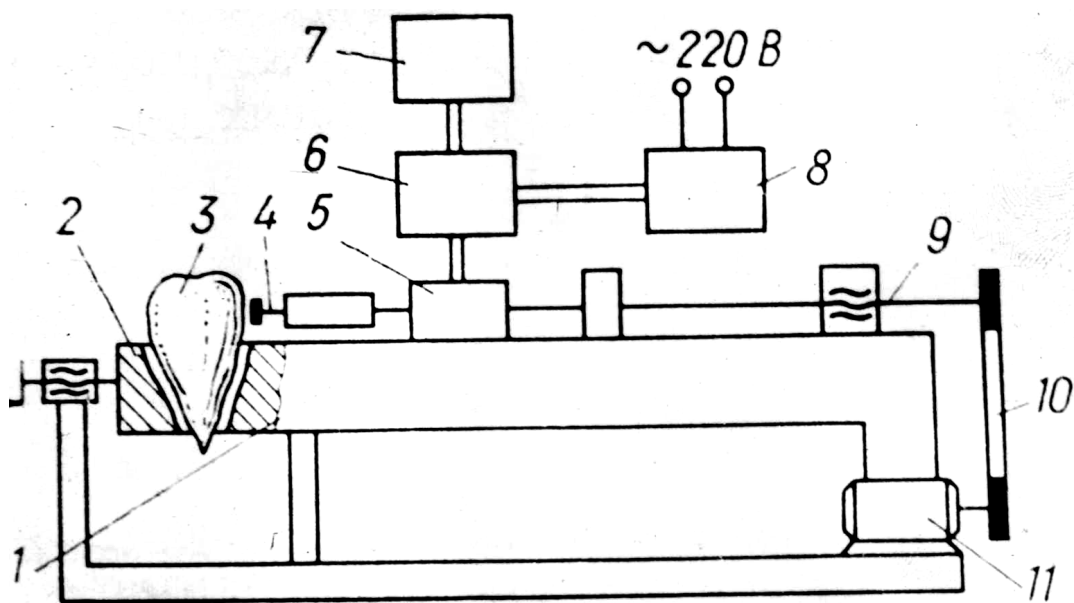


Рис.2.15. Установка для визначення деформації коренеплодів.

Одна з одержаних осцилограм в результаті проведених випробувань представлена на рис. 2.16. Лінія 1 тут нульова (навантаження на коренеплід відсутнє), ділянка 2-3 відображає поступове збільшення навантаження на поверхню коренеплоду без його пошкодження. Відмітка 3 знаходиться на межі між моментом, при якому поверхня коренеплоду ще не пошкоджена, і моментом початку її пошкодження. Ділянка кривої 3-4 відображає період руйнування коренеплоду буряка під впливом навантаження, прикладеного з боку пуансона (пуансон при цьому занурюється в тіло коренеплоду). Відмітка 4 відповідає: моменту розлому коренеплоду.

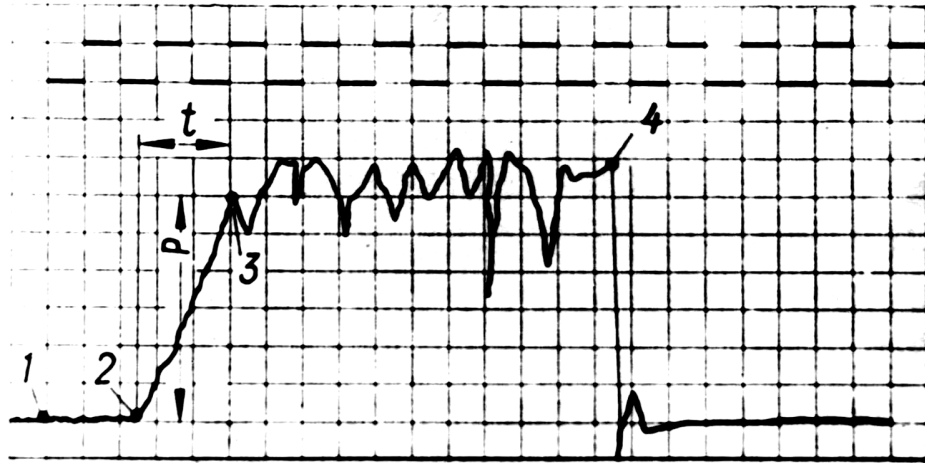


Рис.2.16. Осцилограма навантаження прикладеного до тіла коренеплоду.

Як бачимо, при дії на коренеплід прикладеного до нього навантаження на ділянці 2-3 його верхній шар поводить себе як пружне тіло (при збільшенні навантаження до деякої межі пошкодження коренеплодів не спостерігається). При подальшому збільшенні навантаження починається пошкодження верхнього шару коренеплоду і занурення пуансона в тіло коренеплоду. Цей процес відбувається при порівняно невеликих межах відхилення прикладеного навантаження. В деякий момент, який відповідає певним значенням навантаження з боку пуансона, відбувається злам коренеплоду. Очевидно, що відмітка 3 відповідає моменту тимчасового опору коренеплодів стисненню.

Для визначення допустимих деформацій використовувалися пуансони із змінними наконечниками, які були циліндрами з різними площами поверхні контакту ($F = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $F = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $F = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $F = 9,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$).

В таблиці 1 представлені середньостатистичні значення граничних навантажень між моментами не пошкодження поверхні коренеплоду і початком її пошкодження (за наслідками обробки осцилограм). Їх аналіз свідчить про те, що для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» граничне навантаження, яке можна прикласти до поверхні коренеплодів з боку робочого органу машини, знаходиться в межах 39...488 Н залежно від площі контакту. Для коренеплодів сортів «Урсус» і «Переможець» ці значення відповідно знаходяться в межах 77...630 Н і 80...540 Н.

**Середньостатистичне значення граничних
навантажень (за наслідками обробки осцилограм)**

Площа, м ²	Навантаження, Н		Середньоарифметичн е значення, Н	Середньоквадратичне відхилення, Н	Коефіцієнт варіації, %	Середня помилка дослідю	Точність дослідю, %
	Мінімальне P_{\min} , Н	Максимальне P_{\max} , Н					
«Еккендорфській жовтий»							
$2 \cdot 10^{-5}$	28	65	39	6	15,4	2,5	6,4
$1.8 \cdot 10^{-4}$	140	168	147	8	5,4	2,5	1,7
$4.9 \cdot 10^{-4}$	374	469	438	33	7,5	10,0	2,3
$9,6 \cdot 10^{-4}$	460	565	488	38	7,8	12,0	2,5
«Урсус»							
$2 \cdot 10^{-5}$	45	93	77	18	23,4	5,6	7,3
$1.8 \cdot 10^{-4}$	140	370	230	37	16,0	11,5	5,0
$4.9 \cdot 10^{-4}$	560	659	624	24	3,8	7,0	1,1
$9,6 \cdot 10^{-4}$	560	670	628	26	4,1	8,0	1,3
«Переможець»							
$2 \cdot 10^{-5}$	45	186	81	22	27,2	6,8	8,4
$1.8 \cdot 10^{-4}$	140	374	300	45	15,0	14,0	4,7
$4.9 \cdot 10^{-4}$	186	623	476	20	4,2	37,0	7,8
$9,6 \cdot 10^{-4}$	460	659	544	71	13,1	22,0	4,0

Допустиме навантаження стиснення в зоні контакту можна визначити, виходячи з теорії деформації пружних тел. Як вже наголошувалося, на ділянці 2-3 діаграми коренеплід можна розглядати як пружне тіло, яке знаходиться в рівновазі під впливом прикладених до нього активних сил і пружних реакцій, розподілених в зоні стиснення. В даному випадку виконується умова:

$$p(x, y) = \frac{3P}{2\pi ab}, \quad (2.1)$$

де $p(x, y)$ - тиск, розподілений в зоні стиснення;

P - зусилля, прикладене до коренеплоду.

При цьому допускається, що на межі зони стиснення $p(x, y) = 0$, а контур, що обмежує зону стиснення, в загальному випадку має форму еліпса з напівосями a і b . Тоді максимальний тиск діє в центрі поверхні контакту і визначається умовою:

$$P_{\max} = \frac{3P}{2\pi ab}, \quad (2.2)$$

або P_{\max} в 1,5 разу більше середнього значення по поверхні контакту. Цей тиск не повинен перевищувати допустиме навантаження стиснення коренеплодів.

За даними, приведеними в таблиці 1, витікає, що максимальне зусилля, стискання тіла, є граничним, при якому корінь не ушкоджується.

Визначення зони контакту коренеплоду з поверхнею пуансона складне, оскільки ця площа залежить від розмірних характеристик коренеплодів і їх пружних властивостей. Проте, при порівняно невеликих площах поверхні наконечника пуансона ($F = 2 \cdot 10^{-5} \dots 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$), зону контакту з достатньою для практичних цілей точністю можна прийняти рівною колу. Тоді формула для визначення допустимої напруги стиснення приймає вигляд:

$$[\sigma]_{\text{сж}} = \frac{3P}{2\pi r^2}, \quad (2.3)$$

де $[\sigma]_{\text{сж}}$ - допустима напруга стиснення коренеплоду,

P - граничне зусилля, прикладене коренеплоду, при якому він ще не пошкоджується,

r - радіус наконечника пуансона.

Значення допустимої напруги стиснення для коренеплодів кормового буряка досліджуваних сортів представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

**Значення допустимої напруги стиснення
для коренеплодів кормового буряка**

Сорт коренеплоду	Допустима напруга стиснення, кН/м ²
Еккендорфській жовтий	1600...3200
Урсус	1800...6100
Переможець	2000...4400

Отримані значення допустимої напруги стиснення коренеплодів кормового буряка можуть бути використані для визначення допустимих зусиль при дії на коренеплоди робочих органів розроблюваних конструкцій машин для викопування з ґрунту коренеплодів кормового буряка.

2.3. Визначення допустимої швидкості зіткнення коренеплодів з поверхнею робочого органу

В даному випадку стає очевидним, що швидкість зіткнення не повинна перевищувати тієї швидкості, при якій той, що зім'яв тіла коренеплодів, виходив би за межі пружної деформації, оскільки це приводить до руйнування тіла коренеплоду з подальшим його псуванням.

Визначення вказаної швидкості проведено за допомогою спеціальної штативної установки, що складається з вертикальної рейки і майданчика зіткнення, виготовленого з матеріалу, ідентичного матеріалу поверхні робочих органів. Для визначення допустимої швидкості фіксувалася висота, з якою коренеплоди вільно падали на майданчик зіткнення. В залік приймалися тільки ті коренеплоди, поверхня зіткнення яких була бічною частиною коренеплоду. Пошкодження фіксувалося візуально за станом поверхні коренеплодів в місці контакту. Пошкодженням вважався коренеплід, що має вм'ятини і тріщина верхнього тургорного шару.

З попередніх досліджень було встановлено, що ступінь пошкодженості коренеплоду залежать не тільки від швидкості їх зіткнення, але і від сили удару, яка залежить в даному випадку від маси коренеплоду. Тому коренеплоди більшої маси ушкоджувалися і при меншій швидкості зіткнення.

Виходячи з цього, для зведення до мінімуму впливу силового чинника при визначенні гранично допустимої швидкості зіткнення в експеримент включалися коренеплоди, маса яких була вищою за середній для даного сорту кормовий буряк.

В цілях отримання більш достовірної інформації, кількість коренеплодів

для проведення досліду бралася не менше ста, а кількість повторностей така, щоб показник точності досліду не перевищував 5%.

За наслідками експерименту одержана залежність ступеня пошкодження коренеплодів від швидкості зіткнення з поверхнею робочого органу (рис. 2.17). По експериментальних даних, одержаних в ході досліджень, за допомогою ЕОМ отримана емпірична залежність, яка виражається квадратичними функціями у вигляді кривих залежності ступеня пошкодження коренеплодів від швидкості зіткнення:

$$Y_1 = 13,29 \cdot X^2 - 102,61 \cdot X + 198,22 - \text{для сорту «Еккендорфській жовтий»};$$

$$Y_2 = 18,66 \cdot X^2 - 167,03 \cdot X + 376,63 - \text{для сорту «Урсус»};$$

$$Y_3 = 10,3 \cdot X^2 - 87,28 \cdot X + 185,21 - \text{для сорту «Переможець»}.$$

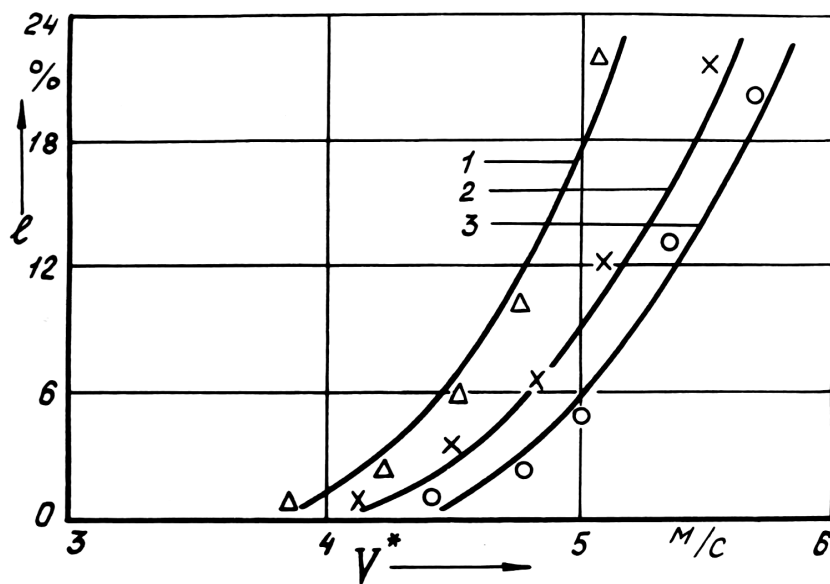


Рис. 2.17. Залежність ступеню пошкодження коренеплодів від швидкості зіткнення з поверхнею робочих органів (по максимальній масі коренеплодів):

1 – для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий», 2 – для коренеплодів сорту «Урсус», 3 – для коренеплодів сорту «Переможець».

Аналіз одержаної залежності показує, що для кожного з досліджуваних сортів коренеплодів є допустима межа швидкості зіткнення, при якому коренеплоди не травмується. Допустима швидкість зіткнень рівна: для коренеплодів сорту «Еккендорфській жовтий» - 3,90...4,50 м/с, сорту «Урсус» -

4,20...4,80 м/с, сорту «Переможець» - 4,40...5,0 м/с. Встановлені значення граничних швидкостей зіткнення коренеплодів з поверхнею робочого органу дають можливість визначити допустимі режими роботи робочих органів бурякозбиральних машин, що проектуються.

2.4. Висновки до розділу

Аналіз результатів статистичної обробки основних фізико-механічних властивостей коренеплодів кормового буряка сортів «Переможець», «Урсус» і «Еккендорфській жовтий» дає підставу зробити наступні висновки.

Фізико-механічні характеристики цих сортів кормового буряка істотно відрізняються від характеристик цукрового буряка і інших подібних їй культур.

Характерними особливостями коренеплодів кормового буряка досліджених сортів є наступні. Значна частина коренеплоду як по довжині, так і по вазі в період збирального сезону знаходиться над рівнем ґрунту.

Глибина залягання коренеплодів вказаних сортів кормового буряка порівняно невелика. Середнє значення її рівне 12,6 см для коренеплодів сорту «Переможець», 14,1 см для сорту «Урсус», 8,2см для сорту «Еккендорфській жовтий».

Висота розміщення головок коренеплоду над рівнем ґрунту змінюється в широких межах - 6...36 см для коренеплодів сорту «Переможець» при середньому значенні 17,9 см; 6...30 см для сорту Урсус при середньому значенні 17,1 см; 1...31 см для сорту «Еккендорфській жовтий» при середньому значенні 14,9 см.

Рядок рослин вказаних сортів є смугою, ширина якої досягає у сорту Переможець до 30 см при середньому відхиленні головок коренеплодів ліворуч від осьової лінії ряду рівному 6,3 см і управо - 3,9см; у сорту «Урсус» ці величини відповідно рівні 16 см, 3,3см і 3,9см; у сорту «Еккендорфській жовтий» - 40 см, 5,9 см і 5,3 см. Діаметр коренеплодів цих сортів також змінюється у великих межах 5...15 см у сорту «Переможець» при середньому

значенні 10,1 см; у сорту «Урсус» в межах 5,5...18,5 см при середньому значенні 10,7 см і у сорту «Еккендорфській жовтий» ці величини відповідно дорівнюють - 5...17 см і 11,6 см.

Найважливішою особливістю міцнісних характеристик зв'язку коренеплодів з ґрунтом є те, що зусилля, необхідне для витягування коренеплодів з ґрунту способом зіштовхування, значно менше зусилля, що вимагається для викопування коренеплодів способом терebinня.

Для коренеплодів сорту «Переможець» це зусилля менше в 1,68 рази, для сорту «Урсус» – в 1,56 рази і для сорту «Еккендорфській жовтий» - в 1,62 рази

В цілому результати, одержані при вивченні фізико-механічних властивостей кормового буряка, показують, що для викопування коренеплодів доцільно використовувати спосіб зіштовхування. Це дає можливість відмовитися від дії робочого органу в самому рядку, а розташовувати робочі органи в міжряддях рослин.

Ця обставина може слугувати підставою для розробки відповідної конструкції робочого органу коренезбиральної машини.

3. Збирання коренеплодів способом активного зіштовхування і робочий орган для його здійснення

На підставі проведеного вивчення фізико-механічних властивостей коренеплодів кормового буряка і літературних джерел встановлено, що найефективнішим способом викопування коренеплодів з ґрунту є спосіб зіштовхування.

При такому способі викопування найбільш раціонально використовуються такі характеристики кормового буряка, як мінливість діаметра коренеплодів, відхилення їх від осьової лінії ряду, відхилення від вертикального положення, мала глибина залягання коренеплодів, розміщення центру мас коренеплоду значно вище за рівень ґрунту, нестійкість закріплення коренеплодів в ґрунті. Такий спосіб збирання також вимагає менше енерговитрат в порівнянні з іншими.

Як показали порівняльні випробування ряду дослідних пристроїв, що працювали за способом зіштовхування, і їх робочих органів, в основу яких покладено спосіб активного зіштовхування, позбавлені недоліків, властивих робочим органам, що функціонують за способом пасивного зіштовхування. До недоліків способу пасивного зіштовхування можна віднести наступні.

При роботі пасивного зіштовхувача зусилля зіштовхування направлено в одну сторону і є постійним по величині. Через це для викопування коренеплодів повинні бути прикладені значні зіштовхуючі зусилля, що приводить до травмування коренеплодів.

Одноразова дія з боку зіштовхувача не забезпечує повноти викопування коренеплодів з ґрунту.

В результаті цього перед пасивним робочим органом утворюється ворох коренеплодів, ґрунту і рослинних залишків, які приводять до збільшення опору з боку робочого органу, забивання його, підвищення травмування коренеплодів і неповноти звільнення їх від зв'язку з ґрунтом.

Перерахованих недоліків позбавлений робочий орган, діючий за принципом активного зіштовхування. Характерною особливістю такого робочого органу є те, що він не пов'язаний з віссю рядка, місце його розташування - міжряддя коренеплодів.

Як варіантом такого робочого органу може бути робочий орган запропонований Довжиком М.Я. (А.с. 1069666 (СРСР)), що складається (рис. 3.1) з рихлячої лапи 1, яка встановлюється попереду робочого органу, виконаного у вигляді клиноподібного бітера 2, обернутого вершиною кута до рихлячої лапи.

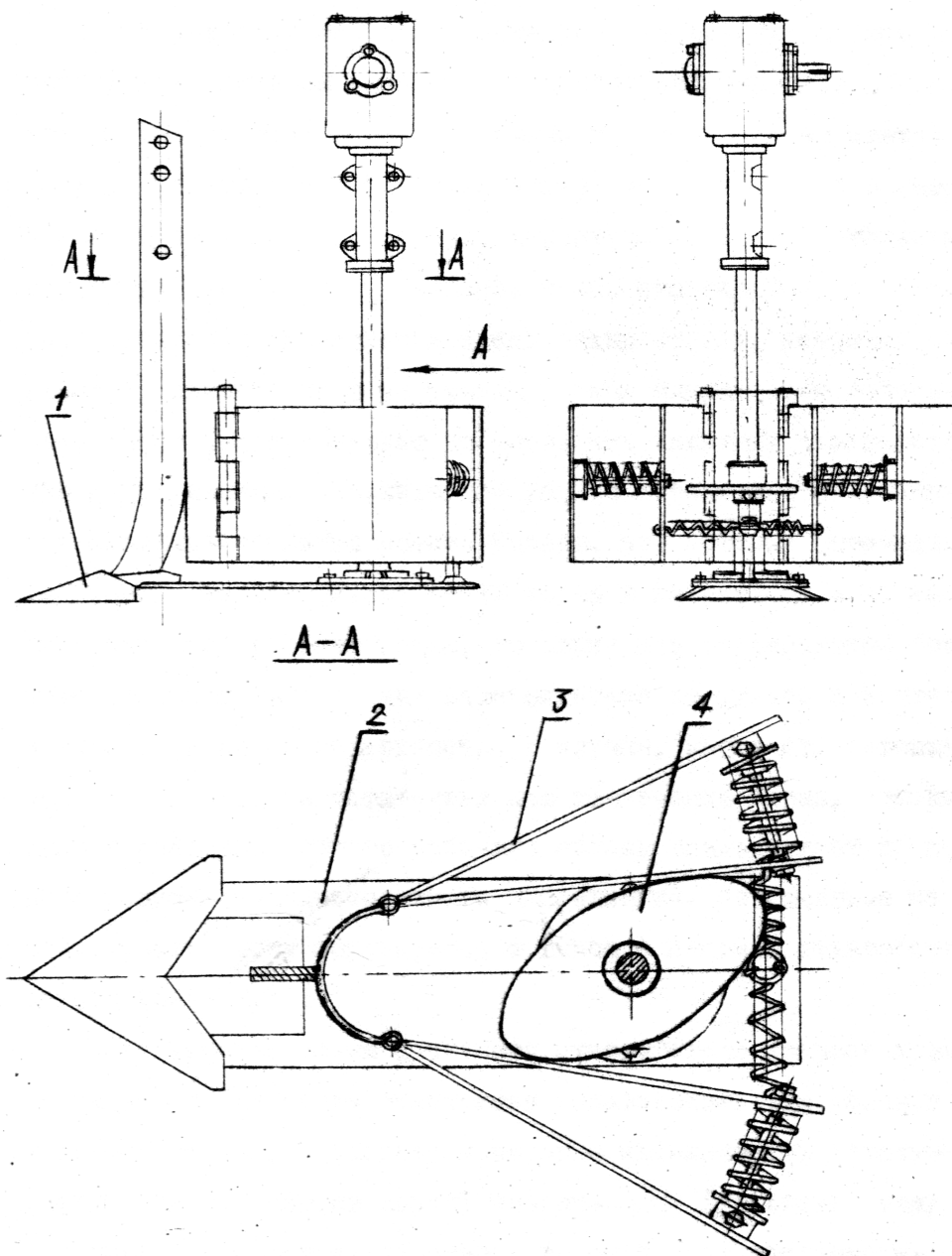


Рис. 3.1. Робочий орган коренезбирального пристрою.

При багаторазовій дії на тіло коренеплоду змінним зусиллям як по величині, так і по напрямку, відбувається поступове порушення зв'язків коренеплоду з ґрунтом. В процесі такого викопування відбувається самоочищення коренеплоду від ґрунту.

Клиноподібний бітер складається з двох, шарнірно приєднаних до нього зіштовхуючих пластин 3, які приводяться в коливальний рух за допомогою ланки приводу 4. Зіштовхуючі пластини підпружинені щодо один одного.

В процесі роботи рихляча лапа, переміщаючись в міжрядді кормового буряка, розпушує верхній шар ґрунту, чим забезпечується порушення зв'язку корінців коренеплодів буряка з ґрунтом.

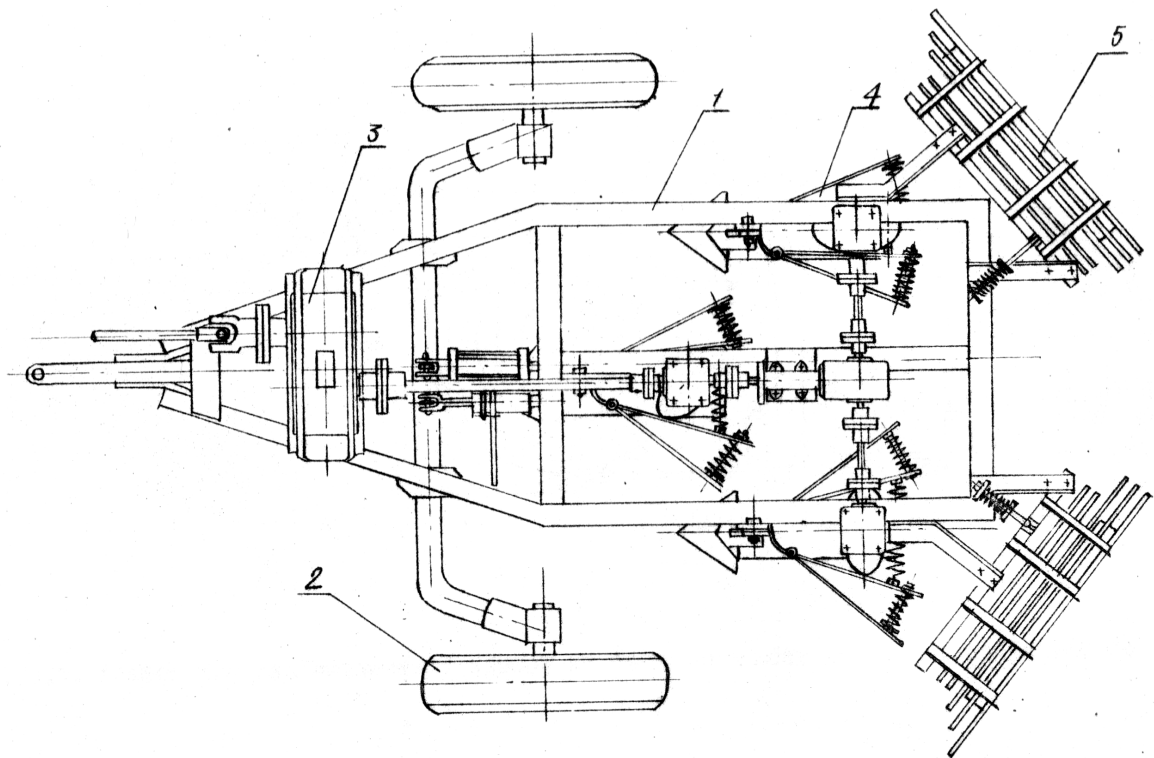


Рис. 3.2. Пристрій для викопування коренеплодів з ґрунту способом активного зіштовхування.

Зіштовхуючі пластини через приводну ланку здійснюють коливальні рухи. Амплітуда коливань зіштовхувача регулюється так, щоб зіштовхуючі пластини переміщалися у напрямі до осі рядку коренеплодів зустрічалися з коренеплодами, зіштовхували їх в перпендикулярному напрямі щодо осі рядку.

Внаслідок того, що боковини зштовхувача підпружинені, зіштовхуюче зусилля зростає поступово, що виключає наявність різких ударів, при яких ушкоджуються коренеплоди. Оскільки велика частина коренеплоду і за розміром і по масі знаходиться над рівнем ґрунту, то коренеплоди під впливом бічного зіштовхуючого зусилля звільняються від зв'язків з ґрунтом і витягуються на її поверхню. У разі, коли зіштовхуюче зусилля виявиться недостатнім для викопування коренеплоду, зіштовхуюча пластина іншого робочого органу впливає на корінь зусиллям протилежного напрямку. Витягнуті на поверхню коренеплоди формуються у валок за допомогою валкоутворювачів 5 (див. рис. 3.2).

При використуванні активного зштовхувача процес викопування коренеплодів з ґрунту стає керованим. Ця умова є важливою, оскільки деякі механічні характеристики різних сортів коренеплодів неоднакові. Завдяки цьому активний зіштовхувач набуває властивість універсальності.

3.1. Визначення оптимальної форми кулачка приводу активного зштовхувача

З метою вибору найбільш прийнятної робочої поверхні приводної ланки активного зштовхувача досліджувалось кілька форм (рис. 3.3).

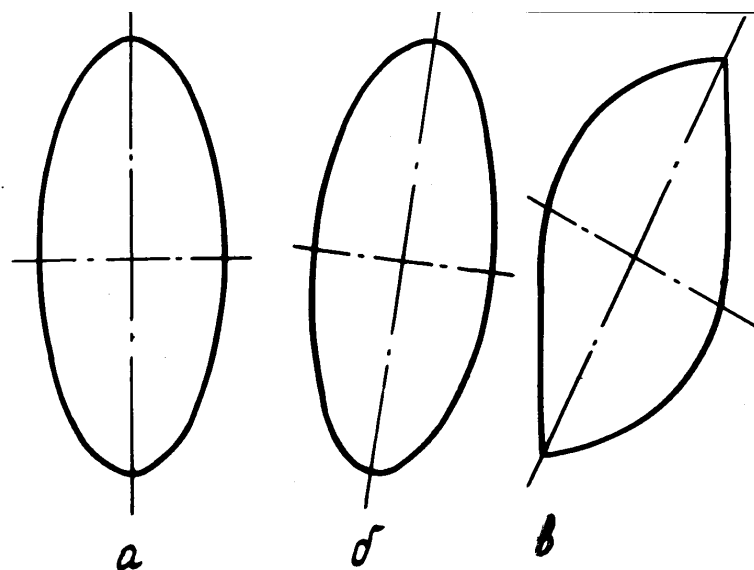


Рис. 3.3. Форми робочої поверхні кулачка.

За критерій придатності кулачка бралася величина співвідношення часу руху зіштовхуючої пластини від початкового положення до положення максимального відхилення, тобто від φ_0 до φ_{\max} . (за цей проміжок часу зіштовхувач виконує позитивну роботу з видалення коренеплідів із ґрунту), та повернення пластини, що зіштовхує, у вихідне положення, тобто від φ_{\max} до φ_0 (при цьому інтенсивність процесу зіштовхування зменшується). Крім того робота механізму не повинна супроводжуватися ударом. Як показали дослідження найбільш прийнятним щодо цього є кулачок, форма якого в параметричному виді виражається рівнянням [2]:

$$\begin{cases} y = L \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi) \\ x = L \cdot \cos(\varphi_0 + \varphi) - A \end{cases} \quad (3.1)$$

де L - довжина пластини зіштовхувача,

A - міжосьова відстань,

φ - кут повороту зіштовхуючої пластини.

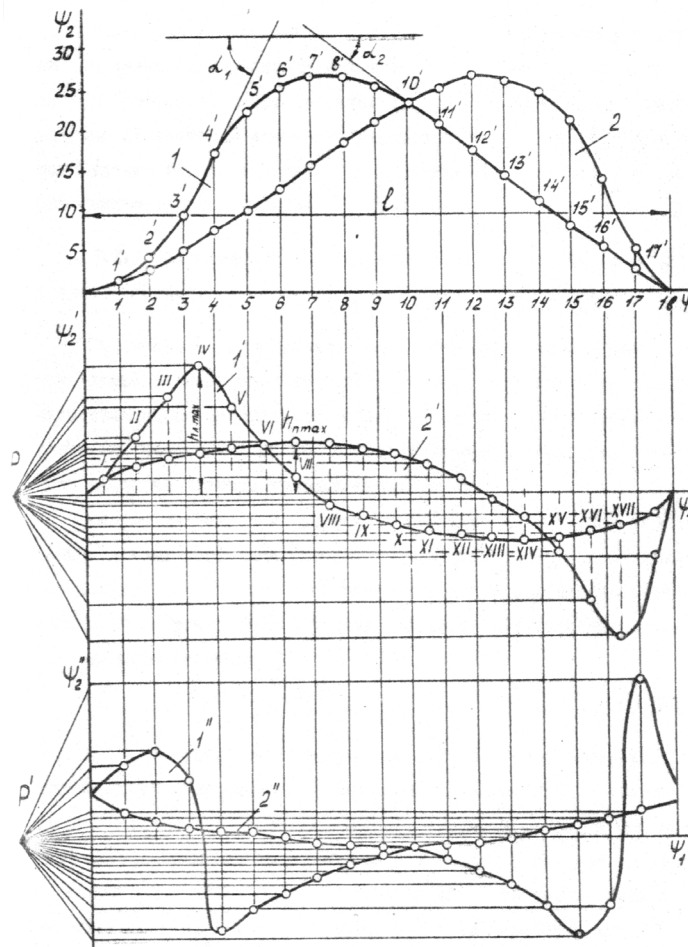


Рис. 3.4. Кінематичні характеристики зіштовхуючої пластини.

При заданих значеннях максимального й мінімального радіусів кулачка форма робочої поверхні може бути представлена наступними співвідношеннями параметрів x й y .

x	56	55	54	49	44	37	28	21	-3	-20	-32	-42	-50	-52	-54	-55	-55,5	-56
y	0	17	34	51	68	85	102	119	136	141	136	119	85	68	51	34	17	0

Максимальне співвідношення часу руху зіштовхуючої пластини від φ_0 до φ_{max} до часу руху від φ_{max} до φ_0 , дорівнює відповідно 0, 637 й 2,27.

З метою визначення характеру зміни швидкості лівих і правої пластин, що зіштовхують, при обраній формі кулачка була побудована кінематична діаграма зміни кута φ_0 повороту пластин, що зіштовхують, залежно від кута повороту кулачка (рис. 3.4). Крива 1 відбиває характер зміни кута відхилення лівої зіштовхуючої пластини, крива 2 - правої зіштовхуючої пластини, від кута повороту кулачка. Характер кривих відмінний, тому що є розходження в напрямку взаємодії робочої поверхні кулачка з напрямними зштовхувача. Діаграми кутових швидкостей і прискорень пластин, що зіштовхують, побудовані методом графічного диференціювання [65] кривих 1 й 2 (рис. 3.4) (криві 1 й 2 відповідають швидкості лівої і правої пластин, що зіштовхують).

Безперервність кривих 1 й 2, характеру зміни прискорень, а також кінцевість їхніх максимальних значень свідчать про безударну роботу механізму, що є важливим якісним показником роботи кулачкової пари. У зонах зміни напрямку градієнта прискорень виникають сили інерції, які компенсуються пружинним механізмом.

3.2. Визначення оптимальної частоти обертання кулачка привода зштовхувача

Визначивши форму робочої поверхні кулачка, що найбільшою мірою відповідає умовам ненаголошеної роботи механізму й забезпечує якісні показники процесу добування» необхідно вирішити питання про вибір оптимальної частоти обертання кулачка привода зштовхувача.

Розрахунок оптимальної частоти обертання проведемо з використанням закону зміни швидкості лівої пластини, що зіштовхує, тому що для неї при прийнятій робочій поверхні кулачка максимальна швидкість вище. Частоту обертання кулачка можна представити залежністю:

$$n = \frac{60 \cdot H \cdot \omega_{\max}}{\mu_{\varphi} \cdot h_{\max} \cdot l}, \quad (3.2)$$

де h_{\max} - ордината кривої 1, що відповідає максимальній швидкості.

Підставивши максимальну кутову швидкість, виражену через припустиму лінійну швидкість (V) і відстань від осі обертання зштовхувача до найбільш віддаленої точки її поверхні ($r=l'_1$), з урахуванням поступальної швидкості робочого органа, (2.1) перетвориться в залежність, що визначає вибір оптимальної частоти обертання кулачка привода активного зштовхувача:

$$n \leq \frac{60 \cdot H \cdot (V - V_n \cdot \sin \phi_2)}{\mu_{\varphi} \cdot h_{\max} \cdot l \cdot l'_1}, \quad (3.3)$$

де H – відстань до полюса,

μ_{φ} – масштаб кута відхилення зштовхувача,

ϕ_2 – кут відхилення зштовхувача при досягненні максимальної швидкості з урахуванням кута ϕ_0 ,

ϕ_0 – кут початкового положення зштовхувача,

l – відрізок шляху поступального руху зштовхувача,

h_{\max} – максимальна ордината швидкості,

l'_1 – відстань від осі обертання пластини, що зіштовхує, до найбільш віддаленої точки її поверхні,

V – допустима швидкість співударяння коренеплодів з робочою поверхнею зштовхувача,

V_n – поступальна швидкість переміщення робочого органа.

Числові значення частоти обертання кулачка привода активного зштовхувача при заданому значенні параметрів, що входять в (2.2): $H = 0,02$ м, $\phi_0 = 0.1745$ радий., $\mu_{\varphi} = 8,7$ рад/м, $h_{\max} = 0,0265$ м, $\phi_2 = 0,2$ рад., $l = 0,36$ м, $l'_1 = 0,4$ м, $V = 3,9...5,0$ м/с, $V_n = 2$ м/с, - перебуває в межах $n = 12,15...16,46$ с⁻¹.

4. Організація робіт із застосуванням коренезбиральної машини

4.1. Експлуатація коренезбиральної машини

4.1.1. Розробка технологічного процесу збирання цукрових буряків.

Для зниження затрат ручної праці, збільшення продуктивності і скорочення термінів збирання цукрових буряків розробимо лінію для збирання коренеплодів. Проектна машина працює в комплексі із гичкозбиральною машиною, та транспортними засобами для відвезення основного і додаткового урожаю [13].

Гичкозбиральна машина зрізує гичку і завантажує в транспортні засоби які відвозять її до місць силосування. Після цього коренезбиральна машина викопує коренеплоди та завантажує в транспортні засоби які відвозять до місць кагатування та зберігання.

4.1.2. Заходи по підготовці машини до роботи. Машина відвантажується з заводу в зібраному виді. При відвантаженні знімаються приводні паси, ланцюги, транспортери елеваторів. Транспортери елеваторів та ланцюги змащуються і упаковуються в окремому ящику. Пакувальний лист, вказівки по будові, експлуатації і обслуговуванні машини, запасні частини, інструмент і дрібні пристрої знаходяться в інструментальному ящику при машині під пломбою. Для забезпечення якісних показників роботи машина повинна бути встановлена без перекосів. До збирання машини необхідно проводити в такій послідовності [13]:

- встановити перила, драбин і повести монтаж кабіни;
- встановити обладнання двигуна;
- провести монтаж елеваторів;
- встановити клинові паси;
- провести монтаж електрообладнання (фар, підфарників, фонарів, звукового сигналу, акумуляторної батареї), дзеркал заднього виду;

- встановити термос аптечку і протипожежні заходи (вогнегасник, лопатки);
- відновити пошкодження при транспортуванні, завантажувально-розвантажувальних роботах або дозбиранні лакові і фарбові покриття;

Перевірка машини для збирання буряків перед роботою починається із загального мащення, заливання мастила в роздаточну коробку і редуктор, огляду і підтягування всіх кріплень [13].

Провертаючи приводні паси вручну, необхідно переконатися, що всі вали обертаються без заїдань і в потрібному напрямку, перевірити натяг приводних пасів та ланцюгів.

Перед пуском машини в роботу, її необхідно обкатати. Обкатку потрібно провести протягом 20-30 хвилин. Перед початком обкатки необхідно впевнитись у відсутності на машині по сторонніх предметів, після чого включити машину в роботу [13].

Після закінчення обкатки потрібно перевірити рівень масла в двигуні і редукторах, підтягнути всі кріплення вузлів машини, а також перевірити натяг привідних пасів і ланцюгів.

Перед застосуванням коренезбиральної машини необхідно підготувати її до роботи та провести основні регулювання [13]. Для забезпечення надійності і точності копіювання міжрядь необхідно встановити такий розхил датчиків, щоб плоскі боковини пера не затискалися коренями направляючих рядків.

Для забезпечення точності копіювання рядків, датчики необхідно встановити на ширину міжрядь.

З метою забезпечення точності копіювання рядків датчики необхідно встановити на задану ширину і рекомендується провести заміри відстані між лівими парами суміжних датчиків, а після цього між правими. При правильності регулювання і установці датчиків величини замірів повинні рівнятись 450 ± 2 мм.

Найбільш точне копіювання міжрядь проходить при глибині його ходу в межах 20-30 мм. Більше заглиблення знижує чутливість датчика.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1. Загальний стан охорони праці при роботі коренезбиральної машини

Стан охорони праці при збиранні коренеплодів на сучасному етапі налагоджено відповідним чином. Але такі фактори, як пилюка, вібрації, спека, шум дуже негативно впливають на здоров'я механізаторів.

Кабіна захищає механізатора від впливу зовнішнього середовища і дозволяє створити мікрокліматичні умови, параметри яких залежать від герметичності кабіни, її теплоізоляції, застосування системи опалення і кондиціонування повітря [13].

Як правило, наші коренезбиральні машини, що побули в експлуатації більше 6-10 років не відповідають ніяким вимогам. І механізатори вимушені працювати в спеці, в пилюці ще й при великих рівнях вібрації і шуму. Шум, як загальний подразник за певних значень своїх характеристик може шкідливо впливати на органи і системи організму людини. Інтенсивний шум, що постійно діє на органи слуху, може призвести до професійного захворювання – постійної втрати слуху. Найбільш несприятливими для органу слуху є шум з частотою 1000-4000 Гц. Вібрації, які теж постійно діють на оператора, можуть викликати зміни у нервовій системі і кісткових тканинах, призвести до зниження гостроти зору, порушити рівновагу основних нервових процесів. А тривала дія інтенсивної вібрації на організм викликає патології, які називають вібраційною хворобою.

Розглянемо ще декілька факторів, які впливають на стан охорони праці при механізованому збиранні цукрових буряків. Значну роль при роботі механізаторів має місце повноцінне харчування.

У зв'язку з великими відстанями між полями, на яких проводиться робота якість їжі після її перевезення залишає бажати кращого. Також і санітарно – гігієнічні умови прийому їжі. Звідси і виникає можливість захворюваннями, що призводять до зниження працездатності, а іноді до госпіталізацій трактористів в медичні заклади.

Другий не менш важливий фактор охорони праці, має змінність роботи під час збирання, тому що як правило оператори працюють досить тривалий час, який іноді становить 10-12 годин на добу, що веде за собою втому і відповідно знижує і якість, і продуктивність праці.

Ще один фактор в безпеці проведення робіт під час збирання врожаю – пожежна безпека.

Існує ще багато факторів, що впливають на безпечне виконання робіт під час збирання коренеплодів, але ці три фактори названі вище найчастіше зустрічаються і повинні привертати увагу.

Основні вимоги охорони праці та навколишнього середовища викладені в нормативних документах, при цьому:

1. Машина коренезбиральна КС-6Б повинна відповідати вимогам ДСТУ 2189 за наступними пунктами: 1.1, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 1.8, 1.9, 1.11, 1.12, 1.14, 1.17, 1.18, 1.24, 1.25, 1.27, 1.30, 1.31, 1.32, 1.36, 1.37, 1.38, 1.40, 2.4.1.

2. Розміщення і конструкція складових частин машини коренезбиральної повинні забезпечувати вільний доступ до них, безпечність при монтажі, експлуатації, очищенні та ремонті.

3. Електрообладнання, що виготовлене в складі машини коренезбиральної та електропроводки до обладнання, монтаж, налагодження та введення в експлуатацію повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.019-76 та конструкторської документації.

4. Рівень шуму на робочому місці тракториста під час роботи машини коренезбиральної не повинен перевищувати норм, що встановлені ГОСТ 12.1.003-76.

5. Максимальне зусилля опору переміщення органів управління технологічним процесом та при технічному обслуговуванні машини не повинно перевищувати норм, наведених в ГОСТ 12.2.120-78.

6. Показники вібраційного навантаження та тракториста в межах робочого місця (зони) не повинні перевищувати санітарних норм вібраційного навантаження, наведених в ГОСТ 12.1.012-76.

7. Рухомі лементи передач повинні бути закриті кожухами або захисними пристроями.

8. Машина коренезбиральна може бути обладнана власними приладами світлової сигналізації.

9. Місця розміщення мастильних як пофарбованих, так і тих, що мають металеві покриття, повинні бути забезпечені кольоровими покажчиками, які відрізняються від загального кольору машини коренезбиральної.

10. На рамі машини коренезбиральної повинні бути позначені місця строповки та установки домкратів по ГОСТ 14192-78 стійкою фарбою, що відрізняється від загального кольору машини.

11. На видних місцях (в місцях обслуговування або поблизу небезпечних місць) повинні бути нанесені попереджуючі написи або таблички з безпеки праці: табличка строповки; напис “Регулювання та очистку КС-6Б проводити тільки при непрацюючому двигуні трактора”; напис “Не стій під елеватором”; знак обмеження швидкості; знаки місць установки домкратів; знаки місць строповки; знаки попередження про небезпеку; знак обмеження габариту по ширині.

Місця їх розміщення у відповідності до вимог креслень.

12. Машина коренезбиральна повинна комплектуватись чистиком і має бути передбачене місце для його кріплення.

13. Приєднання машини коренезбиральної до трактора повинно забезпечувати безпеку посадки тракториста на робочому місці, а також необхідну оглядовість робочої зони.

14. На обох кінцях рами повинні бути встановлені світлоповертачі або плівка світлоповертаюча.

15. Машина коренезбиральна повинна бути укомплектована противідкочувальними упорами під колеса.

16. При від'єднанні машини коренезбиральної від трактора вона повинна зберігати стійке положення.

17. Показники вібраційного навантаження на тракториста в межах робочого місця (зони) не повинні перевищувати санітарних норм вібраційного навантаження, наведених в ГОСТ 12. 1. 012-76, додаток 5 (для загальної вібрації категорії 3, тип “а”).

18. Габарити машини повинні бути позначені згідно з ДСТУ 2189.

19. Коренезбиральна машина повинна мати місця для стропування і для встановлення домкратів. Місця для стропування повинні бути позначені згідно з ГОСТ 14192-78 фарбою, відмінною від загального фону.

4.2. Аналіз потенційних виробничих небезпек при експлуатації коренезбиральної машини

Розробка та впровадження ефективних заходів запобігання аварійним і травмонебезпечним ситуаціям можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек, з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статистичний матеріал, то й методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані. Небезпечні дії, логічно взаємопов'язані з небезпечними умовами і небезпечними виробничими факторами дають можливість точно сформулювати зміст небезпечної або аварійної ситуації.

Метод логічного моделювання потенційних аварійних травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльні виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому, логічному (при необхідності і математичному) аналізі і терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій [10].

Метод логічного моделювання травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій значно полегшує пошук причин аварій виробничих травм і ДТП при їх розслідуванні.

Логічні моделі можна застосувати при прийнятті рішень про відповідальність осіб винних у виникненні таких пригод, а також ступінь вини самого потерпілого.

4.3. Заходи по покращенню умов праці

Захист обслуговуючого персоналу від ґрунтового (психогенного) пилу, що виникає внаслідок дії ходової частини тракторів і робочих машин, а також їх робочих органів, вітрової ерозії залежно від типу ґрунтів, їх складу і вологості є одною їх актуальних вимог при розробці нової модернізації сучасної сільськогосподарської техніки особливо це стосується для регіонів, земельні площі яких мають підвищений радіоактивний фон, накопичений внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Багаторічними дослідженнями встановлено, що ґрунтовий пил містить на декілька порядків більше радіонуклідів, ніж в поверхневому (орному) шарі ґрунту. Відомо, що робітники, які працюють в гірничій та вугільній промисловості, на виробництві будівельних матеріалів (цементу), борошна, комбікормів та інших, захворюваність органів дихання у робітників, безпосередньо зайнятих на обробці ґрунту, сівби, збиранню і первинної обробки сільськогосподарської продукції. Міністерство охорони здоров'я України відмітило дещо підвищення легеневих неспецифічних захворювань органів дихання у певній категорії робітників, що виконують роботи, зв'язані з обробітком ґрунту, сівбою с-г культур, збиранням і переробкою кормових і зернових культур.

На сьогоднішній період (після 13 років Чорнобильської аварії) найбільшу небезпеку для працюючих в АПК складає ґрунтовий пил, при цьому щільність пилу в повітрі не повинна перевищувати допустимий рівень – 4мг/м^3 , а якщо пил ще має підвищену радіоактивність, то він стає край небезпечним для працюючих [11].

Для максимального зменшення значення пилу потрібно звести до мінімуму коефіцієнт затримки пилу в легенях за рахунок зниження

концентрації пилу шляхом очистки повітря, що надходить в органи дихання, а також зробити комфортними умови роботи, зменшивши фізичні зусилля на органах керування і обслуговування агрегатів при виконанні технологічних операцій. Для особливо важких умов праці треба зменшити тривалість зміни.

Таким чином, з технічної точки зору можна впливати на покращення умов праці як організаційним шляхом, так і за рахунок удосконалення техніки, пошуку можливості зниження концентрації пилу та коефіцієнта інтенсивності роботи.

Головним завданням при цьому є пошук технічних можливостей різкого зменшення рівня можливостей різкого зменшення рівня запиленості на робочих місцях робітників, особливо в зонах з підвищеною радіоактивною забрудненістю ґрунтів. Для вирішення цих питань є три основні напрямки: розробка більш досконалих засобів індивідуального захисту робітників, розробка ізольованих від попадання пилу робочих місць (герметизовані кабіни) з подачею в них чистого повітря та розробка робочих органів машини з забезпеченням мінімального пилоутворення при виконанні технологічних процесів або з відведенням техногенного пилу з робочих місць.

Відомо, що під час збирання коренеплодів машинно-тракторними агрегатами найбільше пилоутворення має місце в зоні дії викопувальних робочих органів машин (дисків, лемешів, вилок), позаду ведучих задніх і передніх напрямних коліс, очисних лопатевих валів тощо. Причому, вихрові потоки повітря, що виникають при русі позаду трактора і робочої причіпної коренезбиральної машини підіймають дрібнодисперсний (найбільш небезпечний) пил до зони дихання працівників. В кабіні тракторів (особливо перших випусків, що не мали повітроочисних фільтрів) пил попадає через нещільності притуплення вікон, дверей, технологічні отвори щітка на панелі приладів і підлоги.

Для покращення умов роботи нами розроблені пристрої для очищення повітря від пилу з подальшою подачею його в кабін у тракторів МТЗ-920 (ЮМЗ-6) з одночасним створенням надлишкового тиску в кабіні, а також пристосування для осаджування пилу, що виникає внаслідок дії робочих

органів коренезбиральної машини. Зовнішнє повітря засмоктується вентилятором, що приводиться в рух від електродвигуна чи подається в рідинний повітроочисник барботашного типу. Частини пилу відокремлюється від повітря, а очищене повітря подається по трубопроводу в кабінку, створюючи в ній надлишковий тиск і цим самим перешкоджаючи попаданню зовнішнього пилу в кабінку. Конструкція повітроочисника дозволяла змінювати якість очищення повітря в залежності від створення надлишкового тиску в кабінці.

4.4. Протипожежна профілактика

Протипожежна профілактика - комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, запобігання пожеж, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

Протипожежна профілактика є основним комплексом заходів у системі запобігання пожежам, до виконання яких безпосередньо на с.-г. підприємстві і окремих виробництвах залучається як державні органи пожежного нагляду, так і керівники всіх ринків: господарств, галузей , служб.

До основних заходів пожежної профілактики належать:

- обстеження господарств, відділів, бригад, цехів, ділянок і окремих виробництв на дотримання в них правил пожежної безпеки;
- забезпечення об'єктів та робочих місць первинними засобами гасіння пожеж, інструкціями з пожежної безпеки, необхідною літературою;
- пропаганда пожежної безпеки (лекції, семінари, кінофільми тощо).

5. Економічна ефективність впровадження проекту

5.1. Оцінка технічного рівня виробу

Науково-технічний прогрес машинобудування у сучасних умовах характеризується частою зміною об'єктів виробництва і підвищенням їхнього технічного рівня і якості, збільшенням одиничної потужності і продуктивності машин, зниженням їхньої металоємності, використанням якісно нових матеріалів, інтенсифікацією технологічних процесів і режимів роботи устаткування, впровадженням принципово нових технологічних процесів, їхньою автоматизацією із широким використанням ПК.

Моральне старіння машин і приладів найчастіше настає значно швидше їхнього фізичного старіння. Терміни стійкого масового чи серійного виробництва виробів скоротилися до дійсного часу з 10-15 до 3-5 років, а це вимагає підвищення технічного рівня і якості виробів, вдосконалювання методів організації і керування процесами виробництва, розвитку спеціалізації і кооперування при виготовленні як виробів основного виробництва, так і засобів оснащення виробничих процесів.

Ці зміни викликають зміну характеру машинобудівного виробництва, перехід від розгляду окремо взятих процесів і явищ до комплексного їх розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і явищами.

Сучасний виробничий процес, успішний розвиток якого обумовлений комплексним рішенням задач на всіх рівнях керування, – це єдиний взаємозалежний комплекс технологічних процесів, устаткування і засобів вимірювання, що охоплює різноманітні сторони - від одержання заготовок до виходу готової продукції.

Технологічні процеси і засоби виробництва органічно зв'язані між собою. Зміна одних викликає зміну інших, тому перехід до таких систем пов'язаний зі створенням нової технології. Поширення набувають нові методи формоутворення, електрофізична й електрохімічна обробка металів; механічна

обробка витісняється штампуванням, прокаткою, зварюванням та іншими методами.

При розробці і впровадженні у виробництво нових виробів широко застосовують принципи уніфікації, методи автоматизованого проектування, проводять відпрацювання конструкцій виробів на технологічність і контрольні іспити досліджуваних зразків та їхніх елементів.

Всебічна оцінка переваг і недоліків виробів машинобудування, тобто техніко-економічний аналіз, вимагає активного і компетентного втручання розробників і технологів, що беруть участь у створенні і освоєнні нової продукції.

Для того, щоб продукція, що випускається відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентоздатною і задовольняла різностороннім вимогам споживачів, на всіх етапах циклу створення і освоєння нової техніки потрібне проведення комплексних аналітичних робіт [5].

5.2. Економічна оцінка удосконаленої коренезбиральної машини

В конструкторському розділі даного дипломного проекту проведено удосконалення коренезбиральної машини КМ-6А в умовах , яке дозволить використовувати дану машину для збирання цукрових буряків, з відповідністю до агротехнічних вимог. Проектний механізм приводу викопувальних робочих органів дозволить зменшити травмування коренеплодів під час їх викопування, знизить енергетичні затрати та підвищить продуктивність роботи коренезбиральної машини.

Економічну оцінку ефективності внесених конструктивних змін при виконанні операцій збирання цукрових буряків удосконаленою коренезбиральною машиною КМ-6А виконаємо згідно методики [5].

Для розрахунку економічної ефективності складемо табл. 5.1, таблицю вихідних даних.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності.

№ п.п.	Показники	Позначення	Розмірність	Коренезбиральна машина	
				Базова	Проектна
1.	Марка с.-г. машини	-	-	КМ-6А	КМ-6У
2.	Оптова ціна с.-г. машини	B_m	грн.	81700	84230
3.	Продуктивність	$W_{год}$	га/год	3,9	4,5
4.	Нормативне завантаження: - с.-г. машини	$T_{зм}$	дні	30	30
5.	Витрата палива	g_m	кг/га	8,2	7,5
6.	Кількість обслуговуючого персоналу	n	чол.	1	1
7.	Тарифна ставка механізатора	f_m		174,50	174,50
8.	Відрахування по культиватору на: - реновацію - ремонт і ТО	$Q_{рм}$ $Q_{км}$	% %	12 15	12 15
9.	Комплексна ціна 1 кг паливо-мастильних матеріалів	$C_{пмм}$	грн.	25,4	25,4

Визначення економічної доцільності удосконалення конструкції коренезбиральної машини проводимо в порівнянні удосконаленої машини КМ-6У до базової КМ-6Б 6.

5.2.1. Визначення заробітної плати механізатора.

Визначимо заробітну плату механізатора визначаємо за формулою [5]:

$$z_n = \frac{f_m}{W_{год}}, \text{ грн/га.} \quad (5.1)$$

- базова коренезбиральна машина:

$$z_{н.б.} = \frac{174,50}{3,9} = 44,74 \text{ грн / га.}$$

- проектна коренезбиральна машина:

$$z_{н.п.} = \frac{174,50}{4,5} = 38,77 \text{ грн / га.}$$

5.2.2. Визначення відрахувань на ремонт та амортизацію по коренезбиральній машині.

Відрахування на ремонт та амортизацію по коренезбиральній машині визначаємо за формулою:

$$S_{om} = \frac{1,1 \cdot B_{zn} \cdot (Q_{pm} + Q_{pm})}{100 \cdot T_{zm} \cdot W_{zod}}, \text{ грн/га.} \quad (5.3)$$

- базова коренезбиральна машина:

$$S_{om.б.} = \frac{1,1 \cdot 81700 \cdot (12 + 15)}{100 \cdot 30 \cdot 3,9} = 207,39 \text{ грн / га.}$$

- проектна коренезбиральна машина:

$$S_{om.п.} = \frac{1,1 \cdot 84230 \cdot (12 + 15)}{100 \cdot 30 \cdot 4,5} = 185,30 \text{ грн / га.}$$

5.2.3. Визначення вартості паливо-мастильних матеріалів.

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначаємо за наступною формулою [5]:

$$G_m = C_{пмм} \cdot g_m, \text{ грн./га.} \quad (5.4)$$

Комплексна ціна ПММ включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали. Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів.

З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 25,40 грн./кг. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть дорівнювати:

- базова коренезбиральна машина:

$$G_{m.б.} = 50 \cdot 8,2 = 410 \text{ грн./га.}$$

- проектна коренезбиральна машина:

$$G_{m.п.} = 50 \cdot 7,5 = 375 \text{ грн./га.}$$

Разом витрат будемо мати:

$$B = Z_n + S_{on} + S_{on} + G_m, \text{ грн./га.} \quad (5.5)$$

- базова коренезбиральна машина:

$$B_{\delta} = 44,74 + 207,39 + 410 = 662,13 \text{ грн./га.}$$

- проектна коренезбиральна машина:

$$B_n = 38,77 + 185,30 + 375 = 599,07 \text{ грн./га.}$$

5.2.4. Визначення питомих капіталовкладень.

Капітальні вкладення розраховуються з урахуванням нормативної завантаженості коренезбиральної машини:

$$S_n = \frac{1,1 \cdot B_{zn}}{W_{год} \cdot T_{зм}}, \text{ грн/га.} \quad (5.6)$$

- базова коренезбиральна машина:

$$S_{н.б.} = \frac{1,1 \cdot 81700}{3,9 \cdot 30} = 768,11 \text{ грн/га.}$$

- проектна коренезбиральна машина:

$$S_{н.п.} = \frac{1,1 \cdot 84230}{4,5 \cdot 30} = 686,31 \text{ грн/га.}$$

5.2.5. Визначення річного економічного ефекту.

Визначаємо річний економічний ефект за формулою [17]:

$$E_p = [(B_{\delta} + E_{\delta} \cdot S_{н.б.}) - (B_n + E_n \cdot S_{н.п.})] \cdot T_{зм} \cdot W_{год}, \text{ грн.} \quad (5.7)$$

$$E_p = [(460,41 + 0,15 \cdot 768,11) - (414,57 + 0,15 \cdot 686,31)] \cdot 30 \cdot 4,5 = 7844,85 \text{ грн./га}$$

5.2.6. Строк окупності капіталовкладень на удосконалення коренезбиральної машини

Строк окупності визначається за формулою [13]:

$$Q = \frac{Z_{np}}{E_p} = \frac{2530}{7844,85} = 0,3 \text{ року.} \quad (5.8)$$

де Z_{np} – витрати на удосконалення коренезбиральної машини КМ-6Б:

$$Z_{np} = B_{м.п.} - B_{м.б.} = 84230 - 81700 = 2530 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 6.2.

Техніко-економічні показники.

Показники	Одиниці вимірювання	Коренезбиральна машина		Відхилення (+ / -)
		Базова	Проектна	
Сумарні витрати на техніку	грн.	181700	184230	+2530
Заробітна плата	грн./га	44,74	38,77	5,97
Витрати по с.-г. машині	грн./га	207,39	185,30	22,09
Витрати на ПММ	грн./га	410	375	35
Загальні експлуатаційні витрати	грн./га	460,41	414,57	45,84
Питомі капітальні витрати	грн./га	768,11	686,31	81,8
Річний економічний ефект	грн./га		7844,85	-
Строк окупності	років		1	-

Отже, техніко-економічними розрахунками встановлено, що річний економічний ефект становитиме 7844,85 грн./га, а затрати на удосконалення коренезбиральної машини КМ-6Б окупляться протягом 1 року експлуатації, що дозволяє судити про доцільність впровадження проектного рішення.

Загальні висновки

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на пошук ефективного способу та технічного засобу для збирання коренеплодів кормового буряка, можна сказати, що:

- одним із найбільш раціональних способів збирання кормових буряків, з існуючих на сьогоднішній день, є спосіб активного зіштовхування;

- для процесу активного зіштовхування може бути рекомендовано пристрій з робочими органами, що складаються із зіштовхуючих пластин, які коливаються в вертикальній площині при прямолінійному русі вісі обертання та приводного механізму від валу відбору потужності;

- зіштовхуючим робочим органом зазначеного пристрою можна задати такі режими роботи, при яких пошкодження коренеплодів зводиться до мінімуму.

Розглянуто питання організації робіт із застосування проектної коренезбиральної машини. Визначено кількість транспортних засобів, яка необхідна для обслуговування проектної машини $m_i = 8$ шт.

Техніко-економічними розрахунками встановлено, що річний економічний ефект становитиме 7844,85 грн./га, а затрати на удосконалення коренезбиральної машини окупляться протягом 1 року експлуатації, що дозволяє судити про доцільність впровадження проектного рішення.

Список використаних джерел

1. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко. – Вінниця: Нова книга, 2010. 667 с.
2. Гарькавий А.Д. Конкуренентоспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спирін. - Вінниця: ВДАУ „Гірас”. 2003. 68 с.
3. Довжик М.Я. До питання механізації збирання кормових буряків. - Вісник сільськогосподарської науки, 2002, №8, с.49-50.
4. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. Вінниця: ВНАУ, 2018. 254 с.
5. Іванов М.І., Гунько І.В., Ковальова І.М., Худолій О.І. Аналіз технологічних систем. Навчальний посібник. Частина 1. Вінниця.2010. 113с.
6. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко *[та ін.] ... М-во аграр. політики України , Вінниц. держ. аграр. ун-т; . Київ : Хай-Тек Прес, 2011. 616 с.
7. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник. за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. Київ : Хай-Тек Прес, 2013. 528 с.
8. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. 340 с.
9. Комков В.М., Довжик М.Я. Методика визначення критеріїв оптимізації технологічних показників роботи машини для збирання кормових буряків. Вісник сільськогосподарської науки, 1983, № 12, с.

64-65.

10. Павленко В.С., Цуркан О.В. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Навчальний посібник / За ред.. В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2012. 128 с.
11. Погорілий Л.- Ясеницький В., Брей В. Механізувати збирання і переробку кормових буряків. -Механізація сільського господарства, 1980, № 10, с. 17 - 18.
12. Солона О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солона, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. 116 с.
13. Войтюк, Д. Г. Сільськогосподарські машини : підруч. для студ. вузів / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – 2-е вид. – К. : Каравела, 2008. 551с.
14. Зінченко О.І. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. - К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
15. Павлище, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник / В. Т. Павлище ; Мін-во освіти і науки України. – 2-е вид., переробл. Л. : Афіша, 2003. 560 с.
16. Погорілий М.Л. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки //Техніка АПК. 2000р. №9.С.14-18.
17. Сисолін, П. В. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. Кн. 2. Машини для рільництва / П. В. Сисолін, Т. І. Рибак, В. М. Сало; за ред. М. І. Черновола. К. : Урожай, 2002. 361 с.
18. Форнальчик Є. Ю. Охорона праці в сільському господарстві.: навчальний посібник. Суми / Є.Ю. Форнальчика: ВТД «Університетська книга», 2007. 456 с.
19. Шабельник Б.П. Теорія і практичне обґрунтування параметрів робочих органів бурякозбиральних машин. Харків, 2001. 314с.

20. Шмат К. І. Методи і принципи проектування сільськогосподарських машин і агрегатів : навч. посіб. / К. І. Шмат, П. В. Сисолін, О. Є. Самарін [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Херсон. держ. техн. ун-т. Херсон : Олдіплюс, 2004. 176 с.
21. Фізико-математичне моделювання складних систем / Буряк Я., Чапля Є., Нагірний Т., Чекурін В. та ін. Львів: СПОЛОМ, 2004. 264 с.
22. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання) / Шпаар Д., Драгер Д., Каленська С. та ін.; за ред. Д. Шпаара. – К. : ННЦ ІАЕ, 2005. – 340 с.
23. Gruber W. Trends bei der Technik für die Zuckerrübenernte/ W Gruber // Landtechnik. 2001. Jg. 56. №6. P. 380-381.
24. Márquez L. Maquinaria para la recolección de la remolacha/ L. Márquez// Agrotécnica, 2007, Abril. P. 42-46; Julio. P. 32-39; Agosto. P. 24-31; Septiembre. P. 2-11.
25. Moitzi G., Boxberger J. Vermeidung von Bodenschadverdichtungen beim Einsatz von schweren Maschinen – eine aktuelle Herausforderung // Ländlicher Raum, 2007. P. 1-27.
26. Ross S.M. Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists. London: Elsevier Academic Press, 2004. 624 p.
27. Spiess E., Diserens E. Betteraves à sucre: technique de récolte et protection des sols // Rapport FAT. 2001. №567. P. 1-19.
28. Volokha M. Simulation technology of sugar beet / M. Volokha, I. Boldyrieva // Вісник Національного авіаційного університету. К.: НАУ, 2014. №4. С. 133-139.
29. Wooldridge M. J. An introduction to multiagent systems. - JOHN WILEY & SONS, LTD. 2002. 348 p.
30. Фізико-математичне моделювання складних систем / Буряк Я., Чапля Є., Нагірний Т., Чекурін В. та ін. Львів: СПОЛОМ, 2004. 264 с.

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Обґрунтування параметрів та режимів роботи
коренезбиральної машини**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 208 Агроінженерія

Виконав: Матус Р.Р.

Керівник: Кобець О.М.

2024

Мета та завдання досліджень

2

Мета роботи полягає в покращенні якості збирання кормових буряків шляхом розробки конструкції та вибору раціональних параметрів викопувального робочого органу.

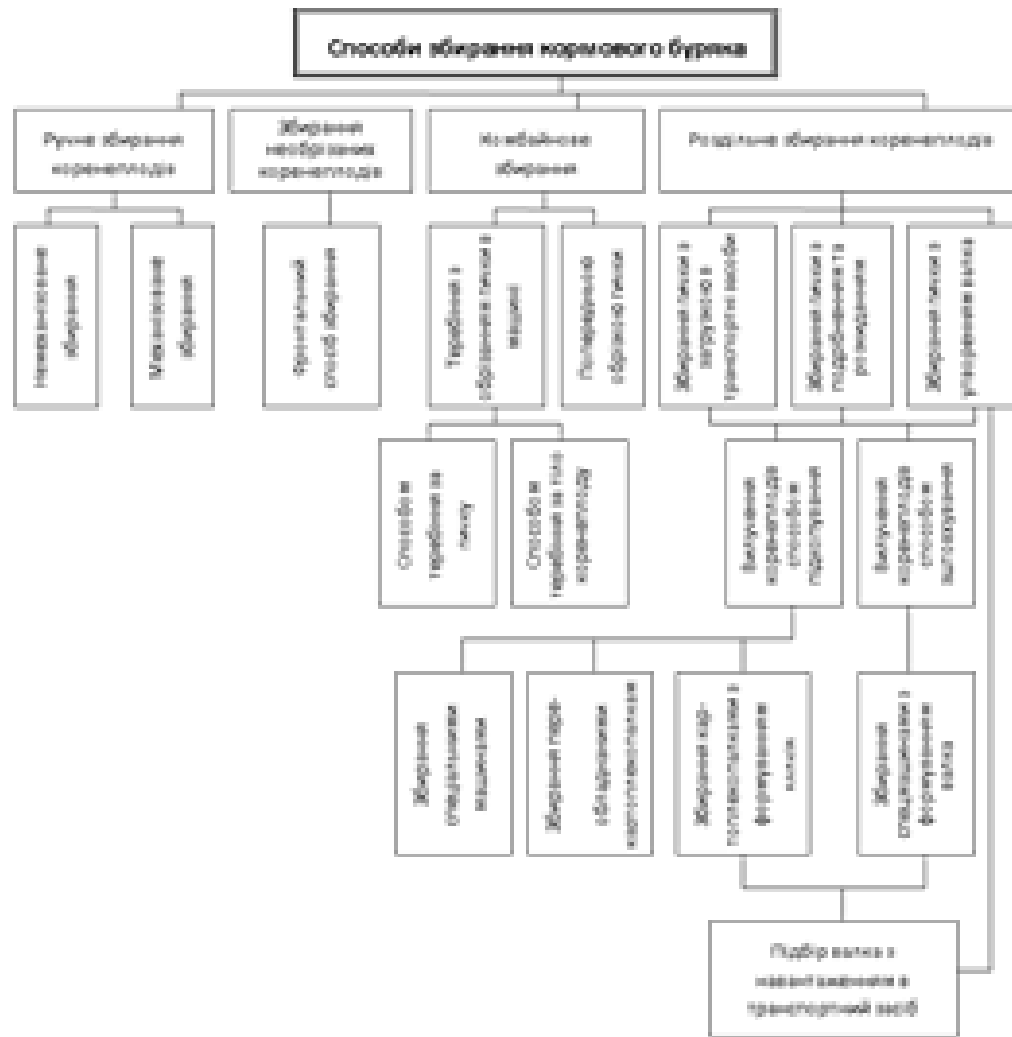
Для досягнення мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих способів та пристроїв для збирання кормового буряка.
2. Визначити агротехнологічні передумови вибору процесу викопування коренеплодів кормового буряка з ґрунту.
3. Запропонувати технічні рішення для виконання якісного технологічного процесу викопування коренеплодів кормового буряка.
4. Дослідити взаємодію коренеплодів з робочими поверхнями викопувальних робочих органів та обґрунтувати їхні параметри, що забезпечать при підвищенні продуктивності копача його високі показники.
5. Розглянути питання організації робіт із застосуванням коренезбиральної машини.
6. Оцінити економічну ефективність впровадження конструкції в виробництво.

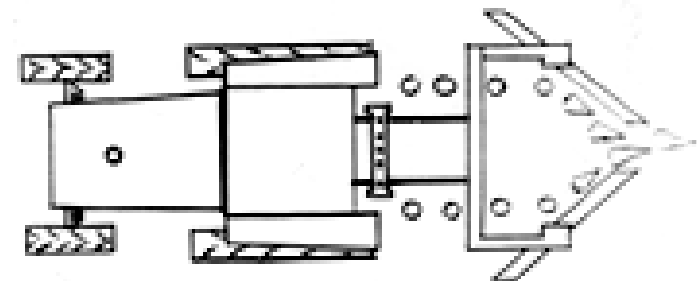
Об'єктом дослідження є процес взаємодії викопувальним робочим органом з ґрунтовим середовищем та коренеплодом, що в ньому знаходиться.

Предметом дослідження є функціональні зв'язки геометричної форми викопувального робочого органу та його параметрів на якість викопування коренеплодів.

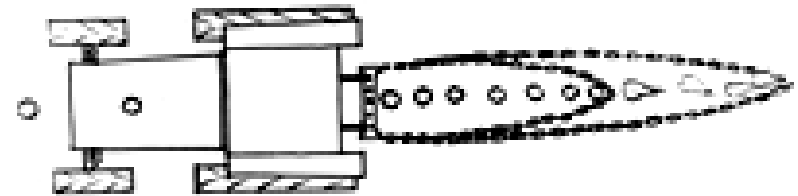
Сучасний стан механізації збирання кормового буряка



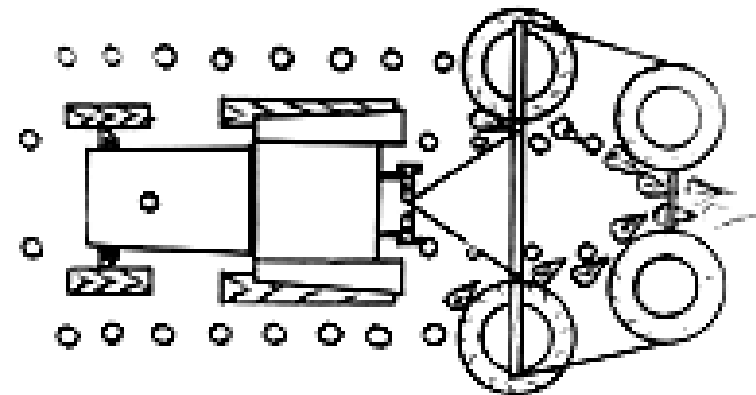
Класифікація способів збирання коренеплодів



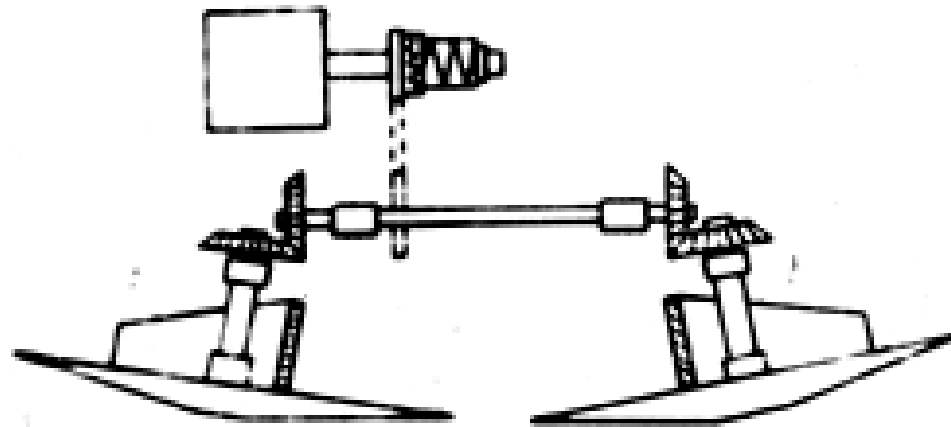
Пристрій для викопування коренеплодів з ґрунту



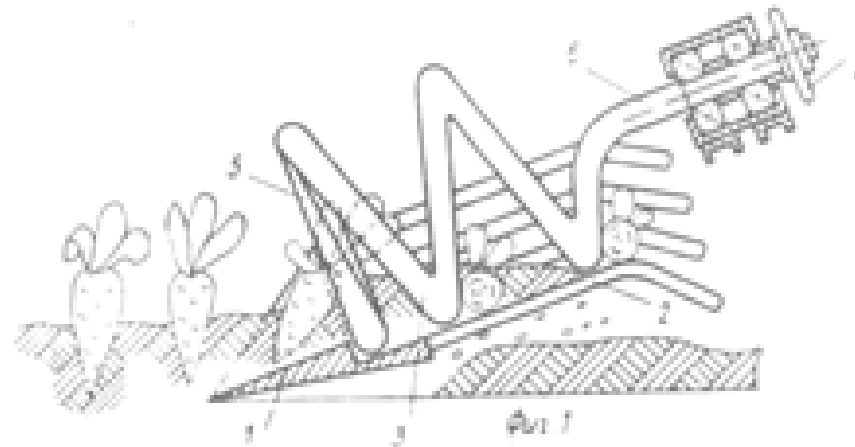
Пристрій для підсушування коренеплодів



Пристрій для підсушування коренеплодів



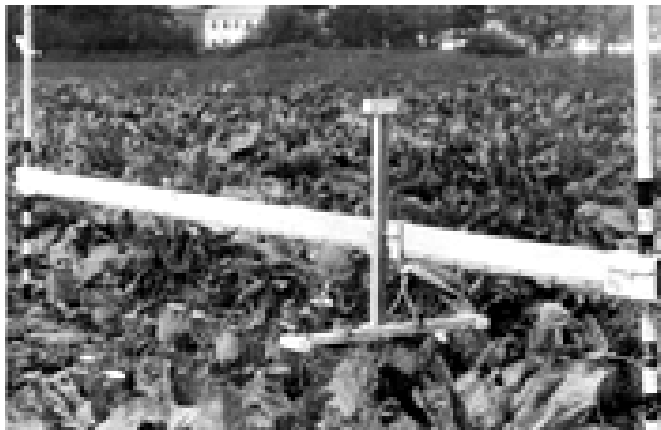
Ротаційно-дисконий копач



Викопувальний пристрій (ІМЕСТ)

Дослідження технологічного процесу викопування коренеплодів

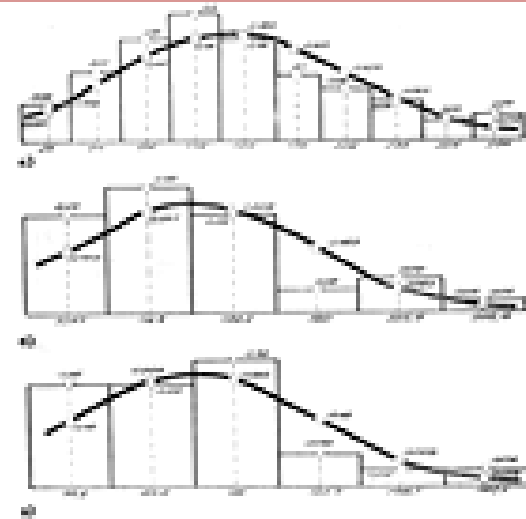
5



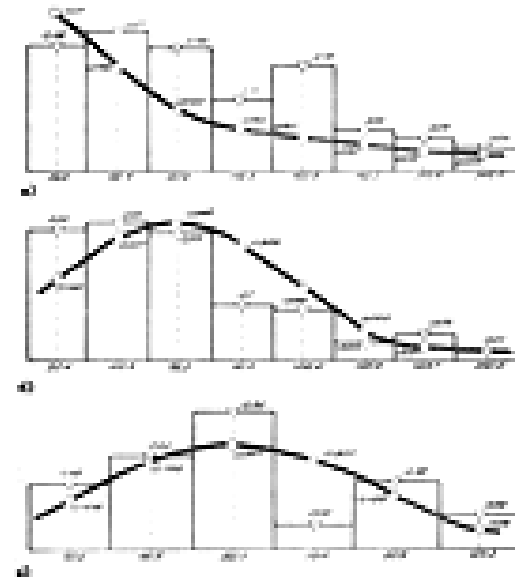
Пристрій для визначення розташування коренеплодів відносно поверхні ґрунту



Прилад для визначення міцності зв'язку коренеплодів з ґрунтом



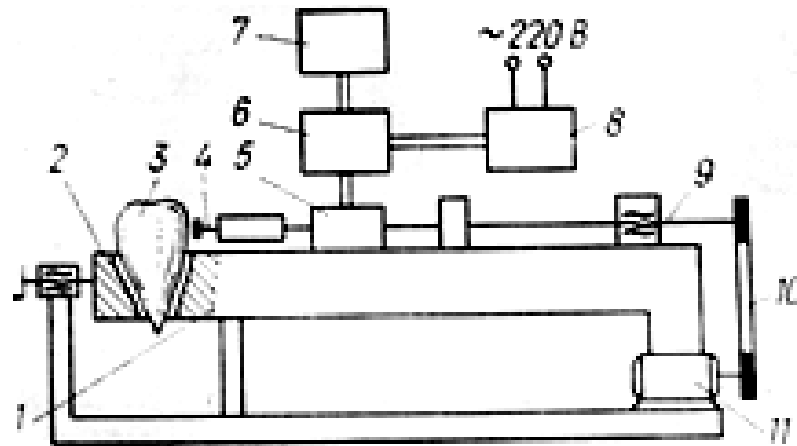
Гістограми розподілу дослідних частот зусилля зіткнення необхідного для руйнування зв'язків з ґрунтом бічних корінців



Гістограми розподілу дослідних частот зусилля зіткнення необхідного для руйнування зв'язків з ґрунтом центрального кореня

Дослідження технологічного процесу викопування коренеплодів

6



Установка для визначення деформації коренеплодів

Значення допустимої напруги стиснення для коренеплодів кормового буряка

Сорт коренеплоду	Допустима напруга стиснення, кН/м ²
Еккендорфський жовтий	1600...3200
Урсус	1800...6100
Переможець	2000...4400

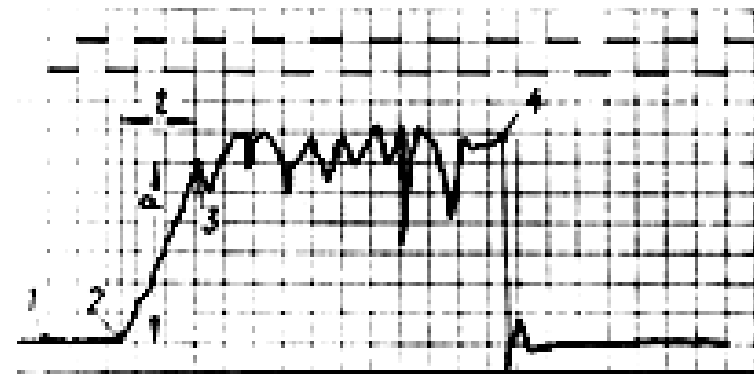
Допустиме навантження стиснення в зоні контакту

$$[\sigma]_{\text{ст}} = \frac{3P}{2\pi r^2}$$

де $[\sigma]_{\text{ст}}$ - допустима напруга стиснення коренеплоду,

P - граничне зусилля, прикладене коренеплоду, при якому він ще не пошкоджується,

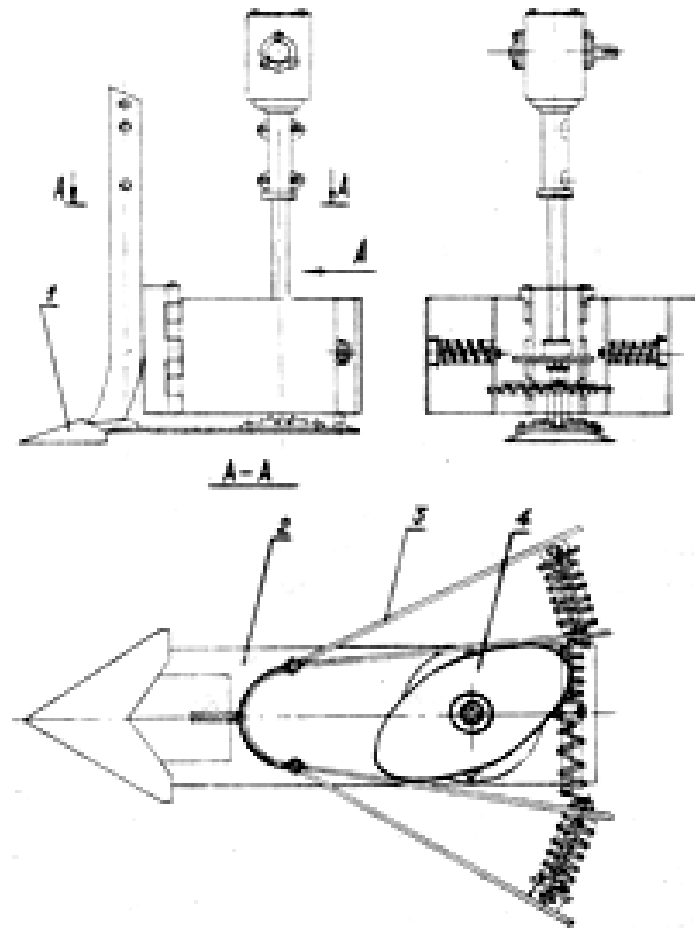
r - радіус наконечника пуансона.



Осцилограма навантження прикладеного до тіла коренеплоду

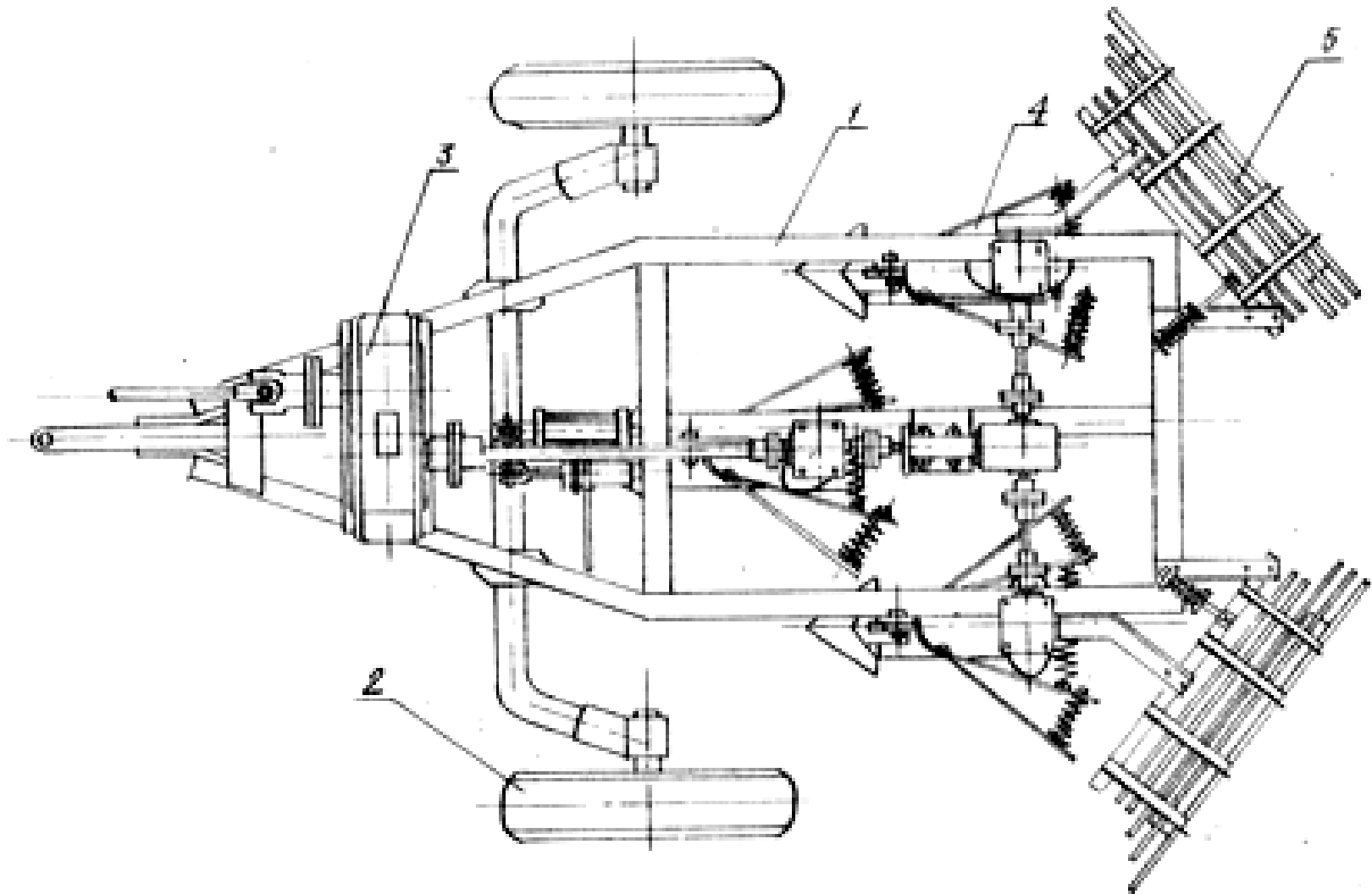
Викопувальний робочий орган коренезбирального пристрою

7



1 - рихляча лапа; 2 - клиноподібного бітера;
3 - зіштовхуюча пластина; 4 - ланка приводу.

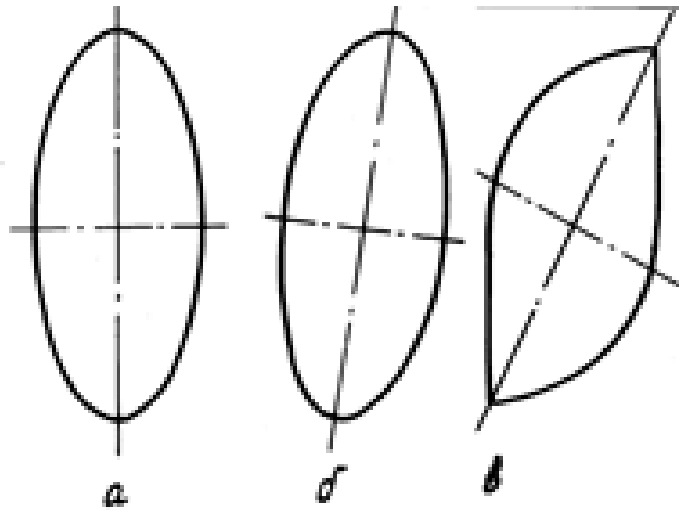
**Пристрій для викопування коренеплодів
з ґрунту способом активного зіштовхування**



1 - рама; 2 - опорне колесо; 3 - механізм передач;
4 - викопувальний робочий орган; 5 - валкоутворювач.

Визначення оптимальної форми кулачка приводу активного зштовхувача

9

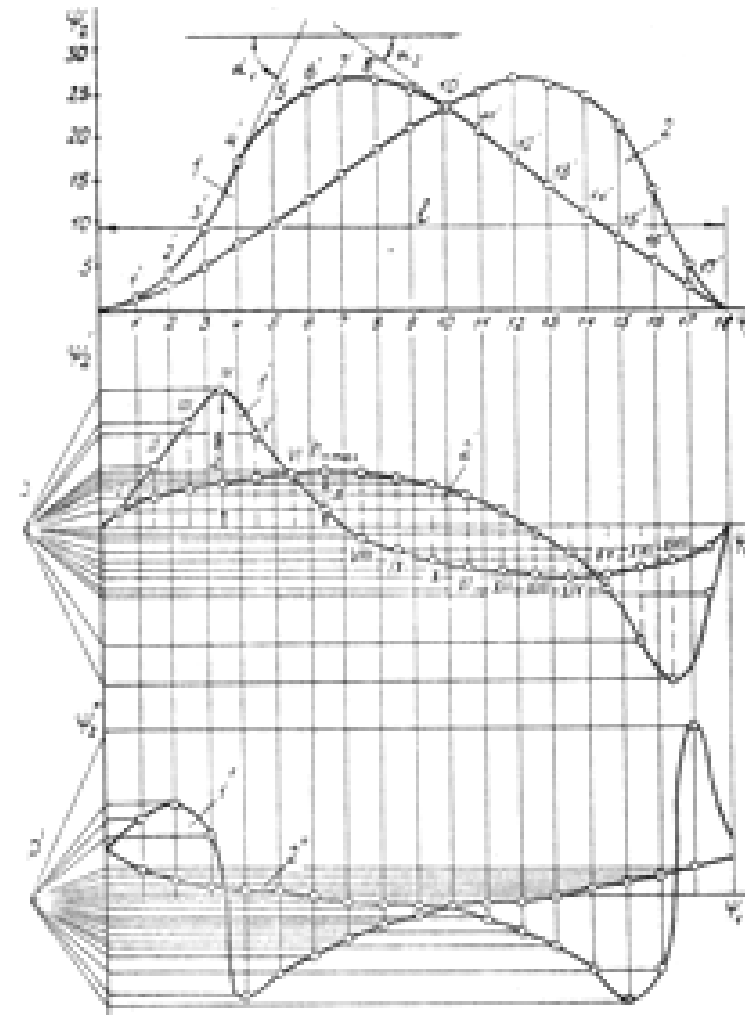


Форми робочої поверхні кулачка

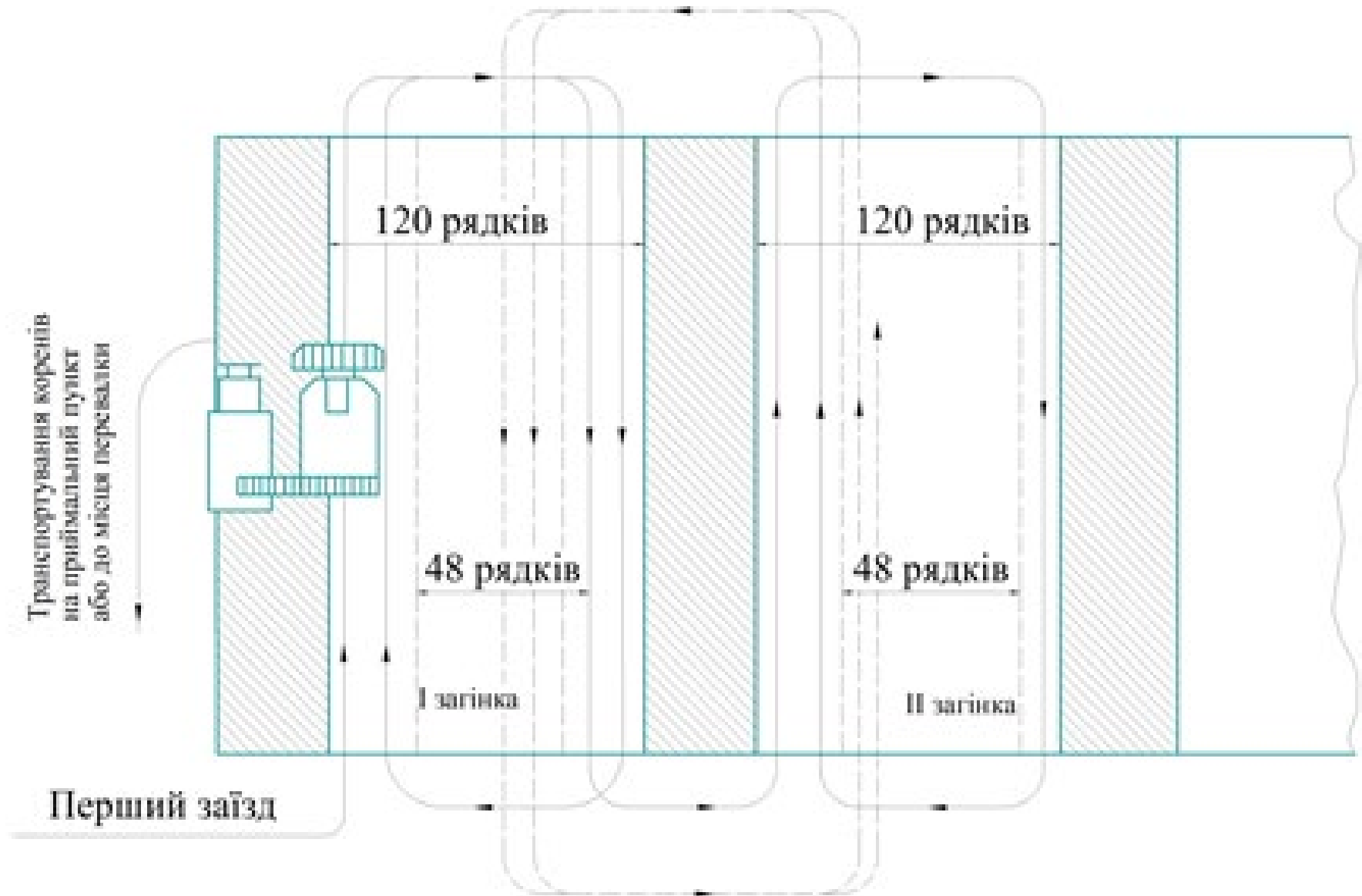
Форма кулачка в параметричному виді
виражається рівнянням

$$\begin{cases} y = L \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi) \\ x = L \cdot \cos(\varphi_0 + \varphi) - A \end{cases}$$

де L - довжина пластини зштовхувача,
 A - міжосьова відстань,
 φ - кут повороту зіштовхуючої пластини.



Кінематичні характеристики
зіштовхуючої пластини



На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на пошук ефективного способу та технічного засобу для збирання коренеплодів кормового буряка, можна сказати, що:

- одним із найбільш раціональних способів збирання кормових буряків, з існуючих на сьогоднішній день, є спосіб активного зіштовхування;

- для процесу активного зіштовхування може бути рекомендовано пристрій з робочими органами, що складаються із зіштовхуючих пластин, які коливаються в вертикальній площині при прямолінійному русі осі обертання та приводного механізму від валу відбору потужності;

- зіштовхуючим робочим органом зазначеного пристрою можна задати такі режими роботи, при яких пошкодження коренеплодів зводиться до мінімуму.

Розглянуто питання організації робіт із застосування проектної коренезбиральної машини. Визначено кількість транспортних засобів, яка необхідна для обслуговування проектної машини $m_1 = 8$ шт..

Техніко-економічними розрахунками встановлено, що річний економічний ефект становитиме 7844,85 грн./га, а затрати на удосконалення коренезбиральної машини окупляться протягом 1 року експлуатації, що дозволяє судити про доцільність впровадження проектного рішення