

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b>	2
<b>Розділ 1. СТАН ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	2
1.1 Аналіз конструкцій механізмів копіювання гичкозбиральних машин	2
<b>Розділ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ: «МЕХАНІЗМ КОПІЮВАННЯ – РІЖУЧИЙ АПАРАТ»</b>	10
2.1 Кінематика механізму копіювання в гичкозбиральній машині	10
2.2 Дослідження руху пасивного полозкового механізму копіювання	19
2.3 Аналіз впливу параметрів механізму копіювання коренеплодів на ефективність його роботи	24
<b>Висновки</b>	27
<b>Список використаних джерел</b>	28

## ВСТУП

Огляд і аналіз науково-технічної літератури, присвяченої питанням підвищення ефективності роботи гичкозбиральних машин показав, що відомі способи і технічні засоби копіювання головок коренеплодів, не повністю відповідають сучасним агротехнічним вимогам. Так при роботі машини БМ-6Б укомплектованої механізмом копіювання полозкового типу (МКПТ), за несприятливих погодних умов відбувається вибивання та пошкодження до 20% високо розташованих коренеплодів. Однією з основних причин цього є надмірне зусилля, що виникає в процесі дії МКПТ на головки високо розташованих коренеплодів.

Напрямок наукових досліджень, присвячених розробці і впровадженню прогресивних технологій та технічних засобів забезпечення агропромислового комплексу бурякозбиральною технікою вітчизняного виробництва, яка б своїми показниками не поступалась сучасним агротехнічним і агротехнологічним вимогам європейських стандартів, є актуальним, а задачі, що вирішуються при цьому такими, що мають велике народногосподарське значення для економіки України.

Метою дослідження є розв'язання теоретичних і експериментальних задач по підвищенню ефективності роботи механізму копіювання гичкозбиральної машини за рахунок зниження дії копіра на коренеплід. Для досягнення поставленої мети намічено вирішити такі завдання:

- проаналізувати технології та технічні засоби копіювання головок коренеплодів цукрових буряків та обґрунтувати концепцію раціонального удосконалення механізму копіювання серійних гичкозбиральних машин типу БМ-6Б;

- аналітично обґрунтувати конструктивні параметри МКПТ, що забезпечують зниження рівня навантаження на високорозташовані над рівнем ґрунту коренеплоди;

Основою досліджень є розрахунково-експериментальні методи з використанням моделювання досліджуваних параметрів і процесів механізму копіювання коренеплодів цукрових буряків з використанням положень землеробської механіки, теорії імовірності, математичної статистики з застосуванням програми «MathCAD». Аналіз математичних моделей здійснено за допомогою прикладних програм для ПК. Лабораторно-польові дослідження проводились з використанням методів планування експерименту та окремих розроблених методик з використанням лабораторно-польової установки для дослідження удосконаленого механізму копіювання високорозташованих головок коренеплодів цукрового буряку.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1 Аналіз конструкцій механізмів копіювання гичкозбиральних машин

Для здійснення процесу копіювання головок коренеплодів використовують значну кількість різноманітних механізмів. Однак серед

відомих конструктивних форм можна виділити декілька основних схем, до яких так чи інакше зводяться різноманітні конструкції: паралелограмний механізм копіювання, механізм копіювання з упорною штангою, повідковий механізм копіювання і механізм копіювання з переміщенням робочого органа відносно рами машини по вертикалі [32].

Більшість механізмів копіювання побудовано за принципом паралелограмного механізму. У цьому випадку при всіх положеннях ножа його кут до горизонту залишається постійним, в той час як відстань від робочого органа до рами машини може змінюватись, коливаючись навколо середнього значення. Паралелограмний механізм оснащено елементом копіювання, а також навантажувальною пружиною.

Робота механізму копіювання повинна задовольняти наступним умовам :відстань від зони обрізки до зони копіювання (крок копіювання) повинна бути мінімальною з метою забезпечення стійкого кореляційного зв'язку між ординатами траєкторії переміщення копіра і ножа. Контакт між копіром і головкою коренеплоду повинен бути постійним, тобто копір не повинен відриватися від головки коренеплоду при його копіюванні.

Виконання другої умови визначається величиною критичної швидкості переміщення копіра. При швидкості більшій за критичну постійний контакт між копіром і коренеплодом може бути забезпечений тільки при наявності навантажувальної пружини. Тиск копіра на коренеплід не повинен перевищувати механічної міцності коренів цукрового буряку. Для виконання третьої умови необхідно щоб величина тиску копіру на коренеплід не перевищувала зусилля яке пошкоджує коренеплід при статичному стисканні, а горизонтальна складова тиску не перевищувала опору згину деформації коренеплоду в вертикальній площині. У процесі роботи копір не повинен зміщуватись з рядка. Геометричні параметри копіра повинні забезпечувати контакт з виступаючими на невелику висоту із ґрунту головками коренеплодів при наявності близько розташованих високих коренів.

Для виконання п'ятої умови необхідно геометричні параметри копіра визначати в залежності від параметрів які характеризують розташування головок коренеплодів у ґрунті [33].

Із відомої різноманітності конструкцій механізмів копіювання, які мають як принципові відмінності один від одного, так і лише конструктивні. Для наочності представимо їх класифікацію у вигляді схеми (рис 1.1) куди зведені основні різновиди конструкцій механізмів копіювання гичкозрізуючих апаратів.



Рис. 1.1 Класифікація механізмів копіювання гичкозбиральних машин [34]

Накочуючись на верхівку кожного кореня, копір веде за собою ніж та встановлює його на необхідну висоту зрізу. Цей винахід по своєму принципу обумовив найсучасніші конструкції гичкозрізуючих апаратів, що одержали найбільше розповсюдження у всіх державах [35].

Цікаво відмітити, що деякі сучасні гичкозрізуючі апарати для роздільного збирання мало чим відрізняються від винаходів О.П. Франкмана.

В нашій державі робота по створенню бурякозбиральних комбайнів з обрізкою коренів до їх викопування були розпочаті в 1929 році в Українському філіалі «ВІСГОМА» під керівництвом А.А. Василенка [38].

Розглядаючи конструктивні особливості гичкозрізуючих пристроїв вітчизняних гичкозбиральних машин можна стверджувати, що копірний зріз гички, який призначений для її збирання, і впроваджений на типоряді машин виробництва Тернопільського заводу (БМ-6, БМ-6А і БМ-6Б) найбільш розповсюджений у всіх бурякосіючих господарствах України. Конструктивна схема гичкозрізуючих апаратів копірного типу представляє собою пасивний гребінчастий копір 1, який за допомогою багатоланкового механізму підвіски 2 кінематично зв'язаний з активним дисковим ножом 3, на привідному валі якого є бітер гички 4 (рис.1.2). Таким чином, під час руху по рядку коренів при допомозі копіра 1 відбувається індивідуальне копіювання головки кожного коренеплоду. Однак, з іншого боку, такий спосіб збирання гички, має суттєві недоліки: обмежена продуктивність із-за незначної швидкості руху та маневреності, низькі якісні показники, складність і металоємність конструкції, а також вузька спеціалізація машини [39].

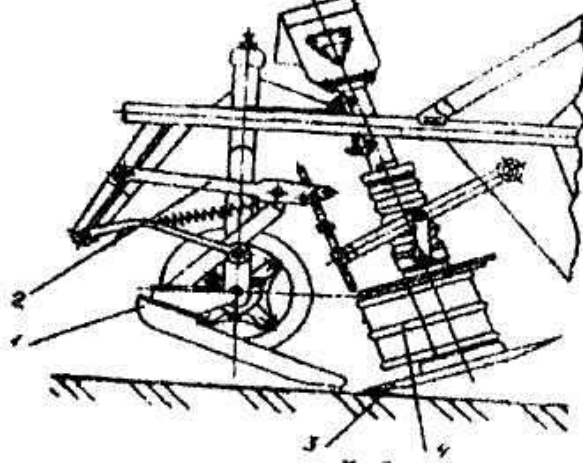


Рис. 1.2. Гичкозрізуючий механізм машини БМ-6Б [39]:  
1- пасивний полозковий копір; 2- механізм підвіски;  
3- активний дисковий ніж; 4- бітер

Уже багато років як закордоном так і в нашій державі ведуться інтенсивні роботи по удосконаленню конструкції механізмів копіювання.

Автори [41] пропонують пристрій керування положенням ріжучого ножа (рис. 1.3). Основними його елементами є електродвигун, що за допомогою механічного редуктора й реєчно-зубчастого зачеплення з'єднаний зі штоком розподільника, пов'язаного з гідروциліндром. Електродвигун управляється сигналом, що несе інформацію про висоту коренеплодів, яка

поступає від механізму копіювання. Даний сигнал підсилюється за допомогою перетворюючого пристрою, виконаного на основі напівпровідникових елементів. У пристрої використаний зворотній зв'язок з положенням ріжучого ножа, це реалізовано за допомогою потенціометра R2 механічно пов'язаного з валом редуктора.

При відсутності контакту пристрою, що копіює, з коренеплодом щуп перебуває у вихідному (крайньому нижньому) положенні, а движок іншого потенціометра (R1), механічно пов'язаний з віссю обертання щупа, у середньому. Ріжучий ніж теж займає вихідне (українське) положення, що відповідає середньому положенню движка потенціометра (R2) наїзд пристрою, що копіює, на коренеплід приводить до відхилення щупа й появи відповідного сигналу на виході потенціометра (R1), що фіксується запам'ятовувальним пристроєм, а потім і надходить на перший вхід підсилювача перетворюючого пристрою. У результаті на його виході формується напруга, що подається на електродвигун, що через редуктор і реєчно-зубчасте зачеплення починає переміщати шток гідророзподільника. При цьому від насоса масло по шлангах надходить у ту або іншу порожнину гідроциліндра, що переміщає ріжучий ніж. Одночасно відбувається зміна положення движка потенціометра (R2), у результаті чого на другому вході підсилювача з'являється сигнал протилежної полярності стосовно сигналу на першому вході (принцип негативної обробки зв'язку). Він буде присутній доти, поки ріжучий ніж не займе положення, що відповідає висоті коренеплоду, що копіюється. Як тільки це відбудеться, що результує сигнал на вході підсилювача стане рівним нулю й переміщення ріжучого ножа припиниться. Після зрізу гички контактами (Д02) відбувається скидання інформації про висоту обробленого коренеплоду й робочий цикл повторюється.

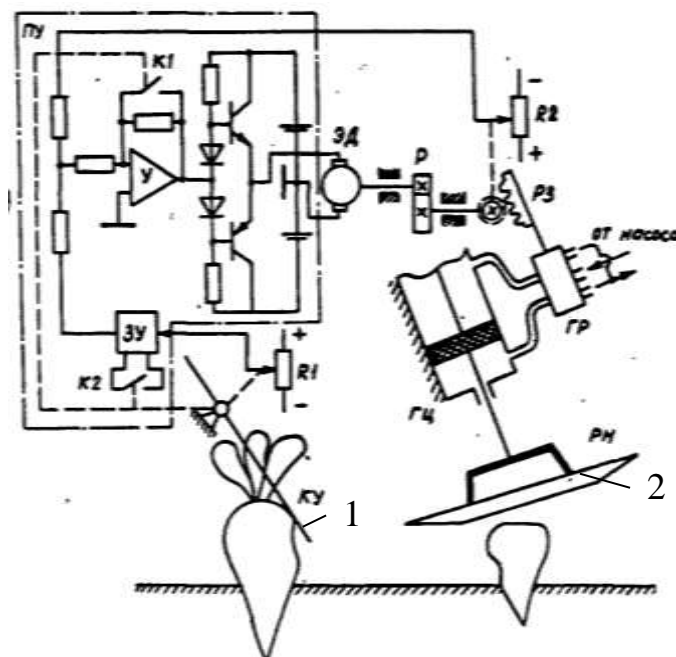


Рис. 1.3. Схема керування електромеханічного копіра [41]:

1- копір-щуп; 2- активний ніж

Перевага даного пристрою та, що даний механізм не має механічного зв'язку між копіром і ножем.

Гичкозрізувальний апарат з гідрофікованим копіром, який пропонують в Челябінському інституті механізації і електрифікації сільського господарства (рис.1. 4) працює наступним чином. При відсутності коренів копір та ніж знаходяться в крайньому нижньому положенні, а золотник розподільвача впирається в його днище та направляє масло на злив. При зустрічі з коренем копір піднімається вгору і через поводок «ас» та компенсаційну пружину переводить золотник розподільвача в положення підйому. Масло від насоса направляється в верхню частину гідроциліндру. Гідроциліндр спрацьовує і через тягу «dm» зворотного зв'язку, піднімає ніж і корпус розподільвача до положення «злив» в слід за копіром. По мірі руху вперед, копір сповзає з кореня і під дією сили ваги і пружини розподільвача опускається вниз, зміщуючи золотник в нейтральне положення. Даний гичкозрізуючий апарат має перевагу над існуючими в тому, що він може змінювати зусилля що діє на коренеплід під час обрізки гички. Однак, при непереривній роботі апарату спостерігається деяке спізнення гідроциліндру при підйомі апарату та збільшення тиску копіру на корінь в початковій стадії підйому при копіюванні послідовно розташованих коренів [42].

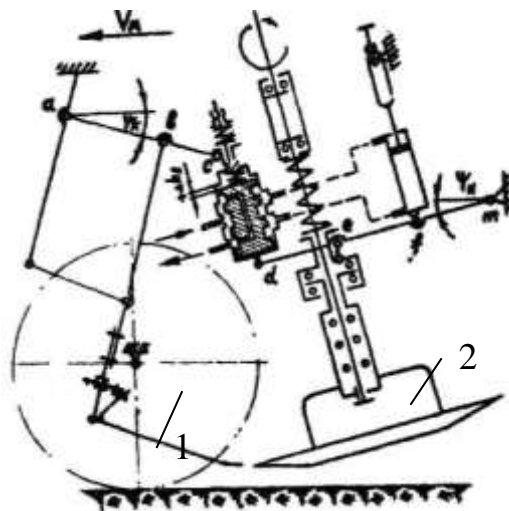


Рис. 1.4. Гичкозрізуючий апарат з гідрофікованим копіром [42]:  
1- гідрофікований ползковий копір; 2- ніж

Автори [43] для підвищення ефективності процесів збирання цукрового буряку шляхом модернізації гичкозбиральних машин, пропонують використовувати в механізмах копіювання гідравлічних слідкуючих систем (рис. 1.5).

Цей механізм дає можливість проводити збирання буряку на підвищених швидкостях за рахунок можливості обробки вхідних даних з частотою до 20-25 Гц без амплітудних змін.

Заміна механічного приводу робочих органів гичкозбиральних машин БМ-6А на гідравлічний дає зменшення собівартості виготовлення машини підвищення продуктивності, зниження металоємності приводу, але не забезпечує певної якості збирання.

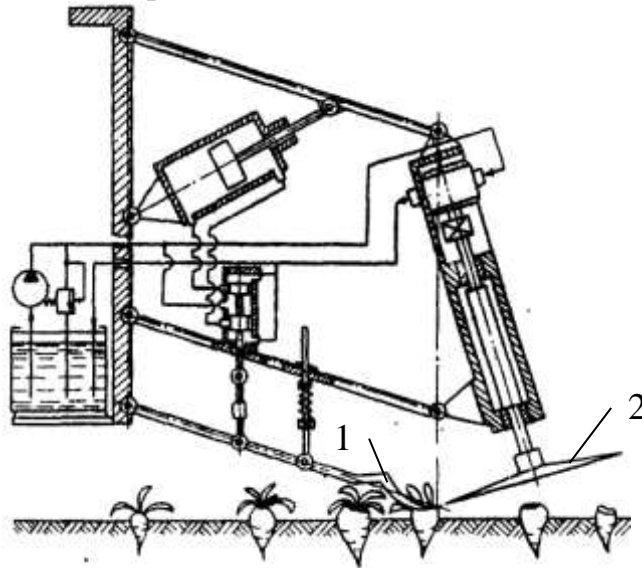


Рис. 1.5. Схема пристрою для обрізки гички [43]:  
1- гідравлічний ползковий копір; 2- гідравлічний активний ніж

Автори [44] пропонують в якості пристрою копіювання головок коренів використовувати апарат з гусеничним копіром і дисковим ножом (рис.1.6).

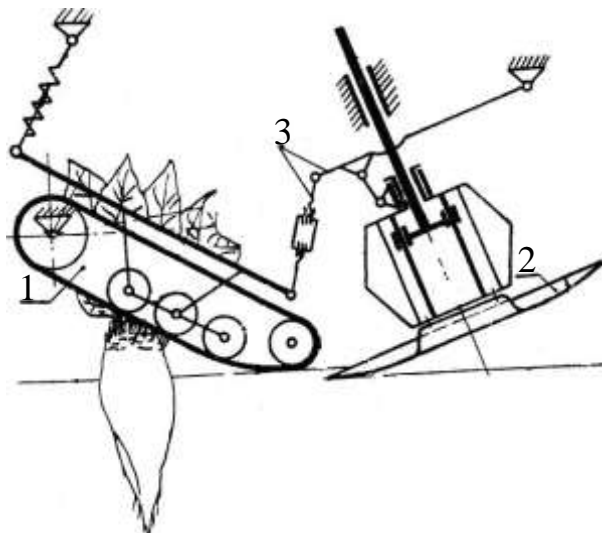


Рис.1.6. Принципова схема гичкозрізуючого апарату з гусеничним копіром 1- гусеничний копір; 2-дисковий ніж; 3-елементи кінематичного зв'язку[44]

В фазі зустрічі копіра з коренем відбувається удар по головці кореня рухомими частинами апарату. Ця фаза закінчується при досягненні копіром максимальної швидкості підйому. Характерною особливістю фази зустрічі є дія на корінь динамічної сили від інерційних рухомих частин апарату, яка досягає великого значення і є основною причиною вибивання коренів та врізання копіра в коронку коренеплоду [44]. Для того, щоб нижня частина гусениці копіра, яка має зворотній рух по відношенню до руху машини та



певне зчеплення з коренем, перешкоджала вибивання кореня, достатньо, щоб горизонтальна проекція її швидкості по абсолютній величині була не менше швидкості машини, а нахил до горизонту у вихідному положенні дорівнював куту тертя гусениці по головці кореня.

Тиск полозкового копіра і диску ножа на поверхню рядка можна регулювати натягом пружини в межах 50-80Н. Збільшення тиску за умов вологого ґрунту для високо зростаючих коренеплодів обумовлює їх нахил, низькі й косі зрізи. При великому тиску полозкового копіра коренеплоди можуть зовсім вибиватися з ґрунту та розрізатися диском ножа. Незначний тиск копіра, навпаки, викликає затримки в опусканні ножа, що являється необхідним для пристосування його до виступів головок коренів. Затримки при опусканні ножа призводять до значної кількості високо зрізаних голівок коренів або зовсім не зрізаних.

Полозкові копіри у існуючих конструкцій ріжучого апарату не змінюють свого кута нахилу. Вивчення питання про вплив величини кута нахилу копіра висвітлено в літературі [46]. Зі збільшенням кута нахилу від  $15^{\circ}$  до  $30^{\circ}$  спостерігається незначне збільшення чутливості ріжучого апарату, що дає зменшення кількості не зрізаних коренів. Збільшення кута нахилу копіра збільшує кількість вибитих і похилених коренів. Вибивання коренів з ґрунту залежить як від тиску копіра на коренеплід, так і кута нахилу його та висоти зростання кореня над ґрунтом. Автори [47,48] рекомендують не збільшувати кут нахилу копіра за межі  $15^{\circ}$  так як це дає незначне збільшення чутливості ріжучого апарату і в той же час збільшує кількість вибитих та розрізаних коренів, а також нахилених в момент різання.

Чутливість ріжучого апарату значно зростає якщо на кінцях копіра є рівні зрізи. В межах довжини цього зрізу копір буде вести ніж на одній висоті. Якщо копір має форму кривої поверхні то ріжучий апарат при русі окремих точок краю копіра на поверхні коронки весь час змінює висоту ходу. Очевидно, чим на більшій протяжності перед зрізом ніж фіксований на одній висоті, тим в більшій мірі забезпечується рівна поверхня зрізу, і навпаки.

Огляд і аналіз наукової літератури показує, що рівень теоретичних і експериментальних досліджень, що до цієї проблеми відстає від сучасних вимог і потреб практики. Щоб уникнути вибивання копіром високо розташованих коренеплодів, доцільно удосконалити відомий механізм копіювання серійних гичкозбиральних машин типу БМ-6Б шляхом регулювання довжини верхньої ланки пристрою паралелограмної підвіски, що дасть змогу зменшити горизонтальну складову дії копіра на коренеплід.

## РОЗДІЛ 2

### МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ: «МЕХАНІЗМ КОПІЮВАННЯ – РІЗУЧИЙ АПАРАТ»

У даному розділі запропонований удосконалений механізм копіювання бурякозбиральної машини БМ-6Б, який має у своїй конструкції підвіски не паралелограм, а чотириполюсник.

Запропоновано перехід від паралелограмної підвіски механізму копіювання до підвіски з регульованою довжиною верхньої тяги. Розроблена математична модель дії горизонтальної складової тиску копіра на коренеплід, що враховує фактори, які впливають на величину горизонтальної складової сили дії копіра на коренеплід:

- кут атаки копіра до горизонту;
- зміна довжини верхньої тяги підвіски механізму копіювання;
- висота розташування коренеплоду над рівнем ґрунту.

Розроблена методика теоретичного визначення навантаження на копірі при взаємодії його з коренеплодом.

#### 2.1 Кінематика механізму копіювання в гичкозбиральній машині

Механізм копіювання, побудований за паралелограмним принципом при русі у вертикальній площині залишає незмінним кут атаки копіру до горизонту, а відстань між копіром і робочим органом (ножем) у горизонтальній площині «а» і вертикальній «в» змінюється. Для аналізу характеристик зміни цих величин проведено кінематичний аналіз руху копіювального механізму гичкозбиральної машини в процесі роботи.

На рис. 2.1 точка 1 прийме положення точки 1'. Кінець копіру, точка 3, зміститься в точку 3', яка віддаляється від ножа, точка 18', у вертикальній площині й зближається в горизонтальній площині. Щоб відстань між копіром і ножем у горизонтальній і вертикальній площинах була такою, як і при паралелограмному механізмі необхідно змінити довжину копіру, кут між штангою 1'.2'. і копіром 2'.3', кут  $\beta$  регульовальним гвинтом 12.13.

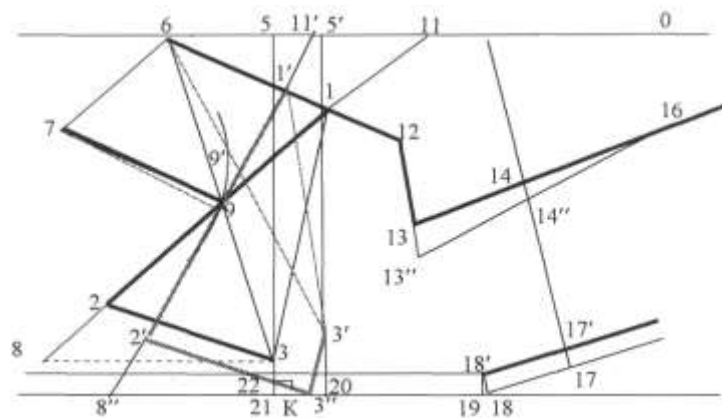


Рис. 2.1. Кінематична схема чотириполюсного механізму копіювання

Алгоритм розрахунку вище зазначених величин. На рис. 2.1 показано, що при переміщенні точки 1 по стороні 6.12. точка 9 переміщується по дузі з радіусом 7.9. і приймає положення точки 9', на відстані від точки 1', рівній 1.9., тобто  $1.9. = 1'.9'$ . З'єднаємо точку 3 із точкою 1. і точкою 6., а точку 3' з точкою 1'. і точкою 6. і по властивості рішення трикутників розрахуємо невідомі сторони й кути.

У  $\Delta 1.2.3.$  відомі сторони 1.2., 2.3. і кут  $\angle 1.2.3.$  знаходимо сторону 1.3.

$$1.3. = \sqrt{(1.2.)^2 + (2.3.)^2 - 2(1.2.) \cdot (2.3.) \cos \angle 1.2.3.}$$

кути  $\angle 2.1.3.$  й  $\angle 2.3.1.$

$$\cos \angle 2.1.3. = \frac{(2.3.)^2 - (1.2.)^2 - (1.3.)^2}{-2 \cdot (1.2.) \cdot (1.3.)} \quad (2.1)$$

У  $\Delta 1.6.3.$  відомі сторони 1.6., 1.3. кут  $\angle 6.1.3. = \angle 6.1.9. + \angle 2.1.3.$  знаходимо сторону 3.6.

$$3.6. = \sqrt{(1.6.)^2 + (1.3.)^2 - 2 \cdot (1.6.) \cdot (1.3.) \cos \angle 6.1.3.}$$

кут  $\angle 3.6.1.$

$$\sin \angle 3.6.1. = \frac{1.3. \sin \angle 6.1.3.}{3.6.} \quad (2.2)$$

У чотирикутнику 6.1'. 9'.7. з'єднаємо точку 1'. з точкою 7 і знайдемо кути  $\angle 6.1'.7.$  й  $\angle 7.1'.9'.$

В  $\Delta 7.6.1'.$ , кут  $\angle 7.6.1'. = 180^\circ - \angle 6.1.9.$

$$7.1'. = \sqrt{(1'.6.)^2 + (6.7.)^2 - 2(1'.6.) \cdot (6.7.) \cos \angle 7.6.1'.$$

$$\sin \angle 6.1'.7. = \frac{6.7. \sin \angle 7.6.1'.}{7.1'}. \quad (2.3)$$

В  $\Delta 7.1'.9'.$ ,  $\cos \angle 7.1'.9'. = \frac{(7.9'.)^2 - (7.1'.)^2 - (9'.1'.)^2}{-2 \cdot (7.1'.) \cdot (9'.1'.)}$

У  $\Delta 3'.6.1'.$  відомі сторони 1'.6. і 1'.3'., а кут  $\angle 6.1'.3'. = \angle 6.1'.7. + \angle 7.1'.9'. + \angle 2.1.3.$  знаходимо сторону 6.3'.

$$6.3'. = \sqrt{(1'.6.)^2 + (1'.3'.)^2 - 2 \cdot (1'.6.) \cdot (1'.3'.) \cos \angle 6.1'.3'.$$

(2.4)

і кут  $\angle 3'.6.1'.$

$$\sin \angle 3'.6.1'. = \frac{1'.3'. \sin \angle 6.1'.3'}.{6.3'}. \quad (2.5)$$

Продовжимо сторони 1.2. і 1'.2'. трикутників  $\Delta 1.2.3.$  і  $\Delta 1'.2'.3.$  вгору і вниз до перетинання з горизонталями, а точки перетинання позначимо 11, 8, 11', 8". А через точки 3 і 3' проведемо вертикалі до перетинання з горизонталями й одержимо точки 5, 21 і 5', точку 20.

У  $\Delta 2.3.8.$  кути  $\angle 8.2.3. = 180^\circ - \angle 1.2.3.,$

$$\angle 2.8.3. = 180^\circ - \angle 8.2.3. - \angle 2.3.8.$$

$\angle 2.8.3. = \angle 1.11.6.$  як внутрішні різнобічні кути.

У  $\Delta 1.6.11$ . кут  $\angle 1.6.11. = \angle 6.1.9. - \angle 1.11.6$

У  $\Delta 3.6.5$ . кут  $\angle 3.6.5. = \angle 3.6.1. + \angle 1.6.11.$

сторони

$$3.5. = 3.6. \sin \angle 3.6.5. \quad (2.6)$$

$$6.5. = 3.6. \cos \angle 3.6.5. \quad (2.7)$$

У  $\Delta 3'.6.5'$ . кут  $\angle 3'.6.5'. = \angle 3'.6.1'. + \angle 1.6.11.$

сторони

$$3'.5'. = 6.3'. \sin \angle 3'.6.5'. \quad (2.8)$$

$$6.5'. = 6.3'. \cos \angle 3'.6.5'. \quad (2.9)$$

У  $\Delta 1'.6.11'$ . кути  $\angle 6.11'.1'. = \angle 6.1'.7. + \angle 7.1'.9'. - \angle 1.6.11.;$

$\angle 6.11'.1'. = \angle 2'.8''.3''.; \angle 2'.8''.3''. - \angle 2.3.8.;$

$\angle 8''.2'.3''. = 180^0 - \angle 2'.8''.3''. - \angle 2'.3''.8''.;$

$$\angle 3''.2'.3'. = 180^0 - \angle 8''.2'.3''. - \angle 1.2.3. \quad (2.10)$$

У  $\Delta 3''.2'.3'$ . кут  $\angle 2'.3''.3'. = (180^0 - \angle 3''.2'.3'.) \div 2$  сторона

$$3''.3'. = \sqrt{(2'.3'.)^2 + (2'.3'.)^2 - 2(2'.3'.)^2 \cos \angle 3''.2'.3'.} \quad (2.11)$$

У  $\Delta 3''.3'.20$ . кут  $\angle 3'.3''.20. = 180^0 - \angle 2.3.8. - \angle 2'.3''.3'$  сторони

$$21.3''. = 6.5'. - 6.5. - 3''.20. \quad (2.12)$$

Позначимо довжину копіру, що зміщується в зону «а» через  $l_{3''-22}$ . На рис. 2.3 ця довжина відповідає довжині відрізка  $3''.22$ .

$$3''.22. = \frac{21.3''.}{\cos \angle 2.3.8.}$$

$$3.22. = 3.21 - 21.22. \quad (2.13)$$

Щоб нове положення копіру, було на відстані «в» у вертикальній площині від робочого органа, необхідно робочий орган змістити вниз на відстань  $18'.18$ . При цьому точка ножа  $18$  піде із зони «а». Тому довжину копіру в точці  $22$  необхідно подовжити на величину  $l_{K-22}$ . Для знаходження довжини  $l_{K-22}$  складемо систему рівнянь.

$$\begin{cases} l_{K-22} \cos \angle 2.3.8. = 18'.19. \operatorname{tg} \angle 19.18'.18. \\ 18'.19. = 3.21 - l_{3''-22} \sin \angle 2.3.8. + l_{K-22} \sin \angle 2.3.8. \end{cases} \quad (2.14)$$

З рішення системи рівнянь

$$l_{K-22} = \frac{\operatorname{tg} 19.18'.18. (3.21 - l_{3''-22} \sin \angle 2.3.8.)}{\cos \angle 2.3.8. - \sin \angle 2.3.8. \operatorname{tg} 19.18'.18.} \quad (2.15)$$

Величина на яку необхідно вкоротити копір, щоб відстань між копіром і ножем у горизонтальній площині була «а», у вертикальній площині була «в».

$$\Delta l = l_{3''-K} = l_{3''-22} - l_{K-22}. \quad (2.16)$$

Для того щоб опустити ніж на величину  $18'.18.$ , необхідно гвинт  $12.13$ . подовжити на величину  $13.13''$ . Ця величина визначається в результаті рішення трикутників  $\Delta 14.14''.16$ . і  $\Delta 13''.16.13$ .

$$\angle 14''.14.16. = 180^0 - \angle 13.14.17.; 14.14''. = 18'.18.$$

$$16.14'' = \sqrt{(14.16.)^2 + (14.14'')^2 - 2(14.16.) \cdot (14.14'') \cdot \cos \angle 14''.14.16.}$$

$$\sin \angle 14.16.14'' = \frac{14.14'' \cdot \sin \angle 14''.14.16.}{16.14''}.$$

$$13.13'' = \frac{13.16 \cdot \sin \angle 14.16.14''}{\sin \angle 13.13''.16.} \quad (2.22)$$

$$13''.16. = \frac{13.13'' \cdot \sin \angle 14''.14.16.}{\sin \angle 14.16.14''} \quad (2.23)$$

За допомогою програми, складеної за вище описаним алгоритмом, були зроблені розрахунки по визначенню величин на які необхідно змінити кут  $\beta_0$ ,  $\Delta\beta_0 = \angle 3'.2'.K$ , довжину копіру  $\Delta l = 3''.K$  й довжину регулювального гвинта ножа 13.13'' при куті між штангою чотириланкової підвіски й копіром  $\beta_0 = 1'.2'.3'$ . прийнятому рівним: 50°; 55°; 60°; 65°; 70°; 75°; 80°; 85°, і при зменшенні довжини верхньої ланки механізму копіювання на величину  $l$  в межах від 0,005м до 0,03м із кроком 0,005м. Результати розрахунку зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

**Значення  $\Delta l$ , 13.13'',  $\Delta\beta_0$  залежно від  $l$  при різних  $\beta_0$**

$l \cdot 10^{-2}, \text{м}$		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$\beta_0 = 50^\circ$	$\Delta l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	-0,11	-0,15	-0,12	-0,02	0,14	0,38
	13.13'' $\cdot 10^{-2}, \text{м}$	1,99	3,82	5,51	7,08	8,52	9,84
	$\Delta\beta_0$	2,18°	4,3°	6,38°	8,42°	10,42°	12,41°
$\beta_0 = 60^\circ$	$\Delta l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	0,19	0,45	0,76	1,14	1,57	2,05
	13.13'' $\cdot 10^{-2}, \text{м}$	1,66	3,18	4,55	5,79	6,91	7,91
	$\Delta\beta_0$	2,18°	4,3°	6,38°	8,42°	10,42°	12,41°
$\beta_0 = 70^\circ$	$\Delta l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	0,49	1,04	1,63	2,26	2,94	3,67
	13.13'' $\cdot 10^{-2}, \text{м}$	1,29	2,44	3,45	4,33	5,09	5,74
	$\Delta\beta_0$	2,18°	4,3°	6,38°	8,42°	10,42°	12,41°
$\beta_0 = 80^\circ$	$\Delta l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	0,78	1,6	2,4	3,32	4,23	5,17
	13.13'' $\cdot 10^{-2}, \text{м}$	0,88	1,63	2,24	2,74	3,12	3,39
	$\Delta\beta_0$ ,	2,18°	4,3°	6,38°	8,42°	10,42°	12,41°
$\beta_0 = 85^\circ$	$\Delta l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	0,92	1,86	2,82	3,82	4,83	5,87
	13.13'' $\cdot 10^{-2}, \text{м}$	0,67	1,2	1,61	1,91	2,09	2,17

$\Delta\beta_0$	2,18°	4,3°	6,38°	8,42°	10,42°	12,41°
-----------------	-------	------	-------	-------	--------	--------

Враховуючи дані табл. 3.2 зробимо кінематичний аналіз (рис. 3.5).

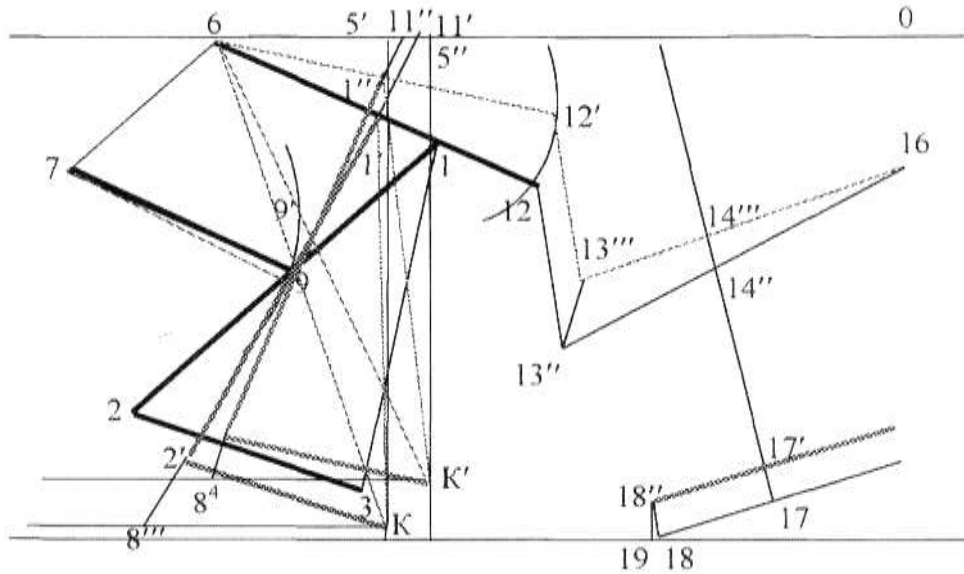


Рис. 2.5. Кінематична схема механізму копіювання з урахуванням зміни його конструктивних параметрів

В чотиріполюсному механізмі копіювання зі зменшеною довжиною верхньої ланки на величину  $l$ , копій перебуває під кутом до горизонту  $\alpha_0 = 24^\circ$  й торкається мікрорельєфу в точці  $K$ , а ніж у точці 18 має зазор «а» у горизонтальній площині до точки  $K$ , а у вертикальній площині «в» (рис. 2.5). При переміщенні копію  $2'.K$  вгору, кут між копієм і горизонтом зменшиться, а копію у точці  $K$  зменшить зазор «а». Ніж також зміститься вгору і його кінець у точці 18 так само зменшить зазор «а».

Був проведений обчислювальний експеримент щодо визначення характеру зміщення ножа й копію в горизонтальному й вертикальному напрямках по нижче описаному алгоритму.

На рис. 2.5 точка  $K$  фіксує кінець укороченого копію на  $\Delta l$ , що віддалена від ножа, точка 18, на «а» у горизонтальній площині й на «в» у вертикальній площині. З'єднаємо точку  $K$  із точками  $1'$  і  $6$ , а через точку  $K$  проведемо вертикаль до верхньої горизонталі й одержимо трикутники  $\Delta 1'.2'.K.$ ,  $\Delta 6.1'.K.$ ,  $\Delta 6.K.5'$ . Зробимо розрахунки цих трикутників.

У  $\Delta 1'.2'.K.$  сторона  $2'.K. = 2.3. - \Delta l$ , кут  $\angle 1'.2'.K. = \angle 1.2.3. + \angle 3'.2'.K.$

$$1.K. = \sqrt{(2'.K.)^2 + (1'.2'.)^2 - 2(2'.K.) \cdot (1'.2'.) \cos \angle 1'.2'.K.}$$

$$\sin \angle 2'.1'.K. = \frac{2'.K. \sin \angle 1'.2'.K.}{1'.K.} \quad (2.24)$$

У  $\Delta 6.1'.K.$  кут  $\angle 6.1'.K. = \angle 6.1'.7. + \angle 6.1'.9'. + \angle 2'.1'.K.$

$$\text{сторона } 6.K. = \sqrt{(6.1'.)^2 + (1'.K.)^2 - 2(6.1'.) \cdot (1'.K.) \cos \angle 6.1'.K.}$$

$$\sin \angle 1'.6.K. = \frac{1'.K. \sin \angle 6.1'.K.}{6.K.} \quad (2.25)$$

У  $\Delta 6.K.5'$ . кут  $\angle K.6.5' = \angle 1'.6.K. + \angle 1.6.11'$ .

сторони  $6.5' = 6.K. \cos \angle K.6.5'$ ;  $5'.K. = 6.K. \sin \angle K.6.5'$ .

З'єднавши точку  $1'$  з точкою  $7$ . одержимо два трикутники  $\Delta 7.6.1'$ . і  $\Delta 7.1'.9'$ .

У  $\Delta 7.6.1'$ . сторона  $6.1. = 1.6. + \Delta X$ , кут  $\angle 7.6.1' = 180^\circ - \angle 6.1.9.$ ,  
сторона  $7.1'. = \sqrt{(6.7.)^2 + (6.1'.)^2 - 2(6.7.) \cdot (6.1'.) \cos \angle 7.6.1'}$ .

$$\sin \angle 6.1'.7. = \frac{6.7. \sin \angle 7.6.1'}{7.1'}. \quad (2.26)$$

У  $\Delta 7.1'.9'$ . відомі всі сторони розрахуємо кут  $\angle 7.1'.9'$ .

$$\cos \angle 7.1'.9' = \frac{(7.9'.)^2 - (1'.9'.)^2 - (7.1'.)^2}{-2 \cdot (1'.9'.) \cdot (7.1')}. \quad (2.27)$$

При переміщенні чотириполусної підвіски вгору на кут  $\Delta \varphi$ , точка  $1'$  переміщаючись по дузі з радіусом  $6.1'$  прийме положення точки  $1''$ , точка  $K$  зміститься в точку  $K'$ , і точка ножа  $18$ . прийме положення точки  $18''$ . Відстань «а» і «в» зміняться на «а<sub>1</sub>» і «в<sub>1</sub>», розрахуємо ці величини. З'єднаємо точку  $K'$  із точкою  $6.$ , точкою  $1''$ . і через точку  $K'$  проведемо вертикаль до верхньої горизонталі. Одержимо трикутники  $\Delta 6.K'.1''$ ,  $\Delta 1''.2''.K'$ ,  $\Delta 6.K'.5''$ . з'єднаємо точку  $1''$  з точкою  $7$ . одержимо трикутники  $\Delta 7.6.1''$ . й  $\Delta 7.1''.9''$ . розрахуємо їх.

У  $\Delta 7.6.1''$ . кут  $\angle 7.6.1'' = \angle 7.6.1' + \Delta \varphi$ , сторона

$$7.1'' = \sqrt{(6.1'')^2 + (6.7.)^2 - 2(6.1'') \cdot (6.7.) \cos \angle 7.6.1''}.$$

$$\sin \angle 6.1''.7. = \frac{6.7. \sin \angle 7.6.1''}{7.1''}.$$

У  $\Delta 7.1''.9''$ . відомі всі сторони, знайдемо кут

$$\cos \angle 7.1''.9'' = \frac{(7.9'')^2 - (7.1'')^2 - (9''.1'')^2}{-2 \cdot (7.1'') \cdot (9''.1'')}. \quad (2.28)$$

У  $\Delta K'.6.1''$ . кут  $\angle 6.1''.K' = \angle 6.1''.7. + \angle 7.1''.9'' + \angle 2'.K'.K.$ ,

$$\sin \angle K'.6.1'' = \frac{K'.1'' \cdot \sin \angle 6.1''.K'}{6.K'}. \quad (2.29)$$

$$\text{сторона } 6.K' = \sqrt{(6.1.)^2 + (K.1.)^2 - 2(6.1.) \cdot (K'.1'') \cos \angle 6.1''.K'}. \quad (2.30)$$

Визначимо кут між копіром і горизонтом при першому положенні копіру.

$$\angle 1''.6.11'' = \angle 1.6.11' - \Delta \varphi;$$

$$\angle K'.8''.1'' = \angle 1''.11''.6. = \angle 7.1''.9'' + \angle 6.1''.7. - \angle 1''.6.11'';$$

$$\angle 1''.2''.K' = \angle 1'.2'.K.;$$

$$\angle 2''.K'.8'' = \angle 1''.2''.K' - \angle K'.8''.1''. \quad (2.31)$$

В  $\Delta K'.6.5''$ .  $6.5'' = 6.K' \cdot \cos(\angle K'.6.1'' + \angle 1'.6.11' - \Delta \varphi)$

$$K.5'' = 6.K' \cdot \sin(\angle K'.6.1'' + \angle 1'.6.11' - \Delta \varphi). \quad (2.32)$$

При переміщенні чотириполусної підвіски вгору відбувається підйом робочого органа. Ніж в точці  $18$ . при підйомі зміститься в точку  $18''$ . і

зменшить зазор «а». Визначимо на скільки ніж зміститься вгору й уліво при піднятті підвіски на кут  $\Delta\varphi$ .

Розглянемо  $\Delta 12.6.12'$ . в якому кут  $\angle 12.6.12' = \Delta\varphi_0$  і сторона  $12.6. = 12'.6.$  - довжина верхньої тяги, кут  $\angle 12.6.12' = (180^\circ - \angle 12.6.12') : 2$ , сторона  $12.12' = \frac{6.12'.\sin \angle 12.6.12'}{\sin \angle 6.12.12'}$ .

У паралелограмі  $12.12'.13'''.13''$ . кути  $\angle 12'.12.13'' = 360^\circ - \angle 6.12.13'' - \angle 6.12.12'$ . (2.33)

$$\angle 13'''.13''.16. = \angle 12.13''.16. - (180^\circ - \angle 12'.12.13'') \quad (2.34)$$

У  $\Delta 13'''.13'''.16.$  відомі сторони  $13'''.13''', 13''.16.$  й кут  $\angle 13'''.13''.16.$ .

Визначаємо сторону

$$13'''.16. = \sqrt{(13'''.13''')^2 + (13''.16.)^2 - 2(13'''.13''') \cdot (13''.16.) \cos \angle 13'''.13''.16.}$$
 й

кут

$$\sin \angle 13.16.13. = \frac{13'''.13'''.\sin \angle 13'''.13''.16.}{13''.16.}$$

У  $\Delta 14''.14'''.16.$  відомі сторони  $14''.16.$  й кути  $\angle 14'''.16.14''.$ ,  $\angle 14'''.14''.16.$ .

$$\text{Визначаємо сторону } 14'''.14'' = \frac{14''.16.\sin \angle 14'''.16.14''}{\sin \angle 14'''.14''.16.} \quad 14'''.14'' = 18.18''.$$

, тобто відповідає підйому ножа.

У  $\Delta 19.18''.18.$  відомі сторона і два кути причому один з них прямий, визначимо сторони  $18''.19. = 18''.18.\cos \angle 19.18''.18.$  й  $18.19. = 18''.18.\sin \angle 19.18''.18.$  знаючи переміщення копіру точка  $K$  й ножа точка  $18.$  у горизонтальній і вертикальній площинах, визначимо відстань « $a_1$ » і « $v_1$ » при переміщенні чотириполюсної підвіски на кут  $\Delta\varphi$

$$a_1 = a - 5'.5'' - 18.19. \quad (2.35)$$

$$v_1 = v + (K.5' - K'.5'') \quad (2.36)$$

По алгоритму даної програми був зроблений розрахунок для значень  $l = (0.5 \div 3.0) \cdot 10^{-2}$  м та кутах між штангою підвіски й копіром  $\beta_0 = (50^\circ \div 85^\circ)$  при значенні кута між штангою підвіски та верхньою тягою чотириполюсного механізму рівному  $60^\circ$  і вихідним кутом нахилу копіру до горизонту  $\alpha_0 = 24^\circ$ . Результати розрахунків зведені в таблиці Б10÷Б17 додатка Б. За даними розрахунку були побудовані графічні залежності відстані між копіром і ножем у горизонтальній і вертикальній площині залежно від висоти підйому механізму при довжині верхньої тяги зменшеної на величину  $l$ . А також побудовані залежності зміни кута між копіром і горизонтом при підйомі чотириполюсного механізму з різною довжиною верхньої тяги. На рис. 3.6÷3.13 представлено залежності  $a_1 = f(h, l)$ ;  $v_1 = f(h, l)$ ;  $\alpha = f(h, l)$ .

Далі по даному алгоритмі були проведені дослідження для подовженої верхньої тяги чотириполюсного механізму на величину  $l = (0.5 \div 3.0) \cdot 10^{-2}$  м. при  $\angle 6.1.9. = 60^\circ$  і  $\beta_0 = 60^\circ$ ,  $\alpha_0 = 24^\circ$ . Результати розрахунків



зведені в таблиці Б18÷Б23. За даними розрахунку були побудовані графічні залежності величин  $a_1$ ,  $b_1$  і  $\alpha$  від  $l$  і  $h$ , які представлені на рис. 2.14.

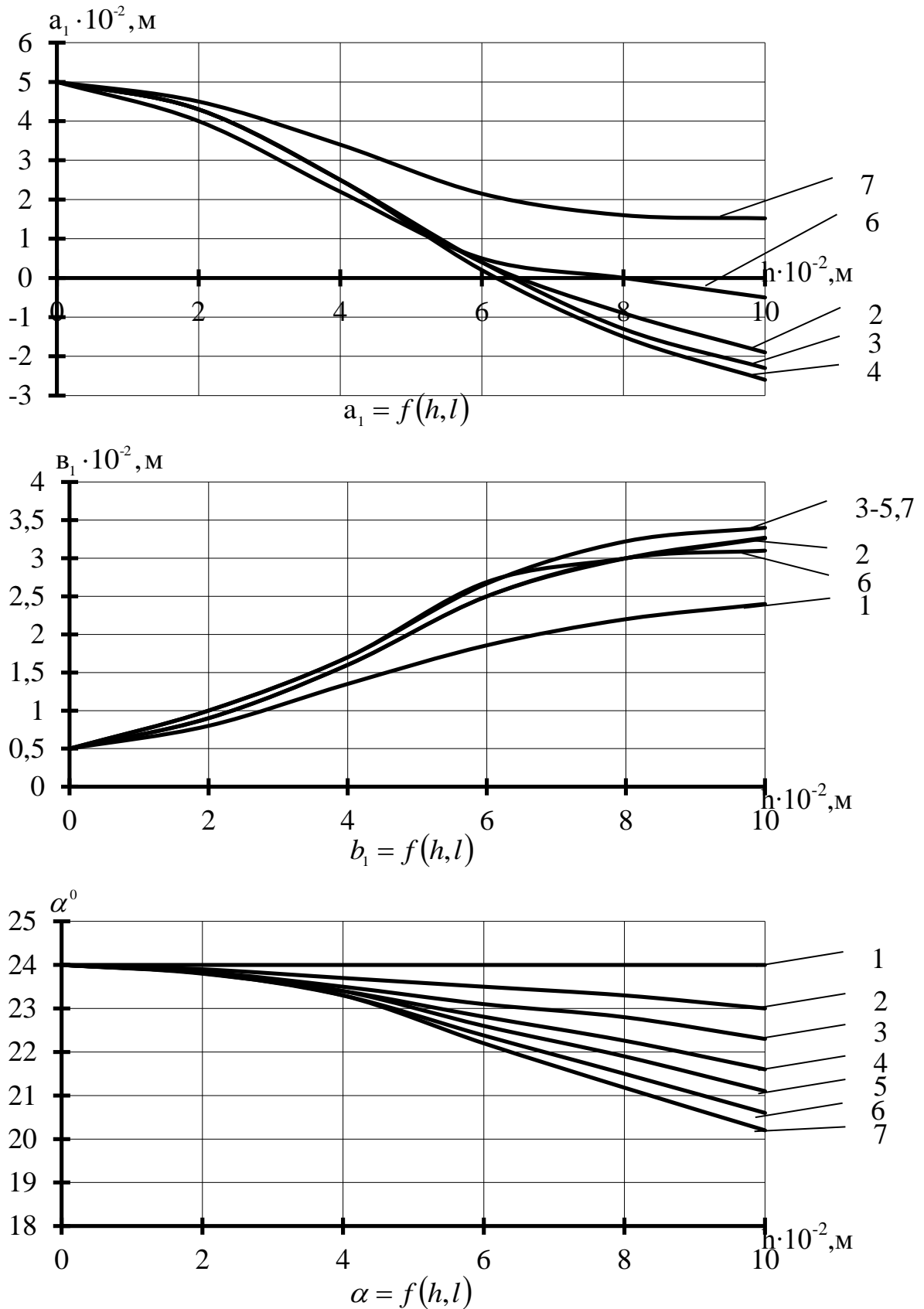


Рис. 2.6. Залежності  $a_1$  (горизонтальний зазор),  $b_1$  (вертикальний зазор),  $\alpha$  (кут атаки копіра) від висоти підйому механізму при  $\angle 1.2.3. = 50^{\circ}$ ,  $\angle 6.1.9. = 60^{\circ}$  зі зменшеною верхньою тягою

чотириполюсника: 1-  $l=0,0\text{м}$ ; 2-  $l=0,005\text{м}$ ; 3-  $l=0,01\text{м}$ ;  
4-  $l=0,015\text{м}$ ; 5-  $l=0,02\text{м}$ ; 6-  $l=0,025\text{м}$ ; 7-  $l=0,03\text{м}$

Крім цього був проведений розрахунок залежностей відстаней між копіром і ножем у горизонтальній і вертикальній площинах від висоти підйому й зменшення верхньої тяги чотириполюсного механізму на  $l=(0; 1.0; 2.5) \cdot 10^{-2}\text{м}$  при  $\beta_0=60^\circ$  і  $\angle 6.1.9.=60^\circ; 50^\circ; 40^\circ$  для  $\alpha_0=18^\circ$  і  $\alpha_0=30^\circ$ . Результати розрахунків зведені в таблиці Б24÷Б29. За результатами розрахунків були побудовані графічні залежності  $a_1 = f(h, l)$ ;  $b_1 = f(h, l)$ ;  $\alpha = f(h, l)$  представлені на рис. Б.1÷ рис.Б.6.

На основі розробленої методики теоретичного розрахунку визначення кінематики механізму копіювання гичкозбиральної машини були одержані залежності відстаней між копіром і ножем у вертикальній і горизонтальній площинах, а також залежність кута атаки копіра від висоти підйому механізму копіювання з паралелограмною підвіскою та підвіскою у якій одна тяга виконана з можливістю зміни її довжини.

Якщо пасивний ползковий копір встановлено на паралелограмній підвісці, то кут атаки ползкового копіра зі збільшенням висоти підйому механізму не змінюється і дорівнює  $24^\circ$ , зазор «а» між копіром і ножем у горизонтальній площині зменшується, а зазор «в» у вертикальній площині зростає.

Якщо пасивний ползковий копір встановлено на підвісці у якій одна тяга виконана з можливістю зміни її довжини, то:

1. Зазор «а» при переміщенні чотириполюсного механізму з укороченою верхньою тягою вверх зі збільшенням  $l$  зменшується. Причому при  $\beta_0 < 70^\circ$  цей зазор менше стандартної величини, а при  $\beta_0 > 70^\circ$  він перевищує початкове значення (5см).

При переміщенні чотириполюсного механізму з подовженою верхньою тягою вверх зазор «а» різко зменшується і при  $h=0,11\text{ м}$  зазор практично відсутній.

2. Зазор «b» при переміщенні чотириполюсного механізму з укороченою верхньою тягою вверх збільшується не значно й при збільшенні  $l$  майже не змінюється при будь-яких значеннях  $\beta_0$ .

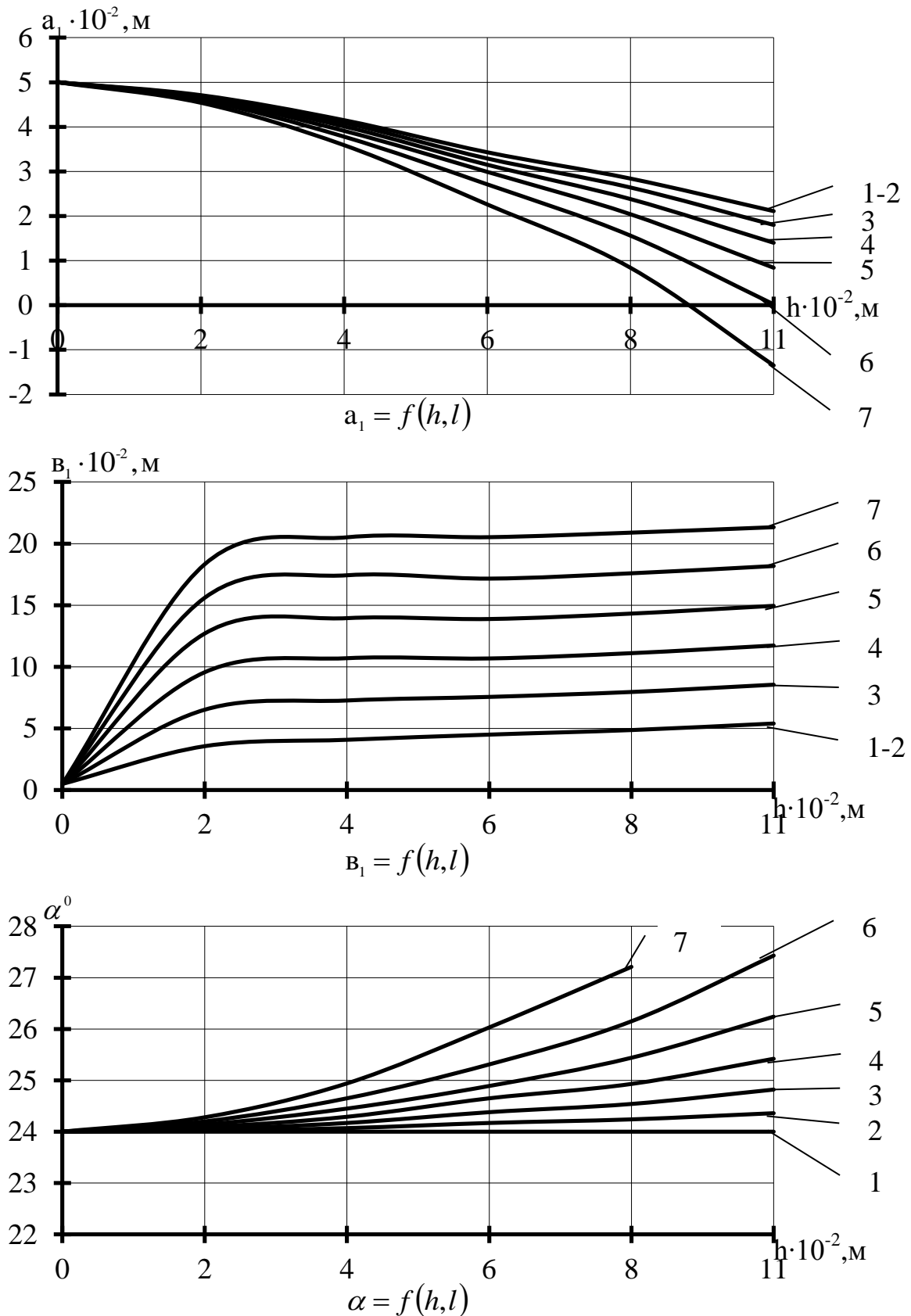


Рис. 2.7. Залежності  $a_1$  (горизонтальний зазор),  $v_1$  (вертикальний зазор),  $\alpha$  (кут атаки копіра) від висоти підйому механізму з верхньою подовженою тягою чотириполюсника:  
 1-  $l=0,0\text{м}$ ; 2-  $l=0,005\text{м}$ ; 3-  $l=0,01\text{м}$ ; 4-  $l=0,015\text{м}$ ;  
 5-  $l=0,02\text{м}$ ; 6-  $l=0,025\text{м}$ ; 7-  $l=0,03\text{м}$

При подовженні верхньої тяги механізму зазор « $b$ » на початку підйому різко збільшується, а також збільшується і при більших значеннях  $l$ .

3. Кут « $\alpha$ » зменшується приблизно на  $6^\circ$  при переміщенні вгору чотириполюсного механізму з укороченою верхньою тягою, причому зі збільшенням  $l$  зменшення кута йде більш активно. Зміна кутів  $\beta_0$  і  $\alpha_0$  на величину кута « $\alpha$ » не впливає.

При переміщенні чотириполюсного механізму з подовженою верхньою тягою в верх кут « $\alpha$ » збільшується.

## 2.2. Дослідження руху пасивного полозкового механізму копіювання

Кут атаки копіра залежить від ряду факторів. При закінченні зрізання низько розташованого коренеплоду, копір не повинен доторкатися до наступного високо розташованого коренеплоду. В іншому випадку, ніж, спричинить зколотий зріз. Тому бажано щоб в момент закінчення різання копір знаходився між коренеплодами. Найбільш сприятливим для зколів є випадок, коли копір знаходиться між низьким і високим коренеплодами. Ці міркування стверджують про те, що величину горизонтального зазору між копіром і ножем не слід особливо збільшувати. Його варто брати близько 0,05м, тоді кут атаки копіра знаходиться в межах від  $18^\circ$  до  $23^\circ$  і коренеплоди діаметром до 0,12м будуть мати плоский зріз (рис. 2.8).

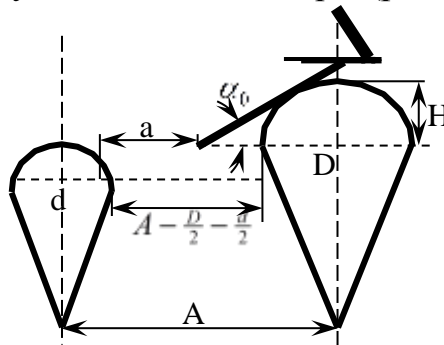


Рис. 2.8. Взаємне розташування копіра, ножа та коренеплодів:  $\alpha_0$  - кут нахилу копіру;  $A$  - відстань між коренеплодами;  $H$  - різниця висот коренеплодів;  $a$  - горизонтальний зазор між копіром і ножем

Позначивши відстань між коренеплодами через  $A$ , різницю висот коренеплодів – через  $H$ , кут нахилу копіру – через  $\alpha_0$ , діаметр коренеплодів – через  $d$  і  $D$ , горизонтальний зазор між копіром і ножем - через  $a$ , одержимо:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{H}{A - a - D/2 - d/2}, \quad (2.37)$$

Оптимальний кут нахилу копіру дорівнює  $24^\circ$  [97-100].

На коренеплід з боку копіру діють нормальна сила  $N_1$ , сила тертя  $fN_1$ , коефіцієнт тертя копіру об головку коренеплоду  $f$  (рис. 2.9).

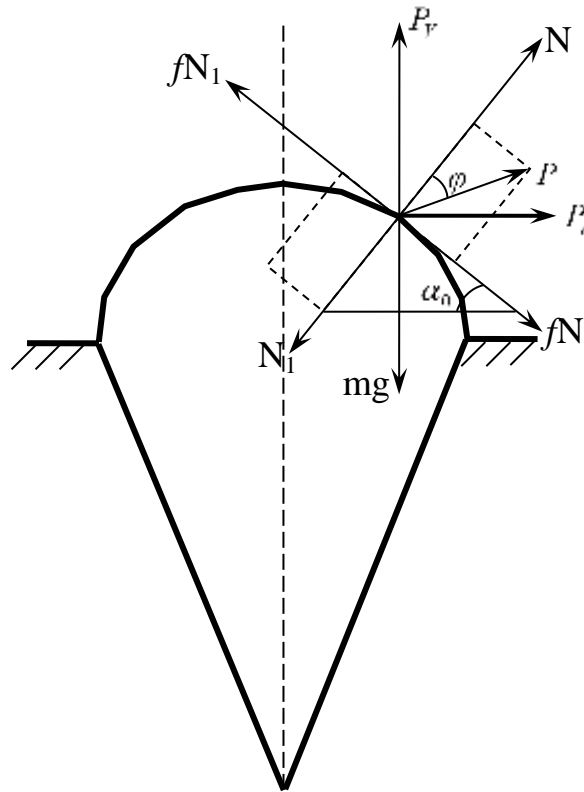


Рис. 2.9. Схема взаємодії пасивного копіру з коренеплодом:  
 $P$  - величина тиску на коренеплід;  $N_1$  - нормальна сила;  $fN_1$  - сила тертя

Сила  $P$  - це величина тиску на коренеплід. Щоб не травмувати головки коренеплодів, необхідно прагнути зменшити силу  $P$ . Розклавши силу  $P$  на складові, одержимо вертикальну  $P_v$  й горизонтальну  $P_r$  складові.

Горизонтальна складова сили  $P_r$  викликає збільшення тягового опору і намагається вивернути корінь із ґрунту. Для зменшення сил  $P$  і  $P_r$  необхідно прагнути зменшити коефіцієнт тертя  $f$  за рахунок ретельного виготовлення робочої поверхні копіра й зменшувати кут  $\alpha_0$  при підйомі копіра.

Копір починає підйом у момент коли результуюча, прикладених до копіра сил, врівноважиться реакцією коренеплоду. У цей момент

$$P_r = (G \cos \psi_k \pm P_{II} + F) \frac{\sin(\alpha_0 + \varphi)}{\cos(\alpha_0 + \varphi)}, \quad (2.38)$$

де  $P_r$  - горизонтальна складова сила, що діє на коренеплід з боку копіра, Н;

$G$  - вага рухомих частин апарата, Н;

$\pm P_{II}$  - сила що навантажує (+), або що розвантажує (-) пружину, Н;

$\psi_k$  - кут установки до горизонту верхньої тяги механізму копіювання;

$F$  - прикладена до копіра сила тертя в рухомих з'єднаннях апарата, Н;

$\varphi = \arctg f$  - кут тертя ползків копіра по головці коренеплоду;

$\alpha_0$  - кут між горизонталлю і дотичної до профілю копіра в точці контакту його з головкою коренеплоду.

Припустимо, що рама машини рухається поступально зі швидкістю  $V_M$ , копір не відривається від головки коренеплоду. У фазі підйому, головка коренеплоду має сферичну форму, коефіцієнт тертя  $f$  ползків копіра по головці коренеплоду зберігається постійним, деформація головки коренеплоду й зсув його щодо ґрунту у фазі зустрічі носять пластичний характер. Так як копір приєднаний до підвіски виконаної у вигляді чотириполюсника, то при підйомі копіра кут між копіром і горизонталлю буде зменшуватися. Причому з подовженням верхньої тяги чотириполюсника кут збільшується при підйомі копіра, а при зменшенні верхньої тяги чотириполюсника кут зменшується. Зміна кута атаки копіра від висоти підйому й довжини верхньої тяги чотириполюсника представленої графіками на рис. 3.6÷рис. 3.13 можна апроксимувати залежністю

$$\alpha = \alpha_0 - a l^{b_1} h \quad (2.39)$$

де  $\alpha$  - кут атаки копіра залежно від висоти підйому копіра, рад.;

$\alpha_0$  - кут атаки копіра у вихідному положенні, рад.;

$l$  - величина на яку зменшується довжина верхньої тяги чотириполюсника, м;

$b_1$  - показник степені 0,5, отримано по методу найменших квадратів;

$a_1$  - зрівняльний коефіцієнт, 4,42, отримано по методу найменших квадратів,  $(\sqrt{m^3})^{-1}$ ;

$h$  - висота підйому копіра, м.

Оцінка близькості функції  $\alpha$  до теоретичних кривих для  $l = 0,005 \div 0,03$  м здійснюється середньоквадратичним відхиленням  $S$ , значення яких зведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

$l, \text{м}$	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03
$S, \%$	0,72	0,63	0,59	0,61	0,68	0,66

Розклавши функцію (2.38) у степеневий ряд з урахуванням залежності (2.39), одержимо залежність горизонтальної складової сили  $P_r$  від висоти підйому копіра  $h$  й довжини на яку зменшується довжина верхньої тяги чотириполюсника  $l$ .

$$P_r(h, l) = \frac{(G \cos \psi_k + P_{II} + F) \left[ \sin \varphi + (\alpha_0 - a l^{b_1} h) \cos \varphi - \frac{(\alpha_0 - a l^{b_1} h)^2 \sin \varphi}{2!} - \frac{(\alpha_0 - a l^{b_1} h)^3 \cos \varphi}{3!} \right]}{\cos \varphi - (\alpha_0 - a l^{b_1} h) \sin \varphi - \frac{(\alpha_0 - a l^{b_1} h)^2 \cos \varphi}{2!} + \frac{(\alpha_0 - a l^{b_1} h)^3 \sin \varphi}{3!}} \quad (2.40)$$

Враховуючи, що коефіцієнт динамічної умови копіювання коренеплодів дорівнює [101,102,]

$$q = \frac{G \cos \psi_K + P_{II} + F}{MV_M^2}, \quad (2.41)$$

де  $M$  - наведена до копіру маса рухомих частин апарата, кг·с<sup>2</sup>/м;

$V_M$  - швидкість машини, м/с.,

залежність (3.40) прийме вид

$$P_r(h, l) = \frac{qMV_M^2 \left[ \sin \varphi + (\alpha_0 - al^{b_1}h) \cos \varphi - \frac{(\alpha_0 - al^{b_1}h)^2 \sin \varphi}{2!} - \frac{(\alpha_0 - al^{b_1}h)^3 \cos \varphi}{3!} \right]}{\cos \varphi - (\alpha_0 - al^{b_1}h) \sin \varphi - \frac{(\alpha_0 - al^{b_1}h)^2 \cos \varphi}{2!} + \frac{(\alpha_0 - al^{b_1}h)^3 \sin \varphi}{3!}}. \quad (2.42)$$

Використовуючи наступні параметри для гичкозбирального апарата бурякокомбайна БМ-6Б [103,104]:  $q = (8 \div 15) \text{м}^{-1}$ ;  $M = (1,0 \div 1,65) \text{кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}$ ;  $V_M = (0,5 \div 2,0) \text{м/с}$ ;  $\alpha_0 = 24^\circ$ , по залежності (2.42) були обчислені значення горизонтальної складової сили  $P_r$  й зведені в табл. 2.4.

Використовуючи залежності кута атаки копіра від висоти підйому механізму копіювання з підвіскою у якій одна тяга виконана з можливістю зміни її довжини була одержана формалізована залежність кута атаки копіра від висоти підйому механізму копіювання і довжини тяги підвіски.

Залежність кута атаки копіра, увійшовши у функцію горизонтальної складової сили дала можливість одержати теоретичний розрахунок визначення навантаження на копіру від висоти підйому копіра і довжини верхньої тяги підвіски. Результати представлені в табл. 2.4. На основі аналізу табл. 3.4 зроблено висновок, що не змінюючи довжину тяги підвіски при підйомі копіру горизонтальна складова сили, яка діє на коренеплід не змінюється і складає 367,8Н. При зменшенні довжини тяги підвіски на 3,0см, дана горизонтальна складова сили при підйомі копіра на 12см зменшиться на 67,8Н. Тобто регулюючи довжину верхньої тяги підвіски можна регулювати силою яка діє на коренеплід зі сторони копіра.

Таблиця 2.4

**Значення горизонтальної складової сили  $P_r$  при різних  $h$  і  $l$**

$l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	0					
$h \cdot 10^{-2}, \text{м}$	2	4	6	8	10	12
$P_r, \text{Н}$	367,8	367,8	367,8	367,8	367,8	367,8
$l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	1,0					
$h \cdot 10^{-2}, \text{м}$	2	4	6	8	10	12
$P_r, \text{Н}$	361,3	354,8	348,6	340,7	336,18	330,28
$l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	2,0					
$h \cdot 10^{-2}, \text{м}$	2	4	6	8	10	12
$P_r, \text{Н}$	358,7	351,4	340,93	332,2	323,4	315,58
$l \cdot 10^{-2}, \text{м}$	3,0					
$h \cdot 10^{-2}, \text{м}$	2	4	6	8	10	12
$P_r, \text{Н}$	356,59	345,2	334,1	323,2	314,5	300,1

### 2.3 Аналіз впливу параметрів механізму копіювання коренеплодів на ефективність його роботи

З переміщенням гичкозбиральної машини пасивний копір піднімає активний дисковий ніж гичкозрізувального апарата на необхідну висоту для зрізання гички. Якщо верхні і нижні тяги чотириполюсної підвіски рівні, то кут атаки копіра до горизонту не змінюється при підйомі копіра. На рис. 3.3 це зображено залежністю  $\alpha = f(h)$  при  $l=0$  м. Вертикальний зазор між ножем і копіром з підйомом копіра на висоту від  $h=0$  м до  $h=12 \cdot 10^{-2}$  м збільшується від  $b_1=0,5 \cdot 10^{-2}$  м до  $b_1=3,4 \cdot 10^{-2}$  м. На рис. 3.3 це відображає залежність  $b_1 = f(h)$  при  $l=0$  м. Зміна вертикального зазору між ножем і копіром відбувається і при зміні кута між штангою паралелограмної підвіски й копіром. Причому зі збільшенням кута вертикальний зазор збільшується і знаходиться в діапазоні  $(2,6 \cdot 10^{-2} \text{ м} \div 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м})$  при висоті підйому копіра на  $h=11 \cdot 10^{-2}$  м. На рис. 3.3 залежність  $a_1 = f(h)$  при  $l=0$  м показує як змінюється горизонтальний зазор між копіром і ножем. З підйомом копіра на висоту до  $h=12 \cdot 10^{-2}$  м, горизонтальний зазор змінюється більш активно при менших кутах між штангою паралелограмної підвіски й копіром.

Від величини зазору «а» і «в» залежить якість обрізки коренеплодів. При малому вертикальному зазорі «в» коренеплоди, що розміщені високо обрізуються нормально, а коренеплоди розміщені низько обрізуються високо. При малому горизонтальному зазорі «а» коренеплоди обрізуються з косим обрізом знизу догори. З великим зазором «а» зріз косий знизу догори. Наявність вибитих коренеплодів і зрізаних збоку дає нерегульований кут атаки копіра.

Удосконалення механізму копіювання головок коренеплодів полягає в застосуванні чотириполюсної підвіски з різними довжинами верхньої і нижньої тягових ланок. Зменшуючи довжину верхньої тяги чотириполюсної підвіски на  $l=(0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0) \cdot 10^{-2}$  м, можна одержати зміну кута атаки копіра зі зменшенням його на  $\Delta\alpha = 6^{\circ}$ .

Дана зміна кута атаки копіра при зміні кута  $\beta_0$  від  $50^{\circ}$  до  $85^{\circ}$  зображена на рис. 3.6÷рис. 3.13 залежністю  $\alpha = f(h, l)$ . Аналізуючи залежності, можна сказати, що зі зменшенням довжини верхньої тяги чотириполюсника на  $l=3,0 \cdot 10^{-2}$  м, кут атаки з підйомом її до  $h=12 \cdot 10^{-2}$  м зменшується до  $18^{\circ}$ , при початковому  $24^{\circ}$ . Вертикальний зазор між ножем і копіром, з підйомом копіра на висоту  $h=12 \cdot 10^{-2}$  м збільшується від  $b_1=0,5 \cdot 10^{-2}$  м до  $b_1=4,2 \cdot 10^{-2}$  м в діапазоні зміни кута  $\beta_0$  від  $50^{\circ}$  до  $85^{\circ}$  і практично не залежить від зміни довжини верхньої тяги чотириполюсника. Графічно це показано на рис. 3.6÷рис. 3.13 залежностями  $b_1 = f(h, l)$ .

Горизонтальний зазор між копіром і ножем залежить при підйомі копіра від довжини зменшення верхньої тяги чотириполюсника. Чим більше зменшується довжина верхньої тяги чотириполюсника і більший кут  $\beta_0$ , тим менше змінюється горизонтальний зазор від початкового при підйомі копіра.



Зменшення кута атаки копіра при копіюванні високо зростаючого коренеплоду дає можливість знизити тиск копіра на коренеплід і практично виключає вибивання цих коренеплодів із ґрунту.

За даними таблиці були побудовані графічні залежності горизонтальної складової сили  $P_T$  від висоти підйому копіра  $h$  при зменшенні довжини верхньої тяги чотириполюсника на довжину  $l$  (рис. 3.17) і залежність горизонтальної сили  $P_T$  від довжини  $l$  при різній висоті підйому копіра  $h$  (рис. 3.18).

Аналізуючи графічні залежності на рис. 3.17÷рис. 3.18 можна сказати, що при використанні підвіски копіра з регульованою верхньою тягою чотириполюсника, можна домогтися зменшення горизонтальної складової сили, що впливає на високо стоячий коренеплід. При підйомі копіра на висоту  $h=12\cdot 10^{-2}$ м й зменшену верхню тягу чотириполюсника копіра на  $l=3,0\cdot 10^{-2}$ м, горизонтальна складова сили зменшиться на 67,8Н.

На рис. 3.18 зображена залежність горизонтальної складової сили від величини верхньої тяги підвіски копіра при різній висоті підйому копіра, тобто висоті розташування коренеплоду над рівнем поля.

Аналізуючи залежності можна зробити висновки, що вдосконалюючи в такий спосіб гичкозбиральну машину можна знизити бічне зусилля при копіюванні високо зростаючих коренеплодів без зниження якості копіювання. На рис.3.17 і рис.3.18 зображені залежності горизонтальної складової сили від висоти підйому копіра при різних  $l$  (рис.2.10) і від значення  $l$  при різній висоті підйому (рис.2.11).

Як показали теоретичні дослідження на основі розробленої методики і одержаної моделі пропонується вплинути на зменшення кута атаки нахилу пасивного ползкового копіра до горизонту при копіюванні високо розташованих коренеплодів і цим самим понизити тиск пасивного ползкового копіра на коренеплід, шляхом регулювання довжини верхньої ланки паралелограмної підвіски.

Регулювання кута атаки копіра можна одержати в межах  $18^{\circ}$ - $30^{\circ}$  і за рахунок цього зменшити горизонтальну складову сили на 68Н, зменшуючи довжину верхньої ланки підвіски на 3см.

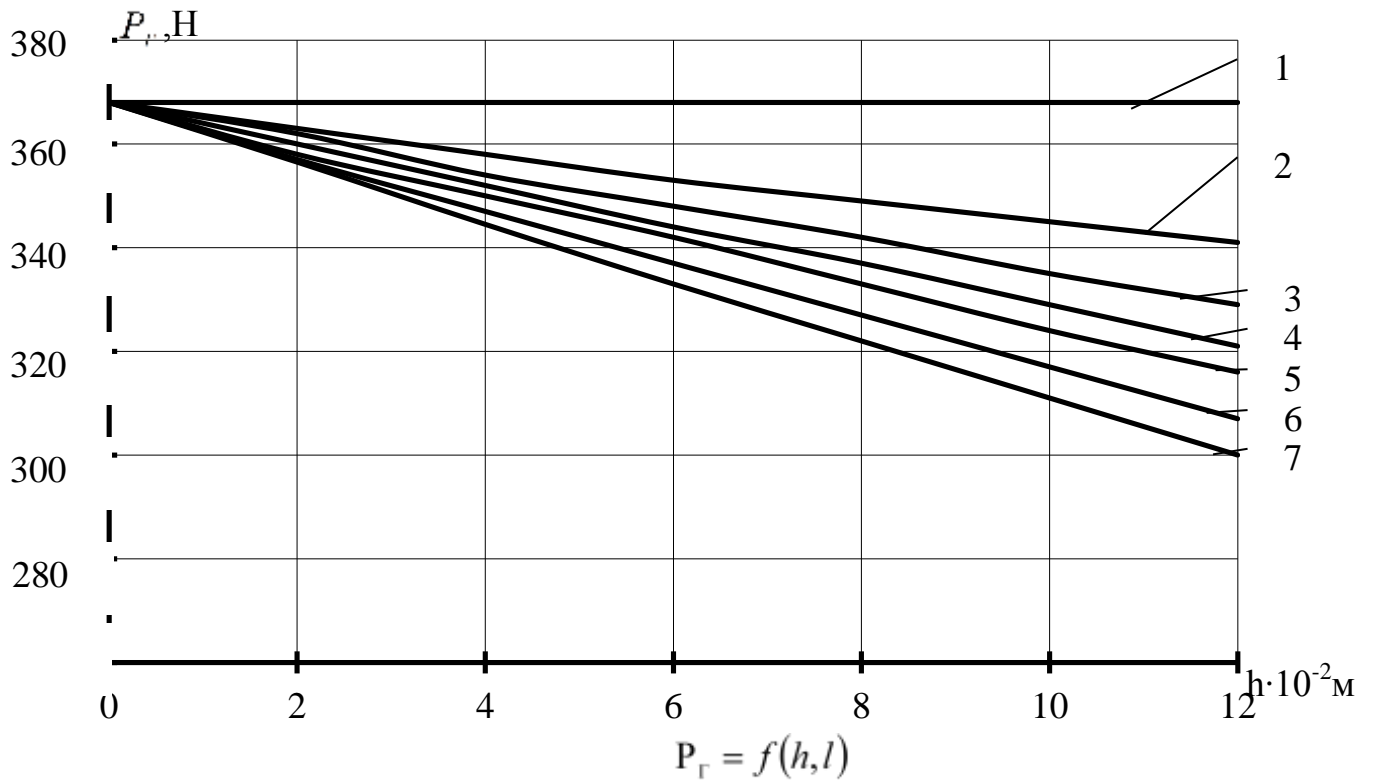


Рис.2.10. Залежність горизонтальної складової сили  $P_r$  від висоти підйому копіра  $h$ : 1- $l=0$ м; 2- $l=0,005$ м; 3- $l=0,01$ м; 4- $l=0,015$ м; 5- $l=0,02$ м; 6- $l=0,025$ м; 7- $l=0,03$ м.

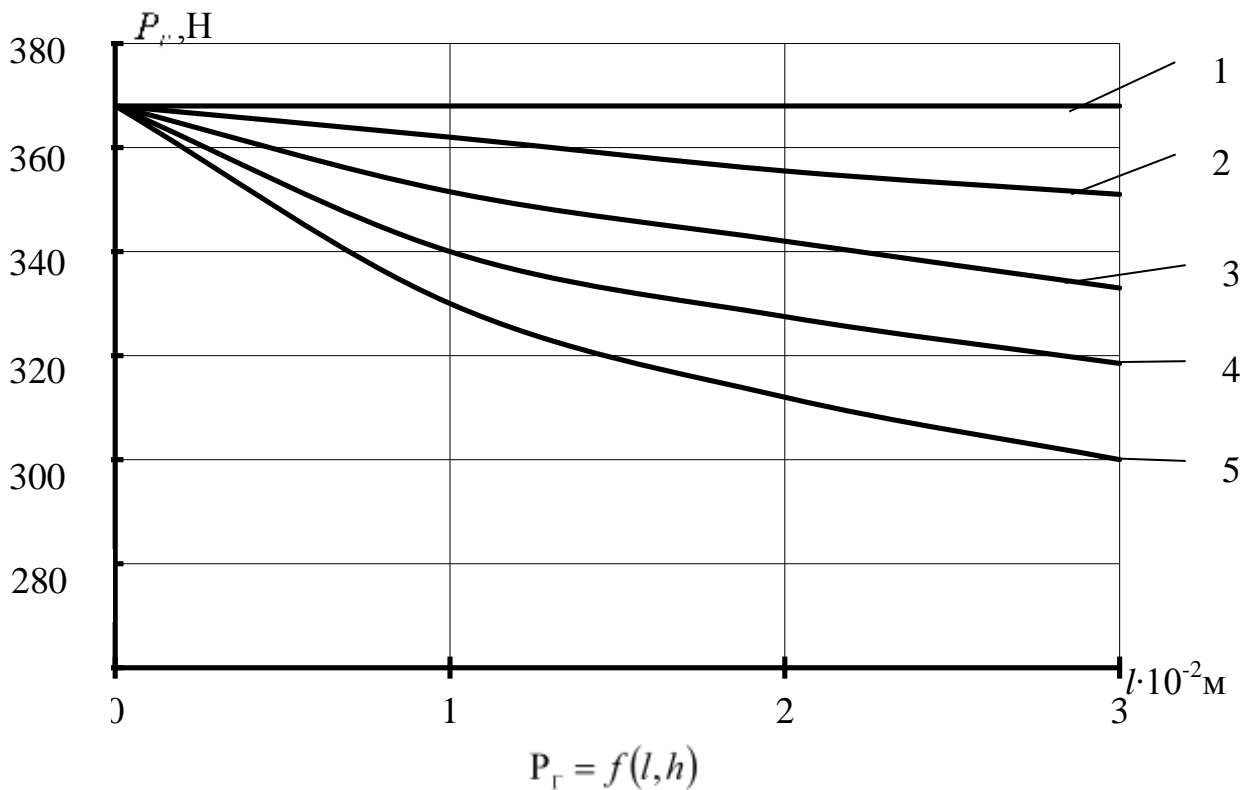


Рис. 2.11. Залежність горизонтальної складової сили  $P_r$  від довжини  $l$ : 1- $h=0$ м; 2- $h=0,03$ м; 3- $h=0,06$ м; 4- $h=0,09$ м; 5- $h=0,12$ м.

## Висновки

У результаті виконаних теоретичних досліджень розроблені і вирішені наступні основні питання і отримані висновки і рекомендації:

1. Установка кута атаки ползкового копіра до горизонту не повинна бути меншою ніж  $18^{\circ}$ , щоб копір не починав підйом на високо розташований коренеплід до моменту закінчення обрізки низько розташованого коренеплоду. При цьому даний кут не рекомендують збільшувати до значення  $30^{\circ}$  так як це може спричинити вибивання високо розташованих коренеплодів з ґрунту.

2. У механізмі копіювання головок коренеплодів у якому довжину верхньої ланки паралелограмної підвіски регулюється:

а). Зазор « $a$ » при переміщенні чотириполюсного механізму з укороченою верхньою тягою в верх збільшенням  $l$  зменшується. Причому при  $\beta_{\circ} < 70^{\circ}$  цей зазор менше стандартної величини, а при  $\beta_{\circ} > 70^{\circ}$  він перевищує початкове значення (5см).

При переміщенні чотириполюсного механізму з подовженою верхньою тягою в верх зазор « $a$ » різко зменшується і при  $h=0,11$  м зазор практично відсутній.

б). Зазор « $b$ » при переміщенні чотириполюсного механізму з укороченою верхньою тягою в верх збільшується не значно й при збільшенні  $l$  майже не змінюється при будь-яких значеннях  $\beta_{\circ}$ .

При подовженні верхньої тяги механізму зазор « $b$ » на початку підйому різко збільшується, а також збільшується і при більших значеннях  $l$ .

в). Кут « $\alpha$ » зменшується приблизно на  $6^{\circ}$  при переміщенні вгору чотириполюсного механізму з укороченою верхньою тягою, причому зі збільшенням  $l$  зменшення кута йде більш активно. Зміна кутів  $\beta_{\circ}$  і  $\alpha_{\circ}$  на величину кута « $\alpha$ » не впливає.

При переміщенні чотириполюсного механізму з подовженою верхньою тягою в верх кут « $\alpha$ » збільшується.

3. За рахунок регулювання верхньої ланки паралелограмної підвіски механізму копіювання головок коренеплодів можна отримати регулювання кута атаки копіра в межах  $18^{\circ} \div 30^{\circ}$  і за рахунок цього зменшити горизонтальну складову сили на 67,8Н.

### Список використаних джерел

1. Концепція Державної програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2010 року // Офіційний вісник України. – 2006. - №7. - С. 7-17.
2. Мартыненко В.Я. Перспективные конструкции свеклоуборочной техники // Сахарная свекла. – 1996. - №12. - С. 15-16.
3. Аванесов Ю.Б. Уборка сахарной свеклы в сложных условиях. Сахарная свекла. - 1983. - №8. - С. 10-15.
4. Аванесов Ю. Б., Кобыляков Л. М Свеклоуборочная техника на современном этапе. - «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1973, 8, с. 53-57.
5. Повалюхин М. И. Физические особенности и сохранность корнеплодов: //Сахарная свекла. – 1997. -№10. –С 10-12.
6. Никитин А. Ф. Залог успеха – в настройке и регулировке: //Сахарная свекла. – 1996. -№9. –С 5-8.
7. Аванесов Ю. Б. Свеклоуборочная техника в России: //Сахарная свекла. – 1996. -№8. –С 6-9.
8. Боков В.Е. Свекловоды получают новые машины: //Сахарная свекла. – 1996. - №11. –С 14-15.
9. Овсянников А.А. Двухфазная уборка лучше: //Сахарная свекла. – 1997. -№10. –С 4-6.
10. Нанаенко А. К. Какая техника нужна свекловодам?: //Сахарная свекла. – 1996. -№9. –С 2-4.
11. Зуев М. М. Застосування технічних засобів на збиранні цукрових буряків: //Цукрові буряки. – 2000. №4. – с. 8-10.
12. Аванесов Ю.Б. Современные методы и средства механизации уборки сахарной свеклы. - М. ВНИИТЭИ Агропром, 1987. -180 с.
13. Погребняк С. П., Ермантраут Е. Р. Наш вибір вітчизняна технологія: //Цукрові біряки – 2000. - №1. – С. 13-15.
14. Зуев М. М. Шляхи зменшення втрат урожаю при збиранні: //Цукрові біряки – 1999. - №5. – С. 13-14.
15. Kesten E. Entwicklungstendenzen in der Zuckerrubenernte. - Landtechnik, 1983, 28, N 13, с 353-356.
16. Gyori B. Hatekonysad es termelekenysed a cukorrepatermesz - tesben. - Magyar mezogard, 1983, 28, N 21, с. 8-9.
17. L'arracheuse automotrice a'translation hydrostatique. - Promofluid, 1974, 19.
18. Autumn demonstration: Official survey of harvester performance. - British Sugar beet Review, 1982, 40, N 6, с. 261-265.
19. Maughan G. L. Performance assessment of sugar beet machinery. - The Agricultural Engineer, 1983, 28, N1, с 26-29.
20. Zuckerruben - Vollernter, einreihig, zweireihig und selbstfahrend. - Landmaschinen Rundschau, 1972, 24, N8, с. 167-169.
21. [www.amitytech.com/ru/responses.html](http://www.amitytech.com/ru/responses.html)
22. [www.agro.kr.ua/products/equipment/beet-harvester/1138301092](http://www.agro.kr.ua/products/equipment/beet-harvester/1138301092)

23. [apk-expo.ru/main/themes.php?expoid=88](http://apk-expo.ru/main/themes.php?expoid=88)
24. [www.agronews.ru/articleview.php?AId=1407](http://www.agronews.ru/articleview.php?AId=1407)
25. [www.agro.kr.ua/products/equipment/beet-harvester/ks-6b](http://www.agro.kr.ua/products/equipment/beet-harvester/ks-6b)
26. Micura J. Nove sposoby zberu a spracovania cukrovej repy. - Poda a Uroda, 1973, 21, N8, с. 290-292.
27. 2577.ukrindustrial.com
28. Производственное объединение «Гомсельмаш» предлагает: //Сахарная свекла. – 1996. - №8. – С. 10-12.
29. В.В. Дудка, В.А. Грозубинский Аппарат для обрезки корней сахарной свеклы. // «Тракторы и сельхоз машины», 1970. - №2 - С. 15-17.
30. В.В. Дудка. Машина ботвоуборочная самоходная БС-6 // Экспресс – информ. Серия «Сельскохозяйственные машины и орудия» М., 1982. - №13. - С. 5.
31. Аванесов Ю.Б. Самоходная ботвоуборочная машина: //Сахарная свекла. – 1986. -№9. –С 5-10.
32. Машины для свекловодства /А.Г. Цымбал, Н.В. Татьянако, В.С. Басин и др.: Под ред. А.Г. Цымбал и Ю.И. Ковтуна – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
33. Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Сипливец А.А. и др. Конструктивно-технологические предпосылки усовершенствованию ботвоуборочных устройств. – Науковий Вісник Національного аграрного університету, 1998, №9. – С. 183 - 187.
34. Роїк М.В., Зуєв М.М. Агрофізичні властивості цукрових буряків і показники якості роботи бурякозбиральних машин. Київ: Поліграфконсалдінг 2003. – 64 с.
35. Ушаков А.Ф. Комплексная механизация уборки сахарной свеклы, Киев, 1960. – 72 с.
36. Франкман О.Н. Машина для обрезания головок корнеплодов на полях, Привилегия №15343, Кл. 45с, 19/01, 1906.
37. Sidersleben W, und Erhardt L., Messerfenerung an Rubenerntemaschinen, германский патент №362314, Кл.45с, 19/01, 1921
38. Василенко А.А., Работы по созданию свеклоуборочного комбайна с обрезкой ботвы на корню. Сборник «Достижение науки и передовой опыт по свекловодству», Сельхозгиз, М, 1961. – 80 с.
39. Методика изучения физико-механических свойств сельскохозяйственных растений. Отдел технической информации ВИСХОМа, М., 1960. - 60 с.
40. Бурмистрова М.Ф. и др. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений. - М., 1956. – 120 с.
41. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М., 1965. – 79 с.
42. Серета Л.П. Повышение эффективности процессов уборки сахарной свеклы путем модернизации ботвоуборочных машин. Авторе. дис. канд. тех. наук. - К., 1986. – 17 с.

43. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. - М., Физматгиз, 1964. – 64 с.
44. Бильский В.Г., Кононенко Н.П. Научные основы повышения производительности сельскохозяйственной техники. Киев, Урожай 1989. -237 с.
45. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. Москва, Наука, 1978. – 400 с.
46. Погорелый Л.В. Системный принцип прогнозирования типажа свеклоуборочных машин. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1975. - №9. - С. 6-11.
47. Хелемендик М.М. Підвищення механіко – технологічної ефективності трудомістких процесів у буряководстві. Автореферат дисертації д.т.н. Тернопіль: Тернопільський приладобудівельний інститут. 1996. – 38 с.
48. Изыскание схем и параметров рабочих органов машин для возделывания и уборки сахарной свеклы. ВНИИ с. х. Машиностроения 1981. - 87 с.
49. Василенко В.В. Свеклоуборочный комплекс машин БМ-6 и КС-6. 1974. – 160 с.
50. Хмеловский М.З., Томиленко Е.Г., Погорелый Л.В. Влияние новых свеклоуборочных машин на технологические качества сахарной свеклы. // Сах. Промышленность. - 1975. - №11 - С. 58-63.
51. В.Е. Быстрицкий, М.И. Якупов Электрогидравлический привод режущего ножа ботвоуборочной машины: //Сахарная свекла. -1990. - №8. - С. 13-16.
52. Топоровский С.А. Классификация режущих аппаратов свеклоуборочных машин. //Резервы повышения урожайности и качества сахарной свеклы/ Материалы научной конференции молодых ученых. МСХ СССР. ВНИС. – К.: 1980. – с.238-240.