

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА . ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБІТКУ КАРТОПЛІ З  
ВИКОРИСТАННЯМ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ МІЖРЯДНОГО  
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ІЗ РОЗРОБЛЕНОЮ РОЗПУШУВАЛЬНОЮ  
ЛАПОЮ»**

Виконав: студент 4 курсу групи Аін-41

спеціальності 208 „Агроінженерія”  
(шифр і назва)

Вищук Дмитро Анатолійович  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Олег КРУПИЧ  
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2023



УДК 631.374.88:635.21

Ващук Д.А. Підвищення ефективності обробітку картоплі з використанням культиватора для міжрядного обробітку ґрунту із розробленою розпушувальною лапою. Дипломний проєкт. Дубляни: кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича Львівського НУП, 2023.

52 с. текст. част., 9 рис., 2 табл., 25 джерел, 6 арк. графіч. част. формату А1.

Проведено аналіз технологій вирощування картоплі. Запропонована гребенева технологія вирощування картоплі з нарізанням гребенів восени для кращого прогрівання ґрунту в гребенях весною, що дозволить підвищити врожайність на 2 центнери з гектара. Розглянута операція розпушення гребенів до і після появи сходів. Розраховані основні техніко-економічні показники даної операції та розроблена операційна карта.

Для підвищення якості обробітку основи гребеня розроблені додаткові робочі органи (лапи), що кріпляться до секції культиватора КОН-2,8ПМ. Запропоновані лапи забезпечують обробіток гребенів, що були нарізані восени, а також в період догляду за картоплею до появи сходів. Обґрунтовані основні параметри розроблених лап для розпушення гребенів.

Розглянуті питання охорони праці під час виконання операції обробітку гребенів та розроблені правила техніки безпеки під час роботи на запропонованому агрегаті, а також проведено аналіз охорони довкілля під час вирощування картоплі.

Виконано розрахунок економічної ефективності культиватора із розробленими лапами для обробітку гребенів, що були нарізані восени. Розрахунковий річний економічний ефект становить 321,7 тис.грн за умови обробітку площі 551,6 гектарів.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ .....	7
1.1. Особливості вирощування картоплі.....	7
1.2. Організація проведення операцій та передові методи виробництва картоплі .....	8
Висновок .....	11
2. РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЇ РОЗПУШУВАННЯ ГРЕБЕНІВ КАРТОПЛІ.....	12
2.1. Вихідні дані.....	12
2.2. Розрахунок тягових характеристик агрегату .....	12
2.3. Розрахунок параметрів роботи агрегату в полі.....	15
2.4. Експлуатаційні затрати під час роботи агрегату .....	18
Висновки .....	21
3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ.....	22
3.1. Існуючі конструкції машин та їх недоліки.....	22
3.2. Обґрунтування конструктивної розробки проекту.....	23
3.3. Будова та технологічний процес роботи запропонованого розпушувача гребенів .....	24
3.4. Розрахунок запропонованого робочого органу .....	25
3.4.1. Аналіз кінематики руху лапи, внаслідок зустрічі з перепорою .....	25
3.4.2. Розрахунок пружини компенсатора .....	33
3.4.3. Розрахунок осей кріплення втулок пружини .....	37
Висновки .....	39
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	40
4.1. Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій.....	40

4.2.	Розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій під час обробітку гребенів.....	40
4.3.	Техніка безпеки при роботі культиватора з розробленим пристосуванням .....	42
5.	ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ.....	43
5.1.	Охорона та раціональне використання ґрунтів.....	43
5.2.	Охорона та ефективне використання водних ресурсів .....	44
5.3.	Охорона атмосферного повітря .....	44
5.4.	Зберігання і використання паливо-мастильних матеріалів .....	45
5.5.	Шляхи покращення екологічного стану виробництва картоплі .....	45
6.	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КУЛЬТИВАТОРА КОН-2,8ПМ З РОЗРОБЛЕНИМИ ЛАПAMI .....	46
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	50
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	51

## ВСТУП

Перед сільським господарством поставлене завдання – забезпечити населення продуктами харчування, а переробну промисловість сировиною. Особливе місце в вирішенні даного завдання належить картоплярству.

Картопля – це один з найважливіших продуктів харчування. У ній міститься багато поживних речовин, потрібних для нормального розвитку організму людини. Разом з тим, вона має важливе промислове значення. З неї отримують крохмаль, глюкозу, спирт та інші цінні компоненти. Ця сільськогосподарська рослина також є цінним кормом для багатьох видів тварин [7, 14].

Одним з головних завдань сільськогосподарського виробництва є підвищення врожайності картоплі за рахунок впровадження інтенсивних технологій. Інтенсивна технологія – це єдиний комплекс типових методів обробітку ґрунту традиційними технологічними елементами з їх взаємозалежністю і чіткою послідовністю методів. Своєю метою вона ставить одержання найбільшої продуктивності культури. Для впровадження інтенсивної технології необхідно мати комплекс машин, який би давав змогу в необхідні агротехнічні терміни і якісно виконати всі технологічні операції процесу виробництва картоплі [7, 14].

На теперішній час, в західних регіонах України широкого використання набула гребенева технологія вирощування картоплі. Більш перспективною різновидністю даної технології є технологія, що передбачає нарізання гребенів восени після зяблевої оранки. Впровадження даної технології є проблематичне внаслідок відсутності ефективних засобів розпушування гребенів.

Метою дипломного проекту є запровадження в господарстві гребеневої технології, що передбачає нарізання гребенів восени, для обробітку яких ранньою весною та після посадки бульб необхідно розробити спеціальні робочі органи до культиватора для міжрядного обробітку ґрунту.

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

### 1.1. Особливості вирощування картоплі

Картопля це культура середньої смуги. На неї шкідливо діють висока температура та сухе повітря. Але при відповідній агротехніці її можна вирощувати в усіх кліматичних поясах [7]. Бадилля картоплі гине при температурі  $-1^{\circ}\text{C}$ , а бульба замерзає при  $-1\dots-2^{\circ}\text{C}$ . Мінімальна температура для проростання картоплі  $5\dots7^{\circ}\text{C}$ , але за таких умов вона проростає повільно, а бульби частково уражуються грибковими хворобами. Єдиним процесом, при якому за природних умов створюються органічні речовини є фотосинтез. Продуктивність фотосинтезу залежить від площі листової поверхні рослин. Для отримання високих врожаїв велике значення має наявність легкодоступних елементів живлення для картоплі, в перший період вегетації, для своєчасного створення розвинутої вегетативної маси. Урожайність картоплі також залежить від вологи. Для створення в бульбі 1 кг сухої речовини потрібно близько 400 літрів води. При недостатній кількості вологи в ґрунті ріст рослин затримується, вона повільно використовує поживні речовини, її врожайність різко зменшується. Найбільше вологи картопля потребує в період бутонізації та масового цвітіння, коли інтенсивно відбувається бульбоутворення. Для проростання бульб, а також нормального розвитку кореневої системи потрібно, щоб повітря надходило в орний шар ґрунту, це забезпечується глибокою оранкою. Серед агротехнічних вимог, які підвищують врожайність, є правильне розміщення в сівозміні. В правильній сівозміні картопля краще використовує поживні речовини, поле звільнюється від бур'янів, значно менше поширення грибних та бактеріальних хвороб картоплі. Прийнята сівозміна повинна відповідати конкретним особливостям кожного господарства та природно-економічним умовам, забезпечувати підвищення загальної культури землеробства. Сівозміна сприяє найпродуктивнішому використанню сільськогосподарської техніки та використанню комплексної механізації.

## **1.2. Організація проведення операцій та передові методи виробництва картоплі**

Найбільшого поширення в господарствах набула індустріальна технологія вирощування картоплі, що передбачає виконання всіх операцій механізованим способом, до яких відноситься: внесення добрив, основний та передпосівний обробіток ґрунту, підготовка насінневого матеріалу, садіння бульб, догляд за посівами та збирання урожаю [7].

Різноманітністю індустріальної технології є інтенсивна, яка також передбачає виконання операцій машинами, але у відповідності з інтенсивністю росту рослини, що залежить від багатьох умов. Саме від своєчасного і правильного виконання операцій, що вимагає культура і залежить отримання високих врожаїв.

Картопля дуже вимоглива до повітря, тому вимагає розпушеного ґрунту. Для цього в зонах надмірного перезволоження використовують гребеневу посадку, при якій покращується повітряний обмін і відповідно зростає врожайність. Відносно новим методом підготовки ґрунту є попереднє нарізання гребенів восени. Попереднє нарізання гребенів дозволяє раніше почати садіння картоплі, оскільки в гребенях ґрунт скоріше прогрівається і на глибині заробки бульб температура на 3...4°C вища, ніж на рівному полі. Посадка в попередньо нарізані гребені підвищує продуктивність праці за рахунок полегшення роботи картоплесаджалок груповим методом. Особливо важлива посадка в попередньо нарізані гребені на ґрунтах з невеликою потужністю гумусового шару, оскільки гребінь створюється не тільки за рахунок рядка, але і за рахунок ґрунту, що переміщується підгортачами з міжрядь. Таким чином, створення гребеня збільшує об'єм зони росту бульб, в результаті чого створюються більш благоприйнятні умови для розвитку і ґрунтового живлення рослин картоплі.



На основі аналізу існуючих технологій та передових методів вирощування картоплі запропонована інтенсивна технологія вирощування з попереднім нарізанням гребенів восени.

Інтенсивна технологія вирощування картоплі передбачає виконання наступних операцій: внесення добрив, основний та передпосівний обробіток ґрунту, підготовка насінневого матеріалу, садіння бульб, догляд за посівами і збирання врожаю.

Враховуючи, що попередником картоплі була озима пшениця, проводимо дворазове луцнення стерні луцильником ЛДГ-10 або ЛДГ-15. В проміжку між луцненнями вносимо мінеральні добрива з розрахунку 0,45 т/га. Мінеральні добрива вносимо прямоточним методом за допомогою розкидачів МВУ-5, що навантажуються навантажувачами ПЄ-0,8Б [6, 13].

Особливу цінність для підвищення врожайності картоплі мають органічні добрива, що покращують водно-повітряний режим ґрунту. Норма внесення органічних добрив, у нашому випадку гною, становить 50 т/га. Дану операцію також виконують прямоточним методом із використанням розкидача органічних добрив ПРТ-10 та навантажувача ПЄ-0,85.

Основна вимога при обробітку ґрунту під картоплю – утворення глибокого, добре розпушеного орного шару, для забезпечення необхідного водно-повітряного режиму, та рівномірного загортання бульб на встановлену глибину.

У західних областях ґрунт під картоплю, як правило, обробляють двічі. Основний обробіток, або зяблеву оранку, здійснюють відразу після збирання попередньої культури, передпосівний – рано навесні.

Осінній обробіток передбачає, за запропонованою технологією оранку на 25...30 см, плугами ПЛН-5-35, культивацію у два сліди, культиваторами КПС-4 і боронування, для нарізання гребенів, що виконується культиваторами КОН-2,8ПМ.

Весняний передпосівний обробіток, включає розпушування гребенів та внесення додаткової кількості мінеральних добрив (0,1 т/га). За допомогою розроблених робочих органів, що монтують на секціях культиватора КРН-2,8 або КОН-2,8ПМ [8, 19].

Садити картоплю починають, коли ґрунт прогрівається на глибині 10 см до 7...8°C тепла. При гребневому садінні картоплі глибина загортання бульб відносно поверхні ґрунту повинна бути 5...6 см, а за рахунок гребеня загальна глибина (від його вершини) – 15...16 см [7].

Для посадки в раніше зроблені гребені використовуються картоплесаджалки КСМГ-4. Норма садіння на гектар не менше 55 тис. штук, або в перерахунку на середню масу 3 т/га.

Картопля сходить на 3...4 тиждень після садіння. До появи сходів проводять дворазове розпушування ґрунту, розробленими робочими органами.

Після появи сходів необхідно здійснити обробіток їх гербіцидами, для цього використовується обприскувач ПОМ-630, для якого робочу суміш готують в машині АПЖ-12. За допомогою комбінованого культиватора КОН-2,8ПМ здійснюють розпушування і підгортання картоплі [4, 8].

До збирання площу неодноразово обприскують, в міру необхідності, отрутохімікатами, а також проводять розпушування міжрядь.

Збирання – один з найтрудомісткіших процесів у вирощуванні картоплі. В стислий період необхідно виконати великий обсяг робіт.

Залежно від наявності в господарстві збиральних машин, ґрунтово-кліматичних умов вирощування картоплі, її врожайності і призначення, застосовують три способи збирання: пряме комбайнування, копачами чи роздільний спосіб збирання, з використанням картоплезбирального комбайна.

Збирають картоплю у найкращі агротехнічні строки. Картоплиння зрізують біля поверхні ґрунту і подрібнюють на частини довжиною до 3,5 см. При цьому треба робити це так, щоб разом з рослинами не витягнути на поверхню бульби [14].

Робочі органи картоплекопачів та картоплезбиральних комбайнів не повинні пошкоджувати бульб (допускається не більше 5%). Домагаються, щоб комбайни збирали в жару 95% картоплі, а домішки ґрунту не перевищували 3%. При збиранні, коли картопля після комбайна доочищується на сортувальних пунктах, допускається 15% домішок ґрунту в бульбах, що надходять у бункер. Сепаруючі органи комбайнів не повинні просівати більше 5% дрібних бульб під машину. Після картоплекопачів бульбу вручну збирають і завантажують у транспортні засоби, які у свою чергу відвозять її на сортувальний пункт.

У наших регіонах використовують дворядкові, елеваторні і грохотні картоплекопачі марок КТН-2Б, КСТ-1,4, а також картоплезбиральні комбайни КСК-4-1, Е-665/2, Е-665/6. Після збирання картоплю сортують на картоплесортувальних пунктах КСП-15Б.

Запровадження запропонованої нами технології дозволить збільшити врожайність картоплі в господарстві до 150 ц/га.

### **Висновок**

Для підвищення валового виробництва необхідно збільшити врожайність картоплі через покращення якості міжрядного обробітку, особливо якісно виконати ранньовесняний обробіток гребенів до появи сходів. Для цього необхідно розробити додаткові робочі органи до культиватора КОН-2.8ПМ.

## 2. РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЇ РОЗПУШУВАННЯ ГРЕБЕНІВ КАРТОПЛІ

### 2.1. Вихідні дані

Для проведення розрахунків вибрали поле з параметрами: довжина гону – 400 м; ширина гону – 350 м; нахил місцевості –  $i$  – 2%;

Міжрядний обробіток виконуємо агрегатом до складу якого входить культиватор для міжрядного обробітку, наприклад КОН-2,8ПМ або КРН-2,8, що оснащений розробленими розпушувальними лапами. Культиватор агрегується трактором класу 1,4 КИЙ 14820.

Культиватор КРН-2,8 або КОН-2,8ПМ комплектуються робочими органами для розпушення міжряддя і гребенів, що були нарізані восени, а також для до сходового обробітку, коли картопля ще не проросла. Розрахунок будемо проводити для культиватора КОН-2,8ПМ.

### 2.2. Розрахунок тягових характеристик агрегату

Інтервал робочих швидкостей для роботи з даними культиваторами є 6...9 км/год [1, 16].

З тягової характеристики трактора КИЙ 14820 [25], даним швидкостям відповідає третя передача (5,7 км/год), четверта (7,0 км/год) та п'ята (9,2 км/год) [16].

Сумарний опір агрегату буде рівний:

$$R_{az} = R_m + G_m \cdot \frac{i}{100}, \quad (2.1)$$

де  $R_m$  – опір машини, кн.;  $G_m$  – вага машини, кн.;  $i$  – ухил місцевості, %.

Опір машини визначається за формулою:

$$R_m = k_0 \cdot \left(1 + (V_p - V_0) \cdot \frac{\Delta C}{100}\right) \cdot n_c \cdot B_c, \quad (2.2)$$

де  $k_0$  – питомий опір секції, при швидкості 1,4 м/с,  $k_0 = 0,9$  кН/м;

$V_p$  – робоча швидкість агрегату на вибраній передачі, м/с;

$V_0$  – значення швидкості руху, при якій визначено  $k_0$ , м/с;

$\Delta C$  – темп наростання тягового опору  $\Delta C = 3\%$ ;

$n_c$  – Кількість секцій в агрегаті,  $n_c = 4$ ;

$B_c$  – ширина захвату однієї з граблин.

Розрахуємо опір агрегату на різних передачах, що входять в інтервал робочих швидкостей.

На третій передачі:

$$R_{m3} = 2,5 \cdot (1 + (1,58 - 1,4) \cdot \frac{3}{100}) \cdot 4 \cdot 0,7 = 7,04 \text{ кН.}$$

На четвертій передачі:

$$R_{m4} = 2,5 \cdot (1 + (1,94 - 1,4) \cdot \frac{3}{100}) \cdot 4 \cdot 0,7 = 7,11 \text{ кН.}$$

На п'ятій передачі:

$$R_{m5} = 2,5 \cdot (1 + (2,56 - 1,4) \cdot \frac{3}{100}) \cdot 4 \cdot 0,7 = 7,24 \text{ кН.}$$

Тоді загальний опір агрегату на вибраних передачах:

$$R_{az3} = 7,04 + 12 \cdot \frac{3}{100} = 7,4 \text{ кН;}$$

$$R_{az4} = 7,11 + 12 \cdot \frac{3}{100} = 7,47 \text{ кН;}$$

$$R_{az5} = 7,24 + 12 \cdot \frac{3}{100} = 7,6 \text{ кН.}$$

Ширина агрегату з врахуванням того, що одночасно обробляється чотири рядки шириною міжрядь 0,7 м, буде рівний:

$$B_{az} = n_p \cdot B_p, \quad (2.3)$$

де  $n_p$  – кількість рядків, що одночасно обробляється,

$B_p$  – ширина міжряддя, м,

$$B_{az} = 4 \cdot 0,7 = 2,8 \text{ м.}$$

Виходячи з тягової характеристики трактора КИЙ 14820, бачимо, що сила тяги на всіх передачах є більша від опору агрегату, тобто виконується умова  $P_{крн} > R_{аг}$ , вибираємо передачу, виходячи з умови максимального використання сили тяги, тобто, щоб коефіцієнт використання становив 0,92, або був якомога ближче до вказаного значення.

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора визначається за формулою:

$$\xi_p = \frac{R_{аг}}{P_{крн} - G \cdot \frac{i}{100}}, \quad (2.4)$$

де  $G$  – вага трактора КИЙ14820, кН.

$$\xi_{p3} = \frac{7,4}{14,3 - 31,5 \cdot \frac{3}{100}} = 0,55;$$

$$\xi_{p4} = \frac{7,47}{14,7 - 31,5 \cdot \frac{3}{100}} = 0,54;$$

$$\xi_{p5} = \frac{7,6}{12,2 - 31,5 \cdot \frac{3}{100}} = 0,68.$$

Виходячи з даних розрахунків, для трактора КИЙ 14820 вибираємо п'яту передачу, для якої робоча швидкість  $V_p = 9,2$  км/год (2,56 м/с),  $P_{крн} = 12,2$  кН,  $N_{крмакс} = 31$  кВт, а витрати палива на заданій передачі  $G = 14,9$  кг/год. Використання тягового зусилля на вибраній передачі становить 68%.

Визначаємо коефіцієнт використання номінальної потужності двигуна:

$$\eta_{ед} = \frac{N_{кр}}{N_{ен}}, \quad (2.5)$$

де  $N_{кр}$  – гакова потужність трактора, кВт:

Гакова потужність трактора визначається як:

$$N_{kp} = \frac{R_a \cdot V_P}{3,6} = \frac{7,6 \cdot 9,2}{3,6} = 19,4 \text{ кВт}$$

Тоді

$$\eta_{e0} = \frac{19,4}{58,9} = 0,33.$$

Потужність двигуна використовується на 33%.

### 2.3. Розрахунок параметрів роботи агрегату в полі

Визначимо показники роботи агрегату в полі і підготовки його до роботи, кінематичні параметри агрегату та показники використання робочих і холостих ходів.

Радіус повороту агрегату:

$$R = R_0 \cdot k_R, \quad (2.6)$$

де  $R_0$  – радіус повороту при швидкості руху агрегату 5 км/год, м [1, 16];

$k_R$  – коефіцієнт пропорційності, що враховує швидкість під час повороту.

$$R = 0,9 \cdot 2,8 \cdot 1,06 = 2,67 \text{ м.}$$

Кінематична довжина агрегату:

$$l_k = l_{mp} + l_m, \quad (2.7)$$

де  $l_{mp}$  – кінематична довжина трактора, м;

$l_m$  – кінематична довжина картоплесаджалки КРН-2,8, м,

$$l_k = 1,2 + 2,5 = 3,7 \text{ м.}$$

Кінематична ширина агрегату:

$$d_k = \frac{B_{az}}{2} = \frac{2,8}{2} = 1,4 \text{ м.} \quad (2.8)$$

Довжина виїзду агрегату:

$$l = 0,2 \cdot l_k = 0,2 \cdot 3,7 = 0,74 \text{ м} = 0,1 \text{ м}. \quad (2.9)$$

Приймаємо, що агрегат по полю буде рухатись човниковим способом, а тип повороту – петлевий грушоподібний.

Тоді мінімальна ширина поворотної смуги буде:

$$E_{min} = 2,8 \cdot R + l + d_k = 2,8 \cdot 2,67 + 0,74 + 1,4 = 9,62 \text{ м}. \quad (2.10)$$

Фактична ширина поворотної смуги:

$$E = Z \cdot B_k,$$

де  $Z$  – найменше з можливих цілих чисел,

$$E = 4 \cdot 2,8 = 11,2 \text{ м}.$$

Довжина робочого ходу:

$$L_p = L - 2 \cdot E, \quad (2.11)$$

де  $L$  – довжина загінки, м,

$$L_p = 400 - 2 \cdot 11,2 = 377,6 \text{ м}.$$

Довжина холостого повороту:

$$l = 8R + 2l = 8 \cdot 2,67 + 2 \cdot 0,74 = 22,84 \text{ м}.$$

Кількість робочих ходів  $n_p$  і холостих  $n_x$  на полі буде рівна:

$$n_p = \frac{C}{B_{ag}}, \quad n_x = \frac{C}{B_{ag}} - 1,$$

де  $C$  – ширина поля, м.

$$n_p = \frac{350}{2,8} = 125, \quad n_x = \frac{350}{2,8} - 1 = 124.$$

Приймаємо  $n_p = 125$ ,  $n_x = 124$ .

Коефіцієнт робочих ходів визначаємо за формулою:

$$\varphi = \frac{L_p \cdot n_p}{L_p \cdot n_p + L_x \cdot n_x}, \quad (2.12)$$

$$\varphi = \frac{377,6 \cdot 125}{377,6 \cdot 125 + 22,84 \cdot 124} = 0,94.$$



Визначимо тривалість циклу роботи агрегату на загоні:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{рц}} + t_{\text{хц}} = \frac{2L_p}{V_p \cdot 60} + \frac{2l_x}{V_x \cdot 60}, \quad (2.13)$$

де  $t_{\text{рц}}$ ,  $t_{\text{хц}}$  – відповідно затрати часу за цикл на робочий хід та повороти, хв;

$V_x$  – швидкість руху агрегату на поворотах, м/с;

$V_p$  – робоча швидкість руху агрегату, м/с;

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 377,6}{2,56 \cdot 60} + \frac{2 \cdot 22,84}{1,22 \cdot 60} = 5,55 \text{ хв.}$$

Кількість циклів роботи агрегату за зміну округлюється до більшого числа:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{нз}} - T_{\text{відп}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.14)$$

де  $T_{\text{зм}}$  – тривалість часу зміни, хв;

$T_{\text{нз}}$  – підготовчо-заклучний час, хв;

$T_{\text{відп}}$  – час регламентованих внутрізмінних перерв на відпочинок,  $T_{\text{відп}} = 30$  хв.

$$T_{\text{нз}} = T_{\text{ето}} + T_{\text{пн}} + T_{\text{пнк}} + T_{\text{пн}}, \quad (2.15)$$

де  $T_{\text{ето}}$  – час на технічне обслуговування трактора і с.-г. машини,  $T_{\text{ето}} = 29$  хв;

$T_{\text{пн}}$  – час на підготовку агрегату до переїзду,  $T_{\text{пн}} = 3$  хв;

$T_{\text{пнк}}$  – час на переїзди на початку і в кінці зміни,  $T_{\text{пнк}} = 30$  хв;

$T_{\text{пн}}$  – час на отримання наряду і здача роботи,  $T_{\text{пн}} = 5$  хв.

Тоді

$$T_{\text{нз}} = 29 + 5 + 30 + 5 = 69 \text{ хв}; \quad n_{\text{ц}} = \frac{420 - 69 - 30}{5,55} = 57,84 \text{ циклів.}$$

Приймаємо  $n_{\text{ц}} = 58$ .

Чистий робочий час за зміну:

$$T_p = t_{\text{рц}} \cdot n_{\text{ц}} = 5,55 \cdot 58 = 321,9. \quad (2.16)$$

Дійсний час зміни:

$$T_p = t_{\text{рц}} \cdot n_{\text{ц}} + T_{\text{нз}} + T_{\text{відп}}, \quad (2.17)$$

$$T_p = 58 \cdot 5,55 + 69 + 30 = 420,9 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_\delta}, \quad (2.18)$$

$$\tau = \frac{321,9}{420,9} = 0,76.$$

Продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{з.м} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (2.19)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату,  $B_p = 2,8$  м;

$$W_{з.м} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 9,2 \cdot 5,365 = 13,82 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину чистого часу:

$$W_{зод.ч} = \frac{W_{з.м}}{T_p}, \quad (2.20)$$

$$W_{зод.ч} = \frac{13,82}{5,365} = 2,57 \text{ га/год.}$$

Продуктивність агрегату за годину змінного часу:

$$W_{зодз} = \frac{W_{з.м}}{T_{з.м}} = \frac{13,82}{7} = 1,97 \text{ га/год.} \quad (2.21)$$

Продуктивність агрегату за годину чистого часу буде становити 2,57 гектарів, а змінного – 1,97 га.

#### 2.4. Експлуатаційні затрати під час роботи агрегату

Погектарна витрата палива [9, 16]:

$$Q = \frac{G_{mp} \cdot T_p + G_{mx} \cdot T_x + G_{mo} \cdot T_o}{W_{з.м}}, \quad (2.22)$$

де  $G_{mp}$ ,  $G_{mx}$ ,  $G_{mo}$  – середня годинна витрата палива, кг/га, відповідно при робочому ході, при холостому русі і при зупинках трактора з працюючим двигуном;

$T_x$  – загальний час на повороти і переїзди, год.

$$T_x = t_{xц} \cdot n_{ц} + T_{пнкз} = 0,63 \cdot 124 + 30 = 108,12 \text{ хв} = 1,8 \text{ год};$$

$T_0$  – час на зупинку з працюючим двигуном за зміну, год.

$$T_0 = T_{відп} + 0,5T_{ето} + T_{тн} + T_{пн}, \quad (2.23)$$

$$T_0 = 30 + 0,5 \cdot 29 + 5 + 5 = 54,5 \text{ хв} = 0,91 \text{ год.}$$

Тоді

$$Q = \frac{8,37 \cdot 14,9 + 6 \cdot 1,8 + 1,4 \cdot 0,91}{13,82} = 6,67 \text{ кг/га.}$$

Затрати праці на одиницю виконаної роботи:

$$H = \frac{m \cdot T_{змд}}{W_{зм}}, \quad (2.24)$$

де  $m$  – загальна кількість робітників, що обслуговують агрегат,

$$H = \frac{1 \cdot 7,01}{13,82} = 0,51 \text{ люд.год/га.}$$

Питомі затрати на амортизацію трактора:

$$S_{ам} = \frac{(a_{рм} + a_{кр} + a_{тто}) B_m}{100 T_{рз} \cdot W_{год}}, \quad (2.25)$$

де  $a_{рм}$ ,  $a_{кр}$ ,  $a_{тто}$  – норми річних відрахувань відповідно на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування і поточний ремонт, %;

$B_m$  – балансова вартість трактора, грн.;

$T_{рз}$  – річне завантаження трактора, год;

$W_{год}$  – годинна продуктивність агрегату, га/год.

$$S_{ам} = \frac{(12,5 + 4,0 + 22) \cdot 900000}{100 \cdot 1200 \cdot 1,97} = 146,57 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на амортизацію комбінованого агрегату:

$$S_{ам} = \frac{(a_{рм} + a_{том}) \cdot B_m}{100 \cdot T_{рм} \cdot W_{год.зм}}, \quad (2.26)$$

де  $a_{рм}$ ,  $a_{том}$  – норми річних відрахувань відповідно на реновацію, технічне обслуговування і поточний ремонт машини, %;

$B_m$  – балансова вартість машини, грн.;

$T_{рм}$  – річне завантаження машини, год.

$$S_{ам} = \frac{(14,2 + 16) \cdot 160000}{100 \cdot 280 \cdot 1,97} = 87,6 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$S_{нм} = Q \cdot Ц_{нм}, \quad (2.27)$$

де  $Q$  – погектарна витрата палива на даній роботі, кг/га;

$Ц_{нм}$  – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

$$S_{нм} = 6,67 \cdot 55 = 366,85 \text{ грн/га.}$$

Питомі затрати на основну зарплату:

$$S_{зн} = \frac{k \cdot (m_{мп} \cdot f_1 + m_{д} \cdot f_2)}{W_{год}}, \quad (2.28)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує доплати;

$m_{мп}$ ,  $m_{д}$  – відповідно кількість трактористів і допоміжного персоналу, що обслуговують агрегат;

$f_1$ ,  $f_2$  – тарифні ставки тракториста і допоміжного персоналу;

$$S_{зн} = \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 160}{1,97} = 89,34 \text{ грн./га.}$$

Сумарні прямі затрати на одиницю виконаної роботи:

$$S_0 = S_{ам} + S_{ам} + S_{нм} + S_{зн}, \quad (2.29)$$

$$S_0 = 146,57 + 87,6 + 366,85 + 89,34 = 690,36 \text{ грн/га.}$$

Приведені затрати на роботу агрегату:

$$S_{np} = S_o + \frac{E_n}{W_{год}} \cdot \left( \frac{B_m}{T_{pm}} + \frac{B_m}{T_{pm}} \right), \quad (2.30)$$

де  $E_k$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень,  $E_k = 0,15$ .

$$S_{np} = 690,36 + \frac{0,15}{1,97} \cdot \left( \frac{900000}{1200} + \frac{160000}{280} \right) = 790,98 \text{ грн./га.}$$

Приведені затрати на роботу агрегату становлять 790,98 грн/га.

На основі отриманих даних зроблена операційна карта на виконання операції розпушування гребенів, що наведена на аркуші графічної частини дипломного проєкту.

### Висновки

1. Для виробництва картоплі запропонована технологія, що передбачає висаджування бульби в гребені, які попередньо нарізаються восени, що дозволить підвищити врожайність до 200 ц/га.

2. Для весняного обробітку ґрунту в гребенях необхідно удосконалити секцію культиватора КОН-2,8ПМ, тобто розробити робочі органи, що розпушували б ґрунт без руйнування гребенів.

3. Були розраховані основні техніко-економічні показники операції розпушування гребенів та міжрядь агрегатом КИЙ 14820 + КОН-2,8ПМ, що становлять: продуктивність агрегату за зміну – 13,82 га/зм; витрата палива – 6,67 кг/год; затрати праці – 0,51 люд. год/га; прямі експлуатаційні затрати – 690,36 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 790,98 грн/га.

### 3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ

#### 3.1. Існуючі конструкції машин та їх недоліки

У попередньому розділі ми вказали, що більш прогресивнішою технологією вирощування картоплі є гребенева технологія з нарізанням гребенів не весною, а восени. Така різновидність гребеневої технології дає можливість підвищити врожайність картоплі за рахунок швидкого проростання картоплі в гребені.

Основною операцією в даному випадку є підготовка раніш нарізаного гребеня до посадки. Для виконання даної операції можна використовувати серійні культиватори КОН-2,8, КНО-2,8, КРН-4,2 в залежності від ширини захвату картоплесаджалки. Дані культиватори обладнуються спеціальними робочими органами, що дозволяють розпушувати гребінь [4, 6, 19].

На рисунку 3.1 показана схема використання зубових профільних борінок. Тобто профільна борінка аналогічна за конструкцією з зубовими боронами, лише рама профільної борінки вигнута відповідно кривизні самого гребеня.

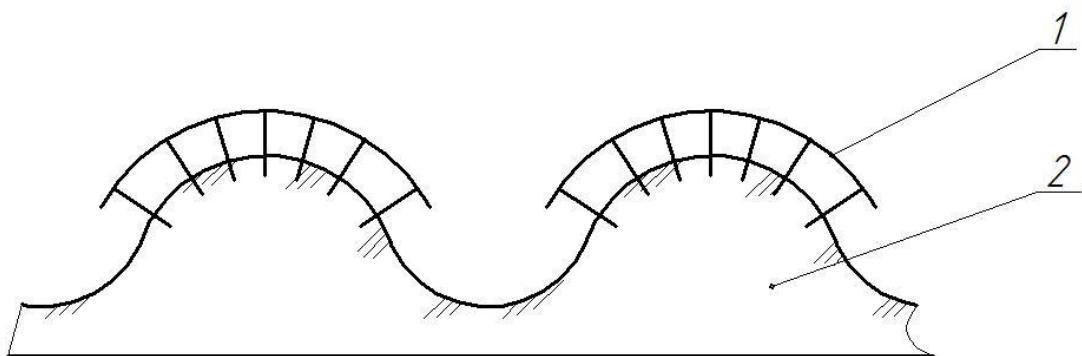


Рисунок 3.1 – Схема процесу розпушування гребеня профільними боронами:

1 – профільна борінка; 2 – гребінь рядка.

Для більш інтенсивного розпушення ґрунту можуть також разом з профільними борінками використовуватись стрілочасті лапи і бритви (рис. 3.2) [7, 19].

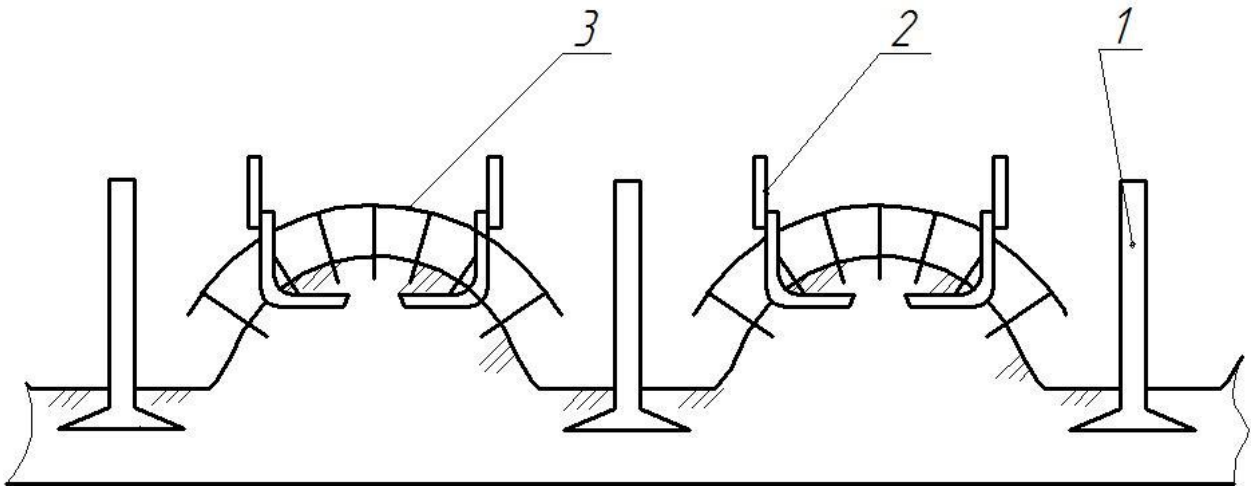


Рисунок 3.2 – Схема процесу розпушення гребенів з додатковим використанням стрілочатих лап і лап бритв

1 – стрілочата лапа; 2 – лапа бритва; 3 – профільна борінка.

Недоліком виконання даної операції перерахованими робочими органами є те, що розпушується тільки поверхня гребеня, а його основа, де йде формування бульб залишається ущільненою, не розпушеною.

### 3.2. Обґрунтування конструктивної розробки проекту

Виходячи з недоліків існуючих робочих органів культиваторів, бачимо, що розпушування основи гребеня не відбувається. А в процесі технології вирощування картоплі, це є важливим.

Тобто, багатократне пересування тракторів по полю, під час виконання операцій відбувається на полі, де вже восени нарізані гребені, ущільнюють і так злежаний після зими ґрунт міжряддя і основу гребеня на глибину 15...20 см. Тому погіршується робота робочих органів машини, особливо са-

дильних, також погіршується повітряно-водний обмін з бульбами, що є особливо важливим для росту і отримання високих врожаїв картоплі.

Традиційна обробка гребенів збільшує рихлення тільки його поверхні. Але у формуванні врожаю картоплі приймає участь і та частина кореневої системи, яка проникає за межі гребеня.

Негативні сторони традиційної обробки гребенів проявляються під час їх розпушення на безструктурних суглинистих ґрунтах, так вони мають щільність і швидко її відновлюють під впливом власної маси, опадів і проходів машинно-тракторних агрегатів.

Доведення структури ґрунту в гребенях, що відповідає агротехнічним вимогам вирощування картоплі, можна досягти використанням локального розпушування гребенів і міжрядь, а глибокий обробіток перенести на після посадковий період. У цьому випадку основа гребеня нижче дна борозни на 10...12 см, ґрунт піднімається по лемешу без бокового зміщення і гребені розпушуються під дією сили ваги ґрунту після сходу з лемеша.

### **3.3. Будова та технологічний процес роботи запропонованого розпушувача гребенів**

Для виконання операції розпушування гребенів, з метою підготовки ґрунту під посадку картоплі, та до сходового розпушування пропонується агрегат, що складається з трактора КИЙ 14820, рами культиватора КОН-2,8 або КРН-2,8, до якої кріпляться секції з розробленим в проекті розпушувачем гребенів.

Розпушувач гребенів складається з двох секцій: лівої і правої 6, аналогічними за конструкцією, до якої кріпляться основні лапи, що розпушують гребені. Один гребінь розпушує лапи лівої і правої консолі двох сусідніх секцій. Крім того, на рамі секції кріпиться в хомуті 2 лапа 5, що забезпечує розпушування міжрядь. Лапа в хомуті фіксується двома болтами, забезпечуючи тим самим регулювання глибини розпушування.



Консолі 1 і 6 одним кінцем шарнірно закріплені до хомута 2, а другий кінець зв'язаний і утримується пружиною і стержнем компенсатора 3, що спрацьовує, коли лапа зустрічається з перепоною, щоб не зруйнувати самого гребеня. Вісь шарнірів кріплення консолі до хомута поставлена під кутом до вертикалі, що забезпечує одночасне піднімання і відведення в бік розпушувальної лапи.

Даний розпушувач монтується на секції культиватора КРН-2,8, що у свою чергу має паралелограмний механізм і опорне колесо, для забезпечення копіювання поверхні поля і регулювання глибини обробітку, що необхідно змінювати в залежності від часу розпушування гребеня.

Розпушувач працює наступним чином. При русі агрегату робочі органи входять під гребінь на глибину 10...12 см нижче дна борозни і пересуваючись, розпушують ґрунт в основі гребеня і сам гребінь. Коли робочий орган, що розпушує гребінь, зустрічається з перепоною, наприклад каменем, то консоль починає повертатись навколо осі кріплення, стискаючи пружину компенсатора. При цьому лапа, завдяки похилому положенню шарнірів і консольному розміщенню відходить в бік борозни, поступово піднімаючись догори. Така траєкторія руху робочого органу (лапи) при вимушеному виході з гребеня запобігає його руйнуванню. Після обходу каменя робочий орган під дією сили стиснутої пружини компенсатора повертається в гребінь.

Для забезпечення якісної роботи компенсатора передбачено регулювання попереднього стиску пружини, для подолання опору ґрунту під час виконання основної роботи.

### **3.4. Розрахунок запропонованого робочого органу**

#### **3.4.1. Аналіз кінематики руху лапи, внаслідок зустрічі з перепоною**

Основним робочим органом, який необхідно розрахувати, є розпушувальна лапа, що працює в гребені. Для запобігання руйнування гребеня під час

зустрічі лапи з перепоною передбачено компенсатор і шарнірне кріплення консолі, на якій розміщена лапа [3, 18].

Для цього розглянемо схему початкового положення заданого механізму (рис. 3.3) і дамо її короткий аналіз [5, 15].

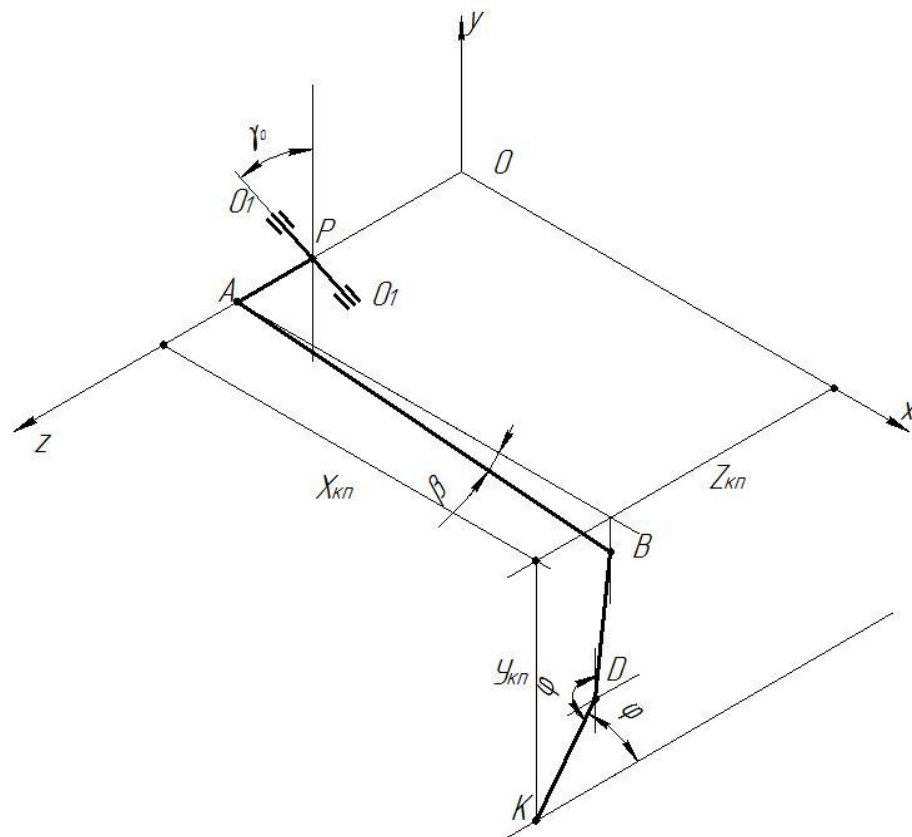


Рисунок 3.3 – Схема розміщення консолі в початковому положенні

Механізм, поданий в системі координат  $XYZ$ . Де вісь  $OZ$  проходить через центральну вісь важеля 2, вісь  $OX$  вздовж повздовжньої осі секції, а  $OY$  перпендикулярна до даної осі. Точка  $O$  початку відліку знаходиться на перетині центральної осі важеля 2 та площини, що перпендикулярна даній осі і проходить через вісь секції.

Необхідно знайти траєкторію точки  $K$  кінця лапи, коли внаслідок зустрічі з перепоною важіль  $AP$  почне обертатись навколо осі шарніра  $O_1O_1$ , що є паралельна площині  $YOX$ , перетинає вісь  $OZ$  і нахилена під кутом до площини  $YOZ$ .

Знайшовши залежності траєкторій точки К, перевіримо, чи під час переміщення робоча лапа буде виходити з гребеня, тобто знайдемо кут повороту важеля, при якому забезпечується дана умова.

Траєкторія руху точки К буде брати відлік від початкового робочого положення і буде подана в системі координат XYZ.

Тобто необхідно знайти початкові координати точки К, це  $X_{кп}$ ,  $Y_{кп}$  та  $Z_{кп}$ . З рисунка 3.3 бачимо, що:

$$X_{кп} = X_{OP} + X_{AP} + X_{BA} + X_{BD} + X_{KD}, \quad (3.1)$$

де  $X_{OP}$  – проекція відрізка OP на вісь X;

$X_{AP}$ ,  $X_{AB}$ ,  $X_{BD}$ ,  $X_{KD}$  – відповідно проекції відрізків механізму |AP|, |AB|, |BD|, |KD| на вісь OX.

З рисунка бачимо, що  $|PO| \perp |OX|$ ,  $|BO| \perp |OX|$  та  $|KD| \perp |OX|$ , тому  $X_{OP} = X_{BD} = X_{KD} = 0$ .

Виходячи з умови, що  $|AB| \parallel YOX$ , то

$$X_{AB} = l_{AB} \cdot \cos \beta, \quad (3.2)$$

де  $l_{AB}$  – довжина важеля AB;

$\beta$  – кут нахилу відрізка AB до площини ZOХ.

Тобто,

$$X_{кп} = l_{AB} \cdot \cos \beta, \quad (3.3)$$

Аналогічні перетворення здійснюємо під час визначення координат  $Y_{кп}$ .

$$Y_{кп} = Y_{OP} + Y_{AP} + Y_{BA} + Y_{BD} + Y_{KD}, \quad (3.4)$$

де  $Y_{OP}$ ,  $Y_{AP}$ ,  $Y_{AB}$ ,  $Y_{BD}$ ,  $Y_{KD}$  – відповідно проекції відрізків |OP|, |AP|, |AB|, |BD| та |KD| на вісь Y.

З умови, що  $|OP| \perp OY$  та  $|AP| \perp OY$ , отримаємо  $Y_{OP} = Y_{AB} = 0$ .

Так як  $|AB| \parallel YOX$ , то запишемо:

$$Y_{AB} = -l_{AB} \cdot \sin \beta. \quad (3.5)$$

Знак мінус враховує те, що точка А знаходиться вище точки В в даній системі координат.

Аналогічно з рис. 3.3 бачимо, що  $|BD| \parallel YOZ$  та  $|BD| \perp OX$ ;  $|KD| \parallel YOZ$  та  $|KD| \perp OX$ , тобто ми можемо записати:

$$Y_{BD} = -l_{BD} \cdot \cos(\psi - 90^\circ - \varphi), \quad (3.6)$$

$$Y_{KD} = -l_{KD} \cdot \sin\varphi,$$

де  $l_{BD}$  і  $l_{KD}$  – відповідно довжини прямолінійних участків робочої лапи  $|BD|$  і  $|KD|$ ;

$\psi$  – кут між прямолінійними участками  $|BD|$  і  $|KD|$ ;

$\varphi$  – кут нахилу відрізка  $|KD|$  до площини, яка паралельна  $ZOX$  і проходить через точку К.

Тобто:

$$Y_{KP} = -l_{AB} \cdot \sin\beta - l_{BD} \cdot \cos(\psi - 90^\circ - \varphi) - l_{KD} \cdot \sin\varphi. \quad (3.7)$$

Аналогічні розрахунки і перетворення проведемо для визначення  $Z_{KP}$ .

Тобто з рисунка 3.3 запишемо, що:

$$Z_{KP} = l_{OP} + l_{AP} + l_{BD} \cdot \sin(\psi - 90^\circ - \varphi) + l_{KD} \cdot \cos\varphi, \quad (3.8)$$

де  $l_{OP}$  – віддаль по осі  $OZ$  від початку координат точки  $O$  до точки  $P$  осі  $O_1O_1$ , що лежить на осі  $OZ$ ;

$l_{AP}$  – довжина важеля, тобто віддаль  $|AP|$ .

З конструктивних міркувань приймемо, що кути:  $\beta = 27^\circ$ ,  $\psi = 150^\circ$ ,  $\varphi = 30^\circ$ ; віддалі:  $l_{OP} = 0,045$  м,  $l_{AP} = 0,0625$  м,  $l_{AB} = 0,23$  м,  $l_{BD} = 0,165$  м,  $l_{KD} = 0,145$  м.

Підставивши вихідні дані в рівняння (3.3), (3.7) та (3.8), розрахуємо початкові координати точки К.

$$X_{KP} = -0,23 \cdot \cos 27^\circ = 0,205 \text{ м};$$

$$Y_{KP} = -0,23 \cdot \sin 27^\circ - 0,165 \cdot \cos(150^\circ - 90^\circ - 30^\circ) - 0,145 \cdot \sin 30^\circ = -0,32 \text{ м};$$

$$Z_{KP} = 0,045 + 0,0625 + 0,165 \cdot \sin(150^\circ - 90^\circ - 30^\circ) + 0,145 \cdot \cos 30^\circ = 0,3156 \text{ м}.$$

В даному випадку треба проаналізувати, як змінюються координати точки  $K$  в системі  $XYZ$ , коли консоль почне повертатись навколо осі  $O_1O_1$ , що розміщена під кутом до площини  $YOZ$  і перпендикулярна  $OZ$  та проходить через дану вісь.

Розглянемо проекцію нашого механізму на площину  $YOX$ .

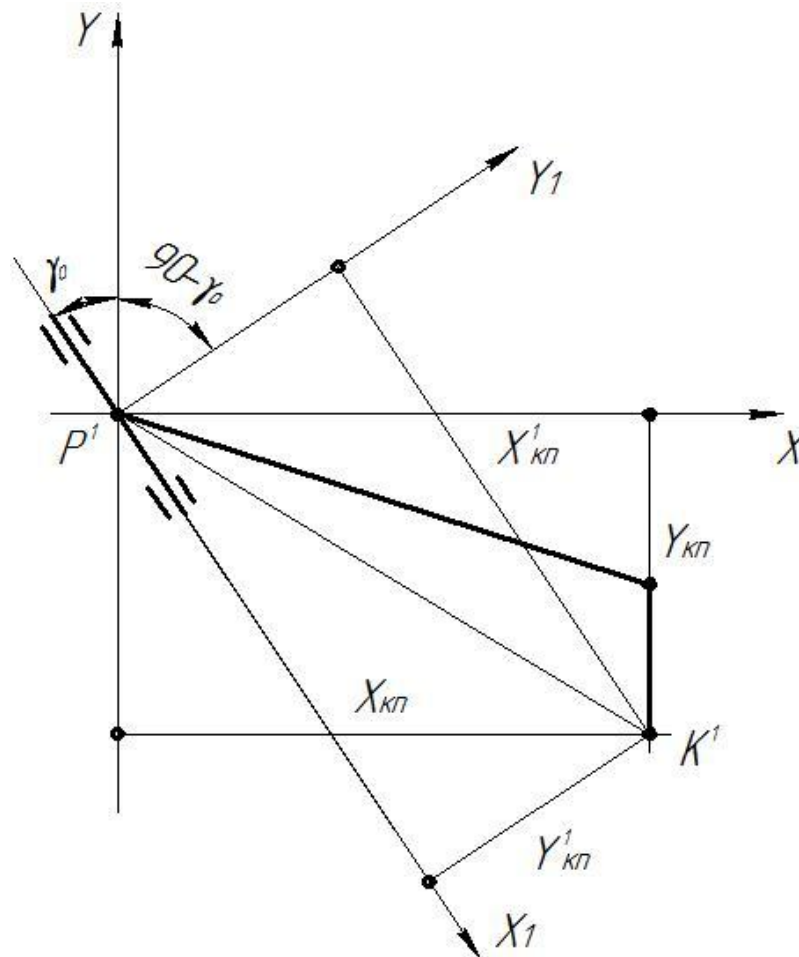


Рисунок 3.4 – Проекція механізму на площину  $YOX$

Враховуючи, що вісь обертання  $O_1O_1$  нахилена, то виберемо нову систему координат  $X_1O_1Y_1$ , яка утворюється внаслідок обертання осей координат  $YO$  та  $OX$  навколо точки  $O$ , на кут  $90^\circ - \gamma_0$ , де  $\gamma_0$  – кут нахилу осі обертання  $O_1O_1$  до площини  $ZOY$ .

Тобто, під час обертання координата  $X'_{кп}$  не змінюється, так як вісь  $O_1O_1$  є віссю обертання умовної фігури, що складається з відрізків  $|PA|$ ,  $|AB|$ ,  $|BD|$  і  $|KD|$ , та  $OO_1 \parallel OX_1$ .

З рисунка 3.4 запишемо, що:

$$X_{кп}^1 = |P^1 K^1| \cdot \cos \left( 90 - \arctg \frac{|Y_{кп}|}{|X_{кп}|} - \gamma_0 \right), \quad (3.9)$$

$$Y_{кп}^1 = |P^1 K^1| \cdot \sin \left( 90 - \arctg \frac{|Y_{кп}|}{|X_{кп}|} - \gamma_0 \right), \quad (3.10)$$

де 
$$|P^1 K^1| = \sqrt{Y_{кп}^2 + X_{кп}^2}; \quad (3.11)$$

$X_{кп}^1, Y_{кп}^1$  – початкові координати точки К,  $X^1$  і  $Y^1$  в системі координат  $X_1 O Y_1$ .

Для розрахунків нам необхідно мати обернену залежність переведення координат  $X^1$  і  $Y^1$  в систему XYZ, тобто в координати X, Y, для цього отримаємо залежності

$$X = |P^1 K^1| \cdot \cos \left( \arctg \frac{|Y^1|}{|X^1|} - (90 - \gamma_0) \right), \quad (3.12)$$

$$Y = |P^1 K^1| \cdot \sin \left( \arctg \frac{|Y^1|}{|X^1|} - \gamma_0 - 90 \right), \quad (3.13)$$

де 
$$|P^1 K^1| = \sqrt{(Y^1)^2 + (X^1)^2}, \quad (3.14)$$

де  $X^1$  і  $Y^1$  – координати точки К в системі координат  $X_1 Y_1 Z_1$ ;

$X$  і  $Y$  – координати точки К в системі координат XYZ.

Тепер розглянемо проекцію нашого механізму на площину  $Z_1 O_1 Y_1$ . Якщо врахувати ту умову, що вісь  $O_1 Z_1$  та вісь  $OZ$  є одне і те ж саме, то:

$$Z = Z^1, \text{ або } Z_{кп} = Z_{кп}^1, \quad (3.15)$$

де  $Z$  та  $Z_1$  – координати точки К під час її переміщення відповідно в системі координат  $YXZ$  та  $Y_1 X_1 Z_1$ .

Тобто обертання буде здійснюватись навколо осі Р.

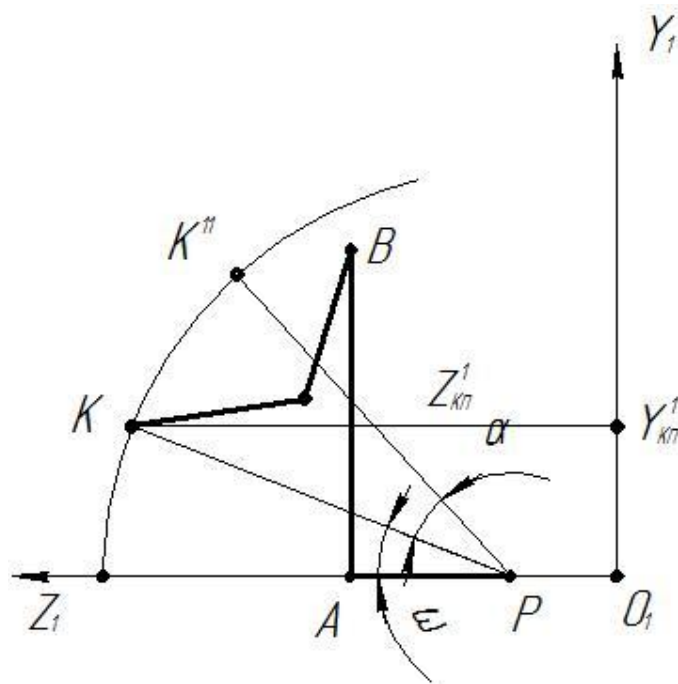


Рисунок 3.5 – Проекція механізму на площину  $Z_1O_1Y_1$

Радіус обертання точки R, віддаль KP буде рівна ( $R = |KP|$ ):

$$R = \sqrt{(Z_{KП}^1 - l_{OP})^2 - (Y_{KП}^1)^2}, \quad (3.16)$$

де  $R$  – радіус обертання точки K навколо осі  $O_1O_1$  в системі координат  $Z_1O_1Y_1$ .

Першопочатковий кут відліку  $\omega$ , з якого починається обертання точки K:

$$\omega = \arctg \frac{Y_{KП}^1}{Z_{KП}^1 - l_{OP}}. \quad (3.17)$$

Ми повинні проаналізувати зміну координат Y і Z, так як вони характеризують зміщення кінця лапи від перешкод.

Тобто з рис. 3.5 запишемо:

$$Y^1 = R \cdot \sin(\omega + \alpha), \quad (3.18)$$

$$Z^1 = Z = R \cdot \cos(\omega + \alpha) + l_{PO}, \quad (3.19)$$

де  $\alpha$  – кут повороту механізму навколо осі  $O_1O_1$ .

Якщо використати рівняння переводу  $Y^1$  в  $Y$ , то отримаємо, що:

$$Y = \sqrt{(X_{KP}^1)^2 + (X_{KP}^2)^2} \cdot \sin \left( \arctg \frac{|Y^1|}{|X_{KP}^1|} - 90 + \gamma_0 \right), \quad (3.20)$$

$$Z^1 = Z. \quad (3.21)$$

Знаючи вихідні параметри і використовуючи отримані залежності проводимо розрахунки і отримаємо траєкторію точки К в системі координат XYZ.

Тобто:

$$X_{KP}^1 = \sqrt{0,205^2 + (-0,32)^2} \cdot \cos \left( \arctg \frac{0,32}{0,205} - 90 - 25 \right) = 0,377 \text{ м};$$

$$Y_{KP}^1 = \sqrt{0,205^2 + (-0,32)^2} \cdot \sin \left( \arctg \frac{0,32}{0,205} - 90 - 25^\circ \right) = 0,051 \text{ м};$$

$$Z_{KP}^1 = Z_{KP} = 0,3156 \text{ м};$$

$$R = \sqrt{(0,3156 - 0,045)^2 - (0,051)^2} = 0,2754 \text{ м};$$

$$\omega = \arctg \frac{0,051}{0,3156 - 0,045} = 10,67^\circ.$$

Використовуючи отримані дані, підставляючи їх в рівняння (3.18), (3.19), (3.20) та (3.21), отримаємо координати точки К в системі координат XYZ.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 –Результати розрахунків

№ Показник	1	2	3	4	5	6	7
$\alpha^0$	0	10	20	30	40	50	60
$Y^1$ , м	0,051	0,097	0,14	0,179	0,213	0,24	0,26
$Z^1$ , м	0,3156	0,303	0,282	0,254	0,22	0,18	0,136
$Y$ , м	-0,32	-0,3	-0,282	-0,266	-0,252	-0,24	-0,232
$Z$ , м	0,3156	0,303	0,282	0,254	0,22	0,18	0,136



На основі даної таблиці будемо траєкторію точки К.

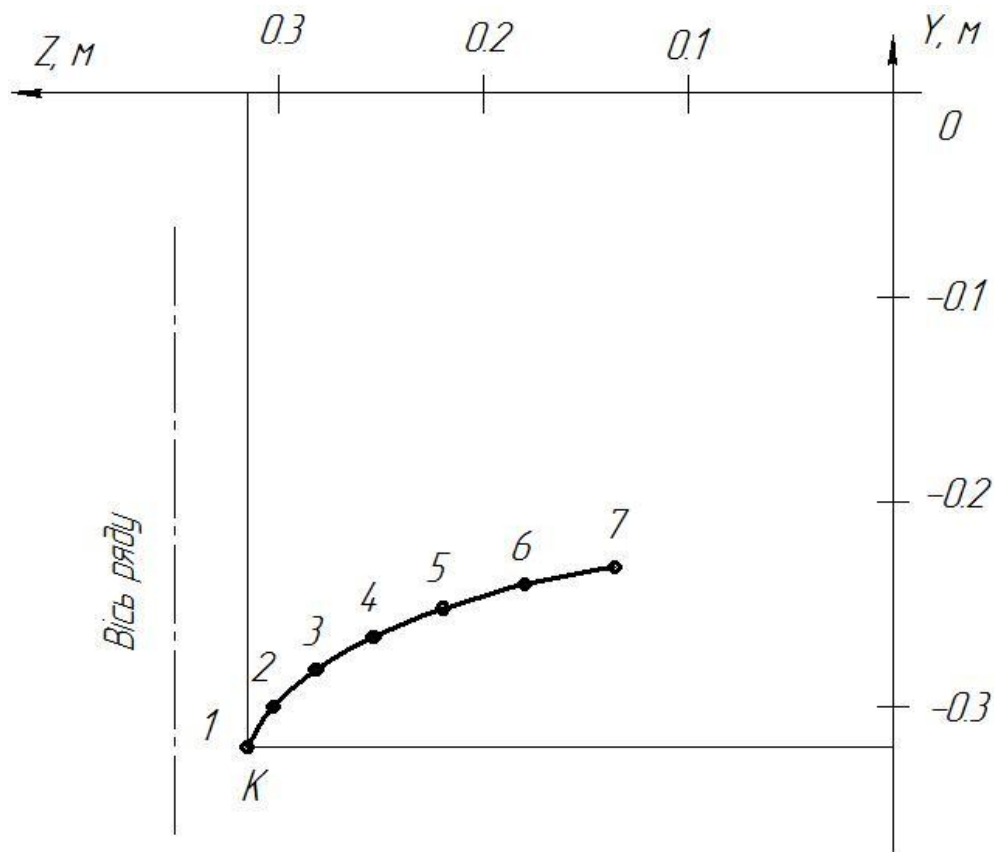


Рисунок 3.6 – Траєкторія точки К в системі координат XYZ, тобто проекція на площину ZOY

Як бачимо з рисунка 3.6, кінець лапи при куті обертання консолі, що рівний  $60^\circ$ , обов'язково вийде з границі рядка (гребеня).

### 3.4.2. Розрахунок пружини компенсатора

Коли лапа зустрічається з перпоною, то вона починає обертатись навколо осі, стискаючи при цьому пружину. Для цього необхідно задатися умовою виходу робочого органу з гребеня. Ця умова досягається, коли кут повороту консолі  $\alpha = 60^\circ$ . Тобто при цьому (рис. 3.7) довжина стискання пружини буде рівна дузі  $AA^1$ .

Довжина дуги  $AA^1$ :

$$l_{AA^1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l_{AP} \cdot \alpha}{360^\circ}, \quad (3.22)$$

де  $l_{AP}$  – довжина важіля AP (точка P це точка осі обертання  $O_1O_1$ , точка A – точка кріплення пружини);

$\alpha$  – кут повороту консолі,  $\alpha = 60^\circ$ .

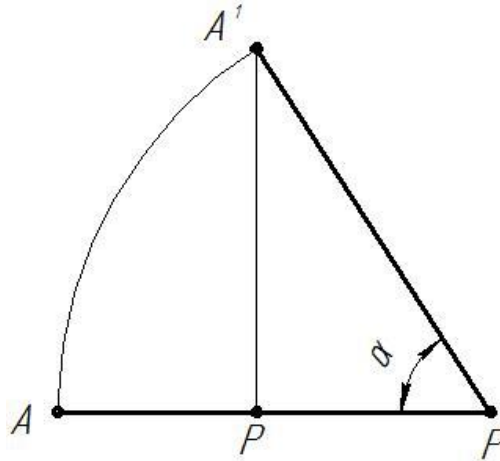


Рисунок 3.7 – Схема для визначення деформації пружини

Тобто

$$l_{AA'} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,161 \cdot 60^\circ}{360^\circ} = 0,168 \text{ м.}$$

Тобто деформація пружини  $h = 0,168$  м.

Визначаємо попередній стиск пружини для подолання опору ґрунту:

$$P_1 = a \cdot b \cdot k, \quad (3.23)$$

де  $a, b$  – ширина і товщина пласта, яку розпушує лапа, м;

$k$  – питомий опір ґрунту, кПа,  $k = 100$  кПа,

$$P_1 = 0,08 \cdot 0,02 \cdot 10^5 = 160 \text{ Н.}$$

Зусилля, яке виникає в пружині при зустрічі з перешкодою, наприклад, приймемо камінь діаметром 0,05 м.,

$$P_2 = \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} + a \cdot b \right) \cdot k, \quad (3.24)$$

де  $d$  – діаметр каменя, м;

$$P_2 = \left( \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} + 0,08 \cdot 0,02 \right) \cdot 10^5 = 356,25 \text{ Н.}$$

Згідно ДСТУ 13767-98 приймаємо зовнішній діаметр пружини:  $D = 0,04 \text{ м} = 40 \text{ мм}$ ; відносний інерційний зазор пружини:  $\delta = 0,2 \text{ мм}$  [11].

Сила пружини при максимальній деформації  $P_3$ , Н:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta} = \frac{356,25}{1 - 0,2} = 445,3125 \text{ Н.} \quad (3.25)$$

Відповідно до ДСТУ 13767-98, для сили  $P_3 = 500 \text{ Н}$ , приймаємо діаметр дроту  $d = 5 \text{ мм}$ ; жорсткість одного витка  $z_1 = 145,8 \text{ Н/мм}$ ; максимальна деформація одного витка  $f_3 = 3,429 \text{ м}$  [10, 11, 17].

Максимальне дотичне напруження для пружинної сталі, з якої виготовляється пружина:

$$\tau_{zp} = 0,3 \cdot \sigma_{\sigma}, \quad (3.26)$$

де  $\sigma_{\sigma}$  – межа витривалості пружинної сталі,

$$\tau_{zp} = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ МПа.}$$

Критична швидкість пружини стискання:

$$v_{kp} = \tau_{zp} \cdot \left( 1 - \frac{P_2}{P_3} \right) / \sqrt{2 \cdot G \cdot \rho}, \quad (3.27)$$

де  $\sqrt{2G\rho} = 3,58$ ;

$G$  – модуль зсуву,  $\text{Н/мм}^2$  ( $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ );

$\rho$  – густина матеріалу,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{мм}^4$  ( $\rho = 8 \cdot 10^{-9}$ ) [11, 17],

$$v_{kp} = \frac{300 \cdot \left( 1 - \frac{356,25}{445,3125} \right)}{3,58} = 16,76 \text{ м/с.}$$

Тобто, швидкість деформації пружини не перевищує критичної швидкості.

Жорсткість пружини:

$$z = \frac{P_2 - P_1}{n} = \frac{356,25 - 160}{107} = 1,834 \text{ Н/мм.} \quad (3.28)$$

Число робочих витків:

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{145,8}{1,834} = 79,5. \quad (3.29)$$

Повне число витків:

$$n_n = n + n_2 = 79,5 + 1,5 = 81, \quad (3.30)$$

де  $n_2$  – число опорних витків.

Середній діаметр пружини:

$$D_0 = D - d = 40 - 5 = 35 \text{ мм.} \quad (3.31)$$

Індекс пружини:

$$c = \frac{D_0}{d} = \frac{35}{5} = 7. \quad (3.32)$$

Попередня деформація пружини:

$$F_1 = \frac{P_1}{z} = \frac{160}{1,834} = 87,24 \text{ мм.} \quad (3.33)$$

Робоча деформація пружини:

$$F_2 = \frac{P_2}{z} = \frac{356,25}{1,834} = 194,24 \text{ мм.} \quad (3.34)$$

Максимальна деформація пружини:

$$F_3 = \frac{P_3}{z} = \frac{445,3125}{1,834} = 242,8 \text{ мм.} \quad (3.35)$$

Висота пружини при максимальній деформації:

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d, \quad (3.36)$$

де  $n_3$  – число опорних витків,

$$H_3 = (81 + 1 - 1,5) \cdot 5 = 402,5 \text{ мм.}$$

Висота пружини у вільному стані:

$$H_0 = H_3 + F_3 = 402,5 + 242,8 = 645,3 \text{ мм.} \quad (3.37)$$

Висота пружини при попередній деформації:

$$H_1 = H_0 - F_1 = 645,3 - 87,24 = 558,06 \text{ мм.} \quad (3.38)$$

Висота пружини при робочій деформації:

$$H_2 = H_0 - F_2 = 645,3 - 194,25 = 451,06 \text{ мм.} \quad (3.39)$$

Крок пружини:

$$f = f_3 + d = 3,429 + 5 = 8,429 \text{ мм.} \quad (3.40)$$

Довжина розвернутої пружини:

$$L = 3,2 \cdot D_0 \cdot n_1 = 3,2 \cdot 35 \cdot 81 = 9072 \text{ мм.} \quad (3.41)$$

Регулювання пружини полягає в задані попереднього натягу для створення зусилля, що забезпечувало б роботу лапи в гребені, а друге, щоб під час виникнення додаткового опору, лапа могла обходити перешкоду, стискаючи пружину.

### 3.4.3. Розрахунок осей кріплення втулок пружини

Під час роботи, тобто стискання, пружина змінює своє положення, тому вона кріпиться у втулці, яка має змогу обертатись на осях (рис. 3.8).

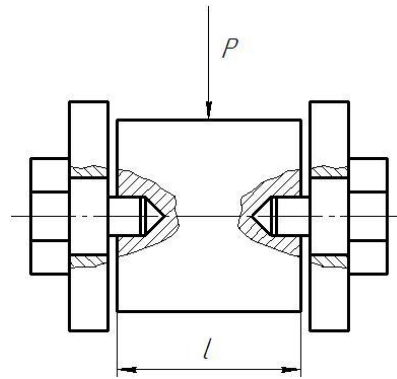


Рисунок 3.8 – Схема кріплення втулки пружини

Максимальна сила, яка буде діяти на осі, це сила  $P = 450$  Н.

Хоча таких осей є дві, приймемо, що зусилля  $P$  має витримувати одна вісь. Діаметр осі розрахуємо по напруженнях зрізу, а перевіримо по напруженнях згину.

Тобто умова міцності на зріз:

$$\tau_{zp} = \frac{P}{n \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)} \leq [\tau_{zp}], \quad (3.42)$$

де  $n$  – кількість площин зрізу;

$P$  – сила, що діє на дане з'єднання, Н;

$d$  – діаметр осі, м;

$[\tau_{zp}]$  – допустиме напруження на зріз, для сталі 45,  $[\tau_{zp}] = 65$  МПа [11, 17],

$$d = \sqrt{\frac{4P}{n \cdot \pi \cdot [\tau_{zp}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 450}{1 \cdot 3,14 \cdot 65 \cdot 10^6}} = 0,0143 \text{ м}$$

Тобто з запасом міцності приймаємо  $d = 6$  мм.

Перевіряємо на згин.

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{0,1 \cdot d^3}, \quad (3.43)$$

де  $M_{32}$  – згинальний момент, Нм,

$$M_{32} = \frac{P \cdot l}{4}, \quad (3.44)$$

де  $l$  – віддаль між пластинами,  $l = 0,03$  м,

$$M_{32} = \frac{150 \cdot 0.03}{4} = 3,375 \text{ Нм},$$

$$\sigma_{32} = \frac{3,375}{0,1 \cdot 0,02^3} = 1,56 \cdot 10^8 \text{ Па}.$$

Допустимі напруження згину для сталі 45  $[\sigma_{32}] = 230 \text{ МПа}$ , тобто умова міцності  $[\sigma_{32}] > \sigma_{32}$ , виконується.

### Висновки

1. На основі аналізу існуючих конструкцій робочих органів культиваторів, що забезпечують розпушення ґрунту після попереднього нарізання гребенів, прийшли до висновку, що вони не забезпечують обробіток основи гребеня.

2. Для розпушування попередньо нарізаних гребенів були розроблені спеціальні робочі органи до культиватора КОН-2,8ПМ, що монтуються на модернізованих секціях.

3. Розраховані основні конструктивні та технологічні параметри удосконаленого культиватора: кут повороту механізму навколо осі змінюється в межах від  $0$  до  $60^\circ$ , максимальне відхилення робочого органу від осі міжряддя в поперечному напрямку становить  $0,315 \text{ м}$ , а мінімальне –  $0,136 \text{ м}$ ; максимальне зміщення робочого органу за висотою становить  $0,088 \text{ м}$  за максимальної глибини розпушення  $0,32 \text{ м}$  від вершини гребеня; для утримування робочого органу на заданій глибині необхідно виготовити пружину стиску жорсткістю  $1,834 \text{ Н/мм}$ , середній діаметр, якої становить  $35 \text{ мм}$  з дроту діаметром  $5 \text{ мм}$ , довжиною  $645 \text{ мм}$  та кроком  $8,4 \text{ мм}$ .

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1. Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій**

Технологічний процес міжрядного обробітку ґрунту картоплі включає в себе наступні операції, а саме:

- комплектування культиватора КОН-2,8ПМ розробленими робочими органами;
- підготовка агрегату до роботи;
- вибір способу руху агрегату та розбивка поля в залежності від даного вибору;
- розпушення гребенів до посадки та після посадки картоплі до появи сходів та перевірка якості роботи.

При виконанні вище наведених операцій можуть виникнути такі травмонебезпечні чинники:

- травмування людини несправним інструментом;
- незадовільне кріплення робочих органів до рами культиватора;
- технічна несправність агрегату, як трактора так і плуга;
- погане проведення регулювань, особливо регулювання, що забезпечують стійкість ходу агрегату;
- з'єднання сільськогосподарської машини із трактором за допомогою ручних операцій.

### **4.2. Розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій під час обробітку гребенів**

Аналіз небезпечних умов, які існують в технологічному процесі міжрядного обробітку картоплі, з одночасним розпушуванням гребенів до посадки і після посадки картоплі до появи сходів показав, що за характером дії можна поділити на такі групи, які [12, 24]:



- характеризують стан або рівень небезпеки агрегатів, які використовують під час міжрядного обробітку;
- спонукають обслуговуючий персонал допускати технологічні помилки під час міжрядного обробітку;
- створювати можливість проникнення працюючого в небезпечну зону;
- приводять до виникнення небезпечних дій (низькі рівні професійної підготовки працівників і організація навчання з охорони праці).

Міжрядний обробіток посадок картоплі.

Небезпечні умови (НУ):

- невиконання правил безпеки праці (НУ<sub>1</sub>);
- використання технічно несправної машини (НУ<sub>2</sub>);
- знаходження по сторонніх осіб в зоні виконання операції (НУ<sub>3</sub>);
- погане кріплення робочих органів до рами плуга (НУ<sub>4</sub>).

Небезпечні дії (НД):

- виконання регулювання робіт під час роботи машини (НД<sub>1</sub>);
- очищення робочих органів від рослинних решток під час руху агрегату (НД<sub>2</sub>);

Небезпечні ситуації (НС):

- захват робочого одягу (НС<sub>1</sub>);
- травмування працівників (НС<sub>2</sub>).

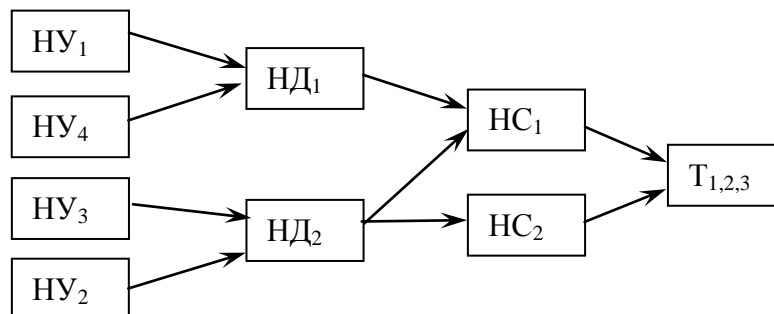


Рисунок 4.1 – Модель процесу міжрядного обробітку

### **4.3. Техніка безпеки при роботі культиватора з розробленим пристосуванням**

Для запобігання виробничого травматизму під час вирощування суниці необхідно дотримуватись наступних основних вимог безпеки праці:

- постійно проводити інструктаж з безпеки праці на машинах із відміткою в журналі;
- заборонити використання технічно несправних агрегатів;
- перед початком виконання операції визначити небезпечні зони;
- допускати до роботи осіб не молодше 18 років, які пройшли відповідний інструктаж.

Агрегат начіплювати на трактор з інструкцією до машин, пересвідчившись у справності кріплення секцій до рами в транспортне положення.

Технічний огляд, регулювання проводити тільки після зупинки трактора з опущеними робочими органами. Робочі органи очищають від рослинних решток спеціальним знаряддям.

Раму машини в робоче і транспортне положення піднімати і опускати, впевнившись у відсутності людей біля машини.

Не сидіти на рамі під час її роботи чи при транспортуванні.

При переїздах і поворотах стежити, щоб не зачепити машиною сторонні предмети (будівлі, машини).

При ремонті машини не можна знаходитись під нею, якщо вона зчеплена з трактором.

## 5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Знання основ екології для людини є не менш важливе, ніж основ фізики, математики. Екологізація виробництва — один з провідних напрямків науково-технічної революції, покликаної не тільки забезпечити узгодження функціонування природних і технічних систем, а й значно підвищити ефективність останніх [2, 21].

Землю часто називають годувальницею. За останні десятиріччя значно погіршилися показники земельного фонду. Незначний приріст продукції землеробства досягається за рахунок стійкого виснаження ґрунту.

Отже, проблема охорони, збереження і примноження природних ресурсів належать сьогодні до найбільш актуальних і гострих.

### 5.1. Охорона та раціональне використання ґрунтів

Ґрунти відіграють активну роль в очищенні природних і стічних вод. Ґрунтово-рослинний покрив є регулятором водного балансу суші.

Ґрунт являє собою глобальне нагромадження енергії і є основою існування рослин, тварин і людей.

Рельєф території господарства являє собою злегка горбисту поверхню. Незначну площу мають поля з рівним рельєфом.

На території господарства склад ґрунту різноманітний, проте на більшій площі переважають чорноземи опідзолені. За складом ґрунту являють собою легкі і середні суглинки.

На площах з великим ухилом спостерігається водна ерозія, проте площа з цих ґрунтів незначна.

У господарстві недостатню увагу приділяють збереженню і оптимізації механічного складу ґрунтів, адже використання важких потужних тракторів типу Т-150К на операціях підготовки ґрунту, а також заробки післяжнивних

решток з малозахватними машинами спричиняє зміну структури ґрунту, його ущільнення.

Особливої уваги вимагає питання використання мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Слід добиватися того, щоб добрива якнайкраще вписувались у кругообіг поживних речовин, не забруднюючи навколишнє середовище.

## **5.2. Охорона та ефективне використання водних ресурсів**

Вода відіграє важливу роль у процесі життєдіяльності людини і забезпеченні нормального функціонування біосфери.

Негативний вплив на водне середовище, його забруднення і не раціональне використання, може призвести до непередбачуваних наслідків у природі, порушення екологічного балансу.

Інтенсивний розвиток сільського виробництва вносить суттєві зміни у відношенні до навколишнього середовища і зокрема водних ресурсів.

Внесення в ґрунт необґрунтованих норм міндобрив, засобів захисту — все це несе серйозну загрозу на водні джерела (підземні води).

Забруднення водних ресурсів відбувається внаслідок попадання шкідливих речовин разом з атмосферними опадами, які стікаючи захоплюють частинки продуктів розпаду органічних речовин на тваринницьких фермах.

## **5.3. Охорона атмосферного повітря**

Атмосферне повітря є одне із найважливіших екологічних чинників, що потребує охорони.

Повсякденна господарська діяльність людини впливає на атмосферу, що проявляється в зміні складу повітря та забрудненні повітряного басейну.

Основними джерелами забруднення повітря в сільському господарстві є склади зберігання отрутохімікатів і ПММ.

Також до джерел забруднення відносяться тваринницькі ферми, з яких в атмосферу потрапляє велика кількість аміаку, випарів гною і інших газів.

Обладнання складів для зберігання отрутохімкатів і міндобрив встановлене згідно стандартів.

#### **5.4. Зберігання і використання паливо-мастильних матеріалів**

Правильне зберігання і використання нафтопродуктів — один з найважливіших чинників охорони атмосферного повітря і ґрунту.

Резервуари для зберігання ПММ, з'єднуючі їх трубопроводи знаходяться у задовільному стані. Більшість паливної апаратури вже давно відпрацювала термін експлуатації і потребує заміни. Для зберігання відпрацьованих ПММ на території двору встановлення спеціальні ємкості.

#### **5.5. Шляхи покращення екологічного стану виробництва картоплі**

Слід зауважити, що у господарстві є деякі недоліки організаційно-виробничого, техніко-економічного і екологічного характеру.

З метою зменшення негативного впливу технології виробництва картоплі з використанням високопродуктивної техніки в господарстві слід здійснити ряд заходів:

- покращити агротехніку всіх технологічних операцій;
- раціонально укомплектувати склад МТА з урахуванням мінімізації проходів і використання комбінованих агрегатів;
- проводити операції в оптимальні строки.

## **6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КУЛЬТИВАТОРА КОН-2,8ПМ З РОЗРОБЛЕНИМИ ЛАПАМИ**

З метою покращення розпушення ґрунту в гребенях до посадки і після посадки картоплі, особливо коли нарізання гребенів проводиться восени в дипломному проєкті до культиватора КОН-2,8ПМ розробили спеціальне пристосування. Технологічно пристосування дає змогу проводити глибоке розпушування основи гребеня, що дає змогу підвищити врожайність картоплі за рахунок швидкого проростання бульб. Заплановано, що врожайність може зрости на 2 ц/га.

Розрахунок економічної ефективності удосконаленого культиватора КОН-2,8ПМ з розробленими робочими органами буде проводитись порівнюється з культиватором КОН-2,8ПМ зі стандартними обладнанням.

Розрахунок виконується згідно стандартної методики [9, 22].

На основі експлуатаційних показників роботи удосконаленого культиватора КОН-2,8ПМ, нормативно довідкових матеріалів, реальних цін та трактори і сільськогосподарську техніку, паливо-мастильні матеріали та інше, заповнюється таблиця вихідних даних для визначення економічної ефективності удосконаленого культиватора КОН-2,8ПМ з робочими органами для глибокого розпушування гребенів, що агрегатується з трактором КИЙ 14820.

Вихідні дані наведені в таблиці 6.1. де враховані тільки показники, що відносяться до технологічного процесу обробітку гребенів і впливають на економічний ефект.

Розрахунок економічної ефективності проводиться на ПЕОМ з використанням програми, що розробленої в програмі Excel.

У вихідні дані з таблиці 6.1. заносяться в програму. Результати розрахунків показників економічної ефективності наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності культиватора КОН-2,8ПМ з розробленими лапами

ПОКАЗНИКИ	КОН-2,8ПМ	
	базовий	удосконалений
Продуктивність агрегату або машини за годину змінного часу: га	1,97	1,97
Балансова вартість, грн :		
машини	140000	160000
трактора	900000	900000
Річне завантаження, год.:		
машини	280	280
трактора	1200	1200
Чисельність виробничого персоналу, чол.:		
основного	1	1
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год :		
основного персоналу	20	20
Коефіцієнт, що враховує доплати:		
основного персоналу	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію:		
трактора	0,125	0,125
машини	0,142	0,142
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування		
трактора	0,22	0,22
машини	0,16	0,16
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт:		
трактора	0,04	0,04
Витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га	6,67	6,67
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн	55	55

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3
Коефіцієнти затрати на зберігання від вартості технічного обслуговування:		
трактора	0,065	0,065
машини	0,065	0,065
Приріст врожайності від підвищення якості виконання операції, що приводить до підвищення врожайності, ц/га	2	
Реалізаційна ціна 1 ц картоплі, грн./ц	300	
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладів	0,15	
Коефіцієнт гарантій споживу економічного ефекту	0,95	
Коефіцієнт переведення оптової ціни в баланс	1,1	

Таблиця 6.2 – Показники економічної ефективності культиватора із розробленими лапами

Показники	КОН-2,8ПМ	
	базовий	удосконалений
1	2	3
1. Річне напрацювання, га	551,6	551,6
2. Прямі затрати (грн/га) на:		
– оплату праці	89,34	89,34
– паливо-мастильні матеріали	366,85	366,85
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	139,59	145,4
– реновацію	83,63	88,78
– інші прямі затрати	9,07	9,45
– всього прямих затрат	688,48	699,82
3. Капітальні вкладення, грн/га	634,52	670,78



Продовження таблиці 6.2.

1	2	3
4. Зведені затрати, грн/га	783,66	800,44
5. Економічний ефект від збільшення врожайності, грн./га	—	600
6. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	321704,70
7. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	—	1101728,44
Верхня межа ціни нової машини, грн	—	1147025,85
Лімітна ціна нової машини, грн	—	1089674,56
8. Затрати праці, люд.-год/	0,51	0,51
9. Річна економія праці, люд-год.	—	0
10. Ступінь зменшення затрат (в %)		
– праці	—	0
– прямих затрат	—	-1,65
– зведених затрат	—	-2,14
– капіталовкладень	—	-5,71

Отримані результати розрахунку свідчать про доцільність використання запропонованого культиватора для міжрядного обробітку картоплі КОН-2,8ПМ, для якого розроблені нові робочі органи для глибокого розпушування гребенів, що дозволяє підвищити врожайність з одного гектара на 2 центнера.

Хоча спостерігається незначне збільшення затрат на розробку нових робочих органів: прямих затрат на 1,65 % та зведених на 2,14 %, але за рахунок збільшення врожайності річний економічний ефект від використання запропонованого культиватора з розробленими робочими органами для обробітку гребенів порівняно з культиватором КОН-2,8ПМ зі стандартними робочими органами буде становити 321704 гривні (в цінах на 1.09.2022 р.) за умови річного завантаження 551,6 гектарів.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для виробництва картоплі запропонована технологія, що передбачає висаджування бульби в гребені, які попередньо нарізаються восени, що дозволить підвищити врожайність до 200 ц/га.
2. Для весняного обробітку ґрунту в гребенях необхідно удосконалити секцію культиватора КОН-2,8ПМ, тобто розробити робочі органи, що розпушували б ґрунт без руйнування гребенів.
3. Були розраховані основні техніко-економічні показники виконання операції розпушування гребенів та міжрядь агрегатом МТЗ-80 + КОН2,8ПМ, що становлять: продуктивність агрегату за зміну – 13,82 га/зм; витрата палива – 6,67 кг/год; затрати праці – 0,51 люд. год/га; прямі експлуатаційні затрати – 690,36 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 790,98 грн/га.
4. На основі аналізу існуючих конструкцій робочих органів культиваторів, що забезпечують розпушення ґрунту після попереднього нарізання гребенів, прийшли до висновку, що вони не забезпечують обробіток основи гребеня. Для розпушування попередньо нарізаних гребенів були розроблені спеціальні робочі органи до культиватора КОН-2,8ПМ, що монтуються на модернізованих секціях.
5. Розраховані основні конструктивні та технологічні параметри удосконаленого культиватора: кут повороту механізму навколо осі змінюється в межах від 0 до 60<sup>0</sup>, максимальне відхилення робочого органу від осі міжряддя в поперечному напрямку становить 0,315 м, а мінімальне – 0,136 м; максимальне зміщення робочого органу за висотою становить 0,088 м за максимальної глибини розпушення 0,32 м від вершини гребеня; для утримування робочого органу на заданій глибині необхідно виготовити пружину стиску жорсткістю 1,834 Н/мм, середній діаметр, якої становить 35 мм з дроту діаметром 5 мм, довжиною 645 мм та кроком 8,4 мм.
6. Річний економічний ефект від використання запропонованого культиватора з розробленими робочими органами для обробітку гребенів порівняно з культиватором КОН-2,8ПМ зі стандартними робочими органами буде становити 321704 гривень (в цінах на 1.09.2022 р.) за умови річного завантаження 551,6 гектарів.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
- 2 Білявський Г. О., Фурдуй Р. С. , Костіков І. Ю. Основи екології: підручник, 2-ге вид., доповн. Київ. Либідь, 2005. 407 с.
- 3 Булгаков В.М., Гриник І.В., Калетнік Г.М. та ін. Теоретична механіка: підручник /за ред. Акад. НААН В.М. Булгакова. Київ: Аграрна наука, 2014. 560 с.
- 4 Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
- 5 Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
- 6 Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник. Київ. Вища освіта, 2004. 544 с.
- 7 Волков В.Д., Куценко В.С., Дзюба В.І. Довідник лакового по вирощуванню картоплі. Київ: Урожай, 2007. 334 с.
- 8 Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. Київ: ДІА, 2007. 279 с.
- 9 Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. Тернопіль: Економічна думка, 2001. 61 с.
- 10 Довбуш А.Д., Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 128с.
- 11 Довідник конструктора-машинобудівника (комплект з 3 книг). URL: [https://balka-book.com/ua/spravochniki\\_po\\_mashinostroeniyu-286/spravochnik\\_konstruktora\\_mashinostroitelya\\_komplekt\\_iz\\_3\\_knig-4411](https://balka-book.com/ua/spravochniki_po_mashinostroeniyu-286/spravochnik_konstruktora_mashinostroitelya_komplekt_iz_3_knig-4411) (дата звернення: 20.01.2023).
- 12 Закон України “Про охорону праці”. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. (Дата звернення 10.03.2023).

- 13 Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. Київ: Кондор. 2007. 334 с.
- 14 Настечко П.М. Індустріальна технологія виробництва картоплі. Київ: Урожай, 2011. 257 с. 18
- 15 Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ. Техніка, 2004. 512 с: іл.
- 16 Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В.І. Пастухова. Харків: Веста. 2001. 347 с.
- 17 Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
- 18 Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів. ЛДАУ, 1998. 264 с.
- 19 Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
- 20 Семен Я.В., Чухрай В.Є., Крупич О.М., Рис В.І., Буртак В.В. Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» ОС «Бакалавр». Львів. Сполом. 2023. 72 с.
- 21 Снітинський В.В., Саницький М.А., Мазурак О.Т., Мазурак А.В. Інженерне екологія. Аспекти енергозбереження: навчальний посібник. Львів. Апріорі, 2008. 221с.
- 22 Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
- 23 Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення. Львів: ЛНАУ, 2017. 13 с.
- 24 Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Навч. посібник. Львів: Сполом. 2022. 376 с.
- 25 Трактори в Україні. Електронний ресурс: URL: <https://prom.ua/ua/p1297179566-traktor-belarus-8922.html> ( дата звернення: 20.01.2023)