

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

Дідур В.В.

“ ” 2026 р.

Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт)
перший (бакалаврський)

(освітній рівень)

на тему **«Проектування технології фрезерування міжрядь при
вирощуванні яблук»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 32к-ім

Спеціальність Н7

«Агроінженерія»

Євгеній ЛИСИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник Андрій ВОЙТІК

(прізвище та ініціали)

Рецензент Едуард ПРОКОПЕНКО

(прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

	Стор
Вступ	4
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	6
1.1 Технологія вирощування яблук	6
1.2 Визначення складу с.г. машин	9
1.4 Розрахунок операційної технології	11
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	17
2.1 Вихідні дані	17
2.2 Визначення основних параметрів фрези	17
2.3 Енергетичний розрахунок агрегату	21
2.4 Розрахунок на міцність	22
2.5 Розрахунок циліндричного редуктора	23
2.6 Розрахунок ланцюгової передачі	27
2.7 Розрахунок валів на статичну міцність	30
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	38
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	42
Висновки	44
Список використаних джерел	45

ВСТУП

Яблуко — один із найпоширеніших і найстаріших фруктів у раціоні людини. Воно поєднує простоту вживання з багатством біологічно активних речовин, роблячи яблука важливим елементом здорового харчування, аграрної економіки та культурної традиції.

Харчова цінність і біоактивні компоненти Яблука містять вуглеводи (переважно природні цукри — фруктозу, глюкозу, сахарозу), харчові волокна (у тому числі пектин), вітаміни (особливо С і деякі В-групи), мінерали (калій, невеликі кількості кальцію, магнію, фосфору) та широкий спектр фенольних сполук (флавоноїди, кверцетин, хлорогенова кислота). Пектин регулює кишкову моторику та впливає на рівень холестерину, антиоксиданти захищають клітини від окисного стресу, а низька енергетична щільність робить яблука зручним снеком для контролю маси тіла.

Здоров'ячні переваги — що доводить наука Клінічні та епідеміологічні дослідження пов'язують регулярне споживання яблук із зниженням ризику серцево-судинних захворювань, покращенням профілю ліпідів крові та зменшенням запальних процесів. Антиоксиданти яблук сприяють захисту судин і клітин від ушкоджень, пектин допомагає стабілізувати глюкозу й знижувати абсорбцію холестерину. Дослідження також вказують на користь для мікробіому кишечника, адже яблучні волокна слугують субстратом для корисних бактерій.

Практична роль у харчуванні й кулінарії Яблука універсальні: їх їдять свіжими, сушать, консервують, використовують у випічці, соках, пюре та як функціональний інгредієнт у готових продуктах. Вони доступні в різних кліматичних зонах, мають тривалий період зберігання в контрольованих умовах і сприяють різноманітності раціону, зменшуючи залежність від оброблених продуктів.

Економічне і соціальне значення Яблуневі насадження забезпечують зайнятість у сільському господарстві, переробній промисловості та торгівлі.

Різноманіття сортів дає можливість адаптації до регіональних умов та ринкових ніш — від столових сортів до тих, що призначені для переробки або тривалого зберігання. У багатьох регіонах яблуко — важлива експортна культура і джерело доданої вартості.

Екологічні аспекти виробництва Сучасні підходи до вирощування яблунь (інтегровані системи захисту, органічне виробництво, точне землеробство) зменшують вплив на довкілля, знижують викиди і оптимізують використання ресурсів. Дерева забезпечують біорізноманіття в ландшафті, сприяють збереженню ґрунту та вуглецю у біомасі.

Обмеження й застереження Яблука можуть містити залишки пестицидів при інтенсивній технології вирощування, тому важливі якісні системи контролю й миття або очищення плодів. Для людей з окремими алергіями (пілоновий синдром) або дієтичними обмеженнями з підвищеним вмістом цукрів слід підходити до споживання індивідуально.

Яблуко — доступний, поживний і науково обґрунтований елемент збалансованого харчування, який поєднує користь для здоров'я, економічну привабливість і культурну цінність. Підтримка якісного, екологічно відповідального вирощування й грамотного включення яблук у раціон сприяє поліпшенню громадського здоров'я та сталому розвитку харчової системи.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Технології вирощування яблунь

Пересадивна підготовка ґрунту Під інтенсивні насадження ґрунт готують за заздалегідь визначеним планом — це інвестиція в стабільний урожай на роки вперед. Якщо ділянка раніше займалася польовими культурами, підготовка триває 2–3 роки; після плодових культур, особливо зерняткових — 4–5 років. Протягом цього часу висівають зернобобові, сидеральні культури і трави, а не менше року тримають ділянку під чорним паром, щоб очистити її від бур'янів, зокрема багаторічних. За потреби використовують гербіциди для прискорення очищення пару.

Планування і меліоративні роботи виконують першочергово. При суцільному удобренні вносять гній або торфокомпост (до 80 т/га на дерново-підзолистих, 50 т/га на сірих опідзолених та чорноземах) та мінеральні добрива з урахуванням вмісту P_2O_5 і K_2O . На оптимально забезпечених ґрунтах орієнтовні норми P — 180–240 кг/га, K — 180–240 кг/га. На ґрунтах, забруднених радіонуклідами, калій вносять у підвищених нормах (400–500 кг/га). Кислі ґрунти вапнують (приблизно 2 т/га вапняних матеріалів на 1 мг/екв гідролітичної кислотності).

Технологія внесення добрив залежить від типу ґрунту: на чорноземах і темно-сірих ґрунтах мінеральні добрива закладають під плантаж (45–60 см), органіку — по плантажу й заорюють на 25–30 см; на дерново-підзолистих і світло-сірих — органіку й туки вносять під оранку (20–25 см) із подальшим розпушуванням підорного шару до 40–45 см. При весняній посадці добрива вносять восени, при осінній — навесні. Для безвірусних насаджень на клонових підщепах обирають найбільш окультурені ділянки або застосовують знезараження ґрунту (фумігація).

Локальне передсадивне удобрення використовують на малородючих ділянках або в аматорських садах: у ями (80–100 см діаметром, 70–80 см глибиною) вносять Р30–60, К30–60 та 10–15 кг перегною, ретельно перемішуючи з ґрунтом; аналогічно добрива вносять на 1 м борозни. На важких дерново-підзолистих ґрунтах ефективно пошарове внесення торфу, мергелю та суглинку в траншеї великої ширини й глибини для значного підвищення родючості.

Вибір місця і характеристики ґрунту Для промислових інтенсивних садів яблуні віддають перевагу рівним ділянкам, розташованим не ближче 1 км від джерел водопостачання та населених пунктів. Допустимі схили — до 8–10° без терасування і до 20–22° після влаштування східчастих терас (полотно 4–6 м). Експозиція схилів підбирається регіонально: у південних районах — північно-західна та північно-східна; у північних і західних — південно-західна, південно-східна та південна.

Найпридатніші ґрунти — з нейтральною або слабо-кислою реакцією та карбонатною лінією не ближче 80–100 см від поверхні; за гранулометриєю — середньо- та легкосуглинкові. Легкі глинисто-піщані й супіщані ґрунти з підґрунтовими водами на глибині 1,6–2 м також придатні. На обраному полі під зимові сорти відводять ділянки з кращою родючістю й зволоженням; менш сприятливі місця — під літні та осінні сорти. Непридатними є солончаки, торфоболотні й місця з близьким заляганням агресивних геологічних порід.

При виборі ділянки враховують транспортні під'їзди, природний захист від панівних вітрів, розташування кварталів, доріг і садозахисних смуг, а також місця для допоміжної інфраструктури й гідротехнічних споруд.

Зрошення і водний режим Інтенсивні сади характеризуються високим водоспоживанням. У степових умовах молоді неплодоносні насадження до 4–5 років витрачають 1 500–2 000 м³/га води за вегетацію; плодоносні — 5 000–6 000 м³/га, причому 50–60 % цієї кількості випаровується з поверхні ґрунту. Зростання врожайності підвищує водоспоживання до певного порога (приблизно до 30 т/га),

після чого збільшення маси врожаю суттєво не змінює сумарного водоспоживання. Для підтримання високої продуктивності потрібен оптимальний водний режим близько 80 % НВ.

Вегетаційні поливи проводять при зниженні доступної вологи в зоні кореневмісного шару до 70 % НВ. Молоді сади на чорному парі в південному Степу поливають 4–6 разів нормою 300–500 м³/га, у північному Степу і Лісостепу — 3–4 рази; сумарно це дає 1 500–2 000 м³/га. Плодоносні сади у південному Степу поливають 5–6 разів з орієнтовною зрошувальною нормою 4 000–5 000 м³/га для зимових сортів і 3 000–4 000 м³/га для літніх. Інтервали поливів визначаються регіоном і погодними умовами: у посушливі періоди — кожні 10–15 діб, за нормальних умов — 20–30 діб.

Метод зрошення впливає на витрати води: при поверхневих способах нормами є 5 000–6 000 м³/га, а при краплинному зрошенні витрата зменшується в 1,5–5 разів. Однак у Степу в посушливі роки краплинне зрошення самостійно може не забезпечити оптимальний режим; комбіновані схеми — краплинний полив у поєднанні з підкрановим дощуванням — показують кращі результати: підвищують вологість, знижують температуру повітря в критичні періоди на 5–6 °С і підвищують врожайність та якість плодів.

Осушення і дренаж На ділянках з періодичним перезволоженням застосовують осушувальні заходи: водовідвідні канали по межах кварталів, нарізування водовідвідних борозен, траншейний дренаж із закритими трубами при тривалому застою води. Агромеліоративні методи утримання міжрядь (дерново-перегнійна або паро-сидеральна системи) також сприяють оптимізації водного режиму.

1.3. Визначення складу сільськогосподарських машин

Склад сільськогосподарських машин визначають на підставі плану механізованих робіт (табл. 1.1) для виробництва яблук на площі 150 га приведений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Склад сільськогосподарських машин

	Сільськогосподарські машини	Марка	Кількість,од
1	Обрізувач дерев	МКО-3	2
2	Стягувач гілок	СВ-2	2
3	Навантажувач	ПКУ-0,8А	1
4	Розкидач мін. добрив	МВУ-5А	1
5	Фреза	ФА-0,76	8
6	Фреза	ФПШ-200	2
7	Змішувач отрутохімікатів	АПЖ-12	4
8	Оприскувач	ОПВ-2000	4
10	Культиватор	КСН-5	4
11	Плодозбиральний комбайн	ВУК-3	1
12	Навантажувач орг. добрив	ПЕ-Ф-1	1
13	Розкидач орг. добрив	РОУ-6М	1

До найбільш об'єктивних показників, що характеризують рівень використання техніки у господарствах, відносять:

- 1) енергонасиченість;
- 2) енергоозброєність;
- 3) машинозабезпеченість;
- 4) коефіцієнт змінності, використання і технічної готовності тракторного парку;
- 5) енергонасиченість машин (парку), та ін.

Енергозабезпеченість господарства (E_3) це кількість еталонних тракторів, що припадає на 100 га ріллі.

$$E_3 = \frac{10^2 \sum N_n}{\sum F_p}, \quad (1.1)$$

де $\sum N_n$ - загальна кількість еталонних тракторів у господарстві;

$\sum F_p$ - площа ріллі, га.

$$E_3 = \frac{17,4 \cdot 10^2}{2774} = 0,63$$

Енергонасиченість - це кількість (кВт) ефективної потужності (тракторів, самохідних шасі, автомобілів та інших енергетичних установок, що припадає на одного механізатора ($\sum n_{ma}$))

$$E_m = \frac{\sum N_{e-i}}{\sum n_{m-i}}, \quad (1.2)$$

$$E_m = \frac{1546}{19} = 81,4 \text{ кВт}$$

Машинобезпеченість (M_3) - це кількість машин будь-якого типу що припадає на 100 га ріллі

$$M_3 = \frac{10^2 \sum B_i}{\sum F_p}, \quad (1.3)$$

де $\sum B_i$ - сумарна ширина захвату машин i -того типу (культиваторів, борін тощо), м.

$$M_3 = \frac{612,5 \cdot 10^2}{2774} = 22,1$$

Коефіцієнт змінності $K_{зм}$ характеризує ступінь використання тракторів, комбайнів, автомобілів, обумовлюється він забезпеченістю механізаторами

$$K_{зм} = \frac{\sum m_{зм}}{\sum D_p}, \quad (1.4)$$

де $\Sigma t_{зм}$ - сумарна кількість відпрацьованих трактором змін за певний проміжок часу (декаду, місяць, рік);

ΣD_p - сумарна кількість відпрацьованих трактором днів за цей же період.

$$K_{зм} = \frac{3102}{2867} = 1,08$$

1.4. Розрахунок операційної технології

1.4.1. Умови виконання операцій:

- тип ґрунту – чорнозем
- довжина і ширина поля – 1875-800м.
- середній схил поверхні поля – Під промислові насадження відводять рівні місця і схили крутістю до 1,5-3°.
- агрофон 8-річні насадження яблук.

1.4.2. Склад агрегату і його техніко-економічні показники. Комплектування агрегату.

Для фрезерування ґрунту використаємо трактор ЮМЗ-6Л та фрезу ФПШ-200.

Фрезерування ґрунту можна виконувати на робочих передачах трактора:

$$V_{p1} = 4,24 \text{ км/год}$$

$$V_{p2} = 4,73 \text{ км/год}$$

$$V_{p3} = 5,26 \text{ км/год}$$

За вибраними передачами розраховуємо тягове зусилля трактора за формулою:

$$P_{гак1} = \frac{10 \cdot (58,9 - \frac{20}{0,95})}{1750 \cdot 0,356} \cdot 44,5 - 63,1 \cdot (0,07 + 0,03) = 4,59 \text{ кН}$$

$$P_{\text{гак1}} = \frac{10 \cdot (58,9 - \frac{20}{0,95})}{1750 \cdot 0,356} \cdot 39,8 - 63,1 \cdot (0,07 + 0,03) = 4,77 \text{ кН}$$

$$P_{\text{гак1}} = \frac{10 \cdot (58,9 - \frac{20}{0,95})}{1750 \cdot 0,356} \cdot 35,7 - 63,1 \cdot (0,07 + 0,03) = 5,24 \text{ кН}$$

Розрахунок опору машини:

$$R_a = G_M \cdot (f_M + i) + \frac{3,6 \cdot N_{np} \cdot n_{np}}{V_p \cdot n_6}, \text{кН} \quad (1.5)$$

де G_M - експлуатаційна вага машин, кН

f_M - коефіцієнт опору кочення машини;

N_{np} - потужність яка необхідна для приводу робочих органів машини, кВт

n_{np} - коефіцієнт корисної дії трансмісії = 0,09

i - величина схилю = 0,03

V_p - робоча швидкість агрегату, км/год

n_6 - к.к.д. ходового апарату = 0,95

$$R_{a1} = 63,1 \cdot 0,03 + \frac{3,6 \cdot 20 \cdot 0,09}{4,24 \cdot 0,95} = 3,49 \text{ кН}$$

$$R_{a1} = 63,1 \cdot 0,03 + \frac{3,6 \cdot 20 \cdot 0,09}{4,73 \cdot 0,95} = 3,33 \text{ кН}$$

$$R_{a1} = 63,1 \cdot 0,03 + \frac{3,6 \cdot 20 \cdot 0,09}{5,26 \cdot 0,95} = 3,16 \text{ кН}$$

З метою оцінки швидкісного та завантажувальних режимів роботи агрегатів розраховуємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора за формулою:

$$n_{\text{вТЗ1}} = \frac{3,49}{4,59} = 0,76$$

$$n_{\text{вТЗ2}} = \frac{3,33}{4,77} = 0,69$$

$$n_{\text{втзз}} = \frac{3,16}{5,24} = 0,60$$

На підставі аналізу коефіцієнт використання тягового зусилля трактора приймаємо: Режим роботи $V_{p1} = 4,24$ км/год , $n_{\text{втз1}} = 0,76$

Годинна продуктивність визначається:

$$W_r = 0,1 \cdot B_p \cdot g_p \cdot \tau \quad (1.6)$$

де B_p – ширина захвату, м

g_p – робоча швидкість агрегату;

τ – коефіцієнт використання робочого часу $\tau = 0,88$

Тоді :

$$W_{rIV} = 0,1 \cdot 2 \cdot 4,24 \cdot 0,88 = 0,75 \text{ га/год};$$

Визначаємо витрата палива по формулі:

$$Q = \frac{g_e \cdot N_{eH} \cdot \xi_B}{W} ; \quad (1.7)$$

де g_e – ідеальна ефективна витрата палива: кг/кВт год;

N_e – ефективна номінальна потужність трактора, кВт;

ξ_B – коефіцієнт завантаження двигуна.

$$Q_{IV} = \frac{0,252 \cdot 58,9 \cdot 0,76}{0,75} = 15 \text{ кг/га};$$

Витрати робочого часу:

$$H = \frac{n_{\text{max}} + n_{\text{дон.}}}{W_a} ; \quad (1.8)$$

де n_{max} – кількість механізаторів обслуговуючих агрегат;

$n_{доп.}$ – кількість допоміжних робітників;

W_a – продуктивність агрегату, га/год.

$$H = \frac{1}{0,75} = 1,33 \frac{\text{люд.год}}{\text{га}}.$$

Визначаємо ширину поворотної смуги:

$$E_n = 2,8 \cdot R_0 + 0,5 d_e + l \quad (1.9)$$

де R_0 – радіус повороту;

$$R_0 = 0,9 \cdot 2 = 1,8 \text{ м};$$

d_e – кінематична ширина агрегату, $d_e = 2 \text{ м}$;

l – довжина виїзду агрегату, $l = 0,25 \cdot l_k = 0,25(2,450 + 1,1) = 0,89 \text{ м}$;

$$E_n = 2,8 \cdot 1,8 + 0,5 \cdot 2 + 0,89 = 6,93 \text{ м}.$$

Визначення часу циклу:

$$T_{ц} = T_p + T_0 + T_{нов}; \quad (1.10)$$

де T_p – час роботи;

T_0 – час зупинок, заправлень;

$T_{нов}$ – час повороту

$$T_p = v_p^{-1} \cdot l_p \quad (1.11)$$

де l_p – робоча довжина поля, м;

V_p – робоча швидкість, км/год.

$$T_p = \frac{0,8}{4,24} = 0,19 \text{ год}.$$

$$V = V_T(1 - \delta) \quad (1.12)$$

де δ – коефіцієнт буксування.

$$L_p = L - 2E_n = 800 - 2 \cdot 6,93 = 814 \text{ м};$$

$$\tau_{\text{пов}} = \frac{1}{4} = 0,25.$$

$$T_{\text{нов}} = T_p \cdot \tau_n = 0,19 \cdot 0,25 = 0,04;$$

Визначаємо продуктивність агрегату за цикл:

$$W_u = W \cdot T_u, \quad (1.13)$$

де W – продуктивність агрегату, га/ц;

T_u – час циклу, ч;

$$W_u = 0,76 \cdot 0,25 = 0,19 \text{ га}.$$

Визначення витрати палива:

$$Q = \frac{G_{\text{тр}} \cdot T_p + G_{\text{т.х.х}} \cdot T_x + G_{\text{т0}} \cdot T_0}{W_u} \quad (1.14)$$

де $G_{\text{тр}}, G_{\text{тхх}}, G_{\text{т0}}$ – витрата палива на робочому, холостому режимах і зупинках:

T_p, T_x, T_0 – час робочий, холостий, зупинок.

W_u – продуктивність агрегату за цикл.

Витрата палива:

$$Q = \frac{13 \cdot 0,19 + 7 \cdot 0,04 + 12 \cdot 0,02}{0,19} = 15,73 \text{ кг/га}.$$

1.4.3. Підготовка поля та вибір способу руху. Підготовка поля включає в себе огляд поля з метою усунення перешкод які можуть погіршити якість

виконання операції, знизити продуктивність агрегата та способу руху агрегатів враховуючи попередні операції та природні умови.

Способи руху фрезерних агрегатів - гонові (човникові) з петльовими або безпетльовими поворотами.

Під час виконання механізованих робіт машинно-тракторний агрегат рухається різними способами, проходячи шлях значної довжини, який складається з робочого й холостого ходів.

При виконанні технологічної операції агрегати на полях проходять значні відстані. Так, наприклад, при виконанні оранки на полі площею 10 га агрегат ДТ-75+ФБН-1,5 долає відстань 150-180 км. Із загального шляху приблизно 8-12% відносяться на холостий хід (а на коротких ділянках-до 40%).

Холості ходи безпосередньо пов'язані з технологічним процесом, за лежать від виду руху агрегатів, конфігурації загінки, стану рослин і ґрунту. Застосуванням оптимальних розмірів загінок, раціональних видів руху агрегатів можна скоротити ці холості ходи і тим самим поліпшити ефективність використання агрегату.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Вихідні дані

Призначення фрези – обробіток міжрядь в саду; ширина захвату 2,5 (B , м); швидкість агрегату 4,2 (V_m , км/год); глибина обробітку ґрунту 12 (h , см); питомий опір деформації ґрунту 35 (ρ , МПа).

2.2 Визначення основних параметрів фрези

На рис. 2.1 наведена схема ґрунтообробної фрези (польової або для ягідників).

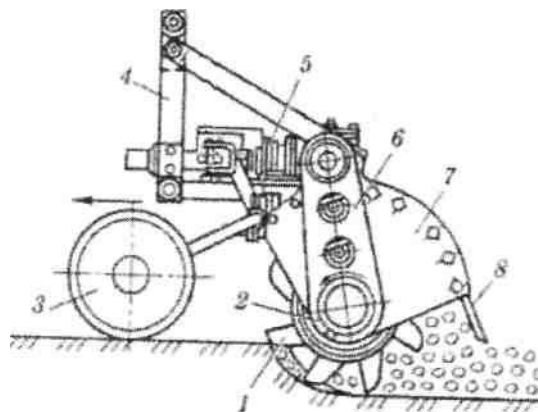


Рисунок 2.1 – Схема ґрунтообробної фрези:

1 – ніж; 2 – барабан; 3 – опорне колесо; 4 – навіска; 5 і 6 – редуктори;
7 – кожух; 8 – решітка

2.2.1. Діаметр фрезерного барабана. Діаметр фрезерного барабана D по кінцях ножів вибирати за умови забезпечення обробітку ґрунту на задану глибину h і заглиблення лише ножів (інші деталі барабана мають проходити над поверхнею поля, з мінімальним зазором 50...60 мм). Для більшості фрез $D = (2,5...3,5) h$.

$$D=3 \cdot 0,12=0,36 \text{ м}$$

2.2.2. *Кількість ножів, закріплених на одному диску.* Основні критерії для вибору кількості ножів z – це подача і гребенистість дна борозни, які задаються відповідними агротехнічними вимогами. Вибирати z потрібно згідно з рекомендаціями та оглядом конструкцій фрез [2, 5]. Частіше всього $z = 2; 4$ або 6 . Приймаємо $z = 10$.

2.2.3. *Кількість дисків на барабані:*

$$m = \frac{B}{2l + \delta}, \quad (2.1)$$

де l – довжина відігнутої частини ножа;

δ – товщина диска.

$$m = \frac{2,5}{2 \cdot 0,05 + 0,009} = 22,9 \approx 30$$

2.2.4. *Кінематичний режим роботи фрези:*

$$\lambda = \frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{z}\right)\pi - \arcsin\left(-\frac{h_2}{R}\right)}{\frac{1}{R}\sqrt{2Rh_2 - h_2^2}} \quad (2.2)$$

де $h_2 = (0,1 \dots 0,15) h$ – висота гребенів;

R – радіус фрезерного барабана, ($R = D/2$).

$$\lambda = \frac{(0,5 + 0,1) \cdot 3,14 - \arcsin(-0,012/0,18)}{\frac{\sqrt{2 \cdot 0,18 \cdot 0,12 - 0,012^2}}{0,18}} = 5,8$$

2.2.5. *Частота обертання барабана:*

$$n = \frac{60V_k}{\pi D}, \text{ об/хв.}, \quad (2.3)$$

де V_k – колова швидкість барабана, м/с ($V_k = V_a \lambda$).

$$n = \frac{60 \cdot 1,17 \cdot 5,8}{3,14 \cdot 0,36} = 360 \text{ об/хв}$$

2.2.6. *Подача на ніж.* Визначити з урахуванням мінімальної гребенистості дна борозни та параметрів барабана (рис. 3.2) [4, 8]:

$$S = \frac{\pi D}{z \lambda}, \text{ м} \quad (2.4)$$

Рекомендоване значення $S = 0,05 \dots 0,15$ м.

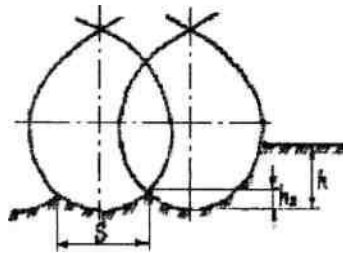


Рисунок 2.2 – Схема до визначення подачі на ніж і висоти гребенів дна обробітку: h – глибина обробітку; h_2 – висота гребенів; S – подача на ніж

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,38}{10 \cdot 5,8} = 0,021 \text{ м}$$

2.2.7. *Кут встановлення ножів на дисках відносно радіуса барабана та кут їх загострення.* Вказані кути визначити за умови найменшого опору різанню та самоочищення під час роботи [4, 5].

Кут γ_2 , приймають в межах $30 \dots 40^\circ$.

$$\gamma_1 = 90 - \gamma_2 = 90 - 30 = 60^\circ \quad (2.5)$$

2.2.8. *Потужність, яка реалізується фрезою.* У загальному вигляді потужність, яка витрачається на роботу фрези, розрахувати як суму трьох видів потужностей:

$$N = N_d + N_e + N_p, \text{ кВт}, \quad (2.6)$$

де N_d – потужність на деформацію ґрунту, кВт;

N_b – потужність на відкидання стружки, кВт;

N_n – потужність на переміщення фрези по полю, кВт.

Визначальною є потужність N_o , яку визначити за формулою:

$$N_o = 10^{-3} p \cdot c \cdot h \cdot z \cdot \frac{V_k}{\pi \cdot D}, \text{ кВт} \quad (2.7)$$

де p , Н/м²; h , м; V_k , м/с; D , м.

c - переріз ґрунтової стружки, м², $c = s \cdot l$.

$$N_d = 10^{-3} \cdot 35 \cdot 10^6 \cdot 0,00105 \cdot 0,12 \cdot 10 \cdot \frac{6,77}{3,14 \cdot 0,36} = 26,4 \text{ кВт}$$

Потужність на відкидання стружки

$$N_e = 10^{-3} \cdot \frac{k_e \cdot B \cdot z \cdot h \cdot \psi \cdot V_k^2}{2}, \text{ кВт}, \quad (2.8)$$

де k_e – коефіцієнт який залежить від форми ножа ($k_e = 0,85 \dots 1,0$);

ψ – об'ємна маса ґрунту, кг/м³.

B , м; h , м; V_k , м/с.

$$N_e = 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 2,5 \cdot 10 \cdot 0,08 \cdot 1500 \cdot \frac{6,77^2}{2} = 6,2 \text{ кВт}$$

Потужність N_n на переміщення фрези

$$N_n = \frac{G_\phi \cdot f \cdot V_m}{1000}, \text{ кВт}, \quad (2.9)$$

де $f = 0,15 \dots 0,20$ – коефіцієнт опору перекочування;

G_ϕ – маса (вага) фрези, Н.

V_m , м/с.

$$N_n = 3800 \cdot 0,18 \cdot \frac{1,17}{1000} = 0,8 \text{ кВт}$$

$$N_e = 26,4 + 6,2 + 0,8 = 33,4 \text{ кВт}$$

Потужність на ВВП трактора

$$N_{ВВП} = \frac{N_{\delta} + N_{\epsilon}}{\eta_{пер}}, \text{ кВт}, \quad (2.10)$$

де $\eta_{пер}$ – коефіцієнт корисної дії передач від фрезерного барабана до ВВП (визначається з прийнятої кінематичної схеми привада барабана).

$$N_{ВВП} = (26,4 + 6,2) / 0,89 = 36,6 \text{ кВт}$$

2.3 Енергетичний розрахунок агрегату

2.3.1. Витрати потужності з трансмісії трактора

$$N_{тр} = (1 - \eta_{тр}) N_e, \text{ кВт} \quad (2.11)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна трактора вибраного класу, кВт, (клас трактора вибрати орієнтовно, виходячи з технічної характеристики фрези); $\eta_{тр}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора.

Для тракторів класу 1,4 $\eta_{тр} = 0,8...0,9$.

$$N_{тр} = (1 - 0,85) 38,4 = 5,76 \text{ кВт}$$

2.3.2 Потужність, яка витрачається на переміщення агрегату

$$N_f = \frac{(G_{тр} + G_{\phi}) \cdot f \cdot V_m}{1000}, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

де $G_{тр}$ і G_{ϕ} – відповідно вага трактора і фрези, кгс;

f – коефіцієнт опору на перекошування агрегата ($f = 0,01...0,1$); V_m , км/год.

$$N_f = (32400 + 3800) 0,04 \cdot 1,17 / 1000 = 1,7 \text{ кВт}$$

2.3.3. Потужність, яка витрачається на буксування

$$N_{\delta} = N_e \eta_{тр} \delta, \text{ кВт}, \quad (2.13)$$

де δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 0,05...0,12$).

$$N_{\delta} = 38,4 \cdot 0,85 \cdot 0,05 = 1,63 \text{ кВт}$$

2.3.4. Потужність, яка витрачається на подолання схилів

$$N_{cx} = (G_{mp} + G_{\phi}) i V_m, \text{ кВт}, \quad (2.14)$$

де i – величина схилу ($i = 0,01 \dots 0,05$).

$$N_{cx} = (32400 + 3800) 0,01 \cdot 1,17 = 0,5 \text{ кВт}$$

2.3.5. Сумарна потужність на роботу фрезерного агрегату

$$N_{\Sigma} = N_{BВП} + N_{np} + N_f + N_{\phi} + N_{cx}, \text{ кВт}. \quad (2.15)$$

$$N_{\Sigma} = 36,6 + 5,76 + 1,7 + 1,63 + 0,5 = 46,2 \text{ кВт}$$

2.3.6. Коефіцієнт використання потужності двигуна

$$\eta = \frac{N_{\Sigma}}{N_e}$$

$\eta = 0,6 \dots 0,8$ вважається нормальним.

$$\eta = 46,2 / 58,9 = 0,78$$

2.4 Розрахунок на міцність

Розрахуємо діаметр валу фрезерного барабану з умови забезпечення міцності та жорсткості при крученні. Приймаємо умову, що вал буде виготовлено зі сталі 35 суцільним.

Спочатку визначимо крутний момент:

$$M_k = 9549 N_{BВП} / n = 9549 \cdot 36,6 / 360 = 971 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (2.16)$$

З умови забезпечення міцності діаметр вала визначається як

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 M_k}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 0,971}{3,14 \cdot 150}} = 32 \text{ мм} \quad (2.17)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження при крученні, МПа.

З умови забезпечення жорсткості діаметр вала фрезерного барабану визначаємо за наступною формулою:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32M_k}{G\pi[\theta]}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 0,971}{8 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14 \cdot 0,3}} = 14,3 \text{ мм} \quad (2.18)$$

де G – модуль пружності сталі, МПа;

$[\theta]$ – допустимий відносний кут закручування, м^{-1} .

Отже, для забезпечення умов міцності та жорсткості приймаємо діаметр вала фрезерного барабану рівним 35 мм

2.5 Розрахунок циліндричного редуктора

Для швидкохідного ступеня [15]:

Коефіцієнти міжосьової відстані K_a для косозубих колес $K_a = 43,0$.

Коефіцієнти ширини ψ_a приймають в залежності від положення коліс відносно опор. Значення ψ_a приймають із числа стандартних, отже, $\psi_a = 0,25$.

Коефіцієнт ширини ψ_b розраховуємо по формулі:

$$\begin{aligned} \psi_b &= 0,5\psi_a (u + 1) \\ \psi_b &= 0,5 \cdot 0,25(5 + 1) = 0,75 \end{aligned} \quad (2.19)$$

Для даного варіанта коефіцієнт концентрації навантаження $K_{H\beta} = 1,0$

1. Визначаємо міжосьову відстань:

$$\begin{aligned} a_w &\geq K_a (u \pm 1)^3 \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} T_2}{\psi_a u^2 [\sigma]_H^2}} \\ a_w &\geq 43(5 + 1)^3 \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 1704 \cdot 10^3}{0,25 \cdot 5^2 \cdot 361,125^2}} = 184,4 \text{ мм;} \end{aligned} \quad (2.20)$$

Приймаємо міжосьову відстань $a_w = 185 \text{ мм}$

2. Модуль передачі:

$$m_n = (0,01 \dots 0,02)a = (0,01 \dots 0,02)185 = 1,85 \dots 3,7 \text{ мм}$$

Заокруглюємо до стандартного значення, тоді $m=2,5 \text{ мм}$.

3. Задаємося кутом нахилу зубів $\beta = 32^\circ$. Визначаємо число зубців шестірни:

$$Z_1 = \frac{2a \cos \beta}{m_n(u+1)} \quad (2.21)$$
$$Z_1 = \frac{2 \cdot 185 \cdot \cos 32^\circ}{2,5(5+1)} = 20,92$$

Приймаємо, $Z_1=21$

– Число зубців колеса:

$$Z_2 = Z_1 u = 21 \cdot 5 = 105$$

4. Визначаємо кут нахилу зубців:

$$\cos \beta = \frac{m_n(Z_1+Z_2)}{2a} \quad (2.22)$$
$$\cos \beta = \frac{2,5(21+105)}{2 \cdot 185} = 0,85135$$
$$\cos^{-1} \beta = 31,64119219$$

Отже, кут $\beta = 31^\circ 4' 28''$

5. Визначаємо геометричні розміри коліс:

Ділильні діаметри:

– Шестерні

$$d_1 = \frac{z_1 m_n}{\cos \beta} \quad (2.23)$$

$$d_1 = \frac{z_1 m_n}{\cos \beta} = \frac{21 \cdot 2.5}{0.85135} = 61.67 \text{ мм};$$

– колеса

$$d_2 = \frac{z_2 m_n}{\cos \beta} = \frac{105 \cdot 2.5}{0.85135} = 308.33 \text{ мм};$$

Діаметри окружності вершин d_a і впадини d_f зубів.

– шестерні

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 61.67 + 2 \cdot 2.5 = 66.67 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = d_1 - 2.5m = 61.67 - 2.5 \cdot 2.5 = 55.42 \text{ мм};$$

Ширина шестерні

$$b_1 = 1.08b_2 = 1.08 \cdot 46.25 = 49.95 \text{ мм.}$$

– колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 308.33 + 2 \cdot 2.5 = 313.33 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5m = 308.33 - 2.5 \cdot 2.5 = 302.08 \text{ мм};$$

Ширина колеса

$$b_2 = \psi_a a_w = 0.25 \cdot 185 = 46.25$$

7. Визначаємо сили в зачепленні.

– Окружна

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 1704 \cdot 10^3}{308.33} = 965 \text{ Н};$$

– Радіальна

$$F_r = F_t \tan \beta / \cos \beta = 965 \cdot \frac{0.6249}{0.848} = 711,2 \text{ Н};$$

– Осьова

$$F_a = F_t \tan \beta = 965 \cdot 0.6249 = 603 \text{ Н}.$$

Для тихохідного ступеня:

1. Визначаємо міжосьову відстань:

$$a_w \geq K_a(u+1)^3 \sqrt{\frac{K_H \beta T_2}{\psi_a u^2 [\sigma]_H^2}} = 43(5+1)^3 \sqrt{\frac{1 \cdot 1450,86 \cdot 10^3}{0.25 \cdot 5^2 \cdot 361,125^2}} = 312,7 \text{ мм};$$

Приймаємо міжосьову відстань $a_w = 315 \text{ мм}$

2. Модуль передачі:

$$m_n = (0,01 \dots 0,02)a = (0,01 \dots 0,02)315 = 3,15 \dots 6,3 \text{ мм}$$

Заокруглюємо до стандартного значення в більшу сторону, тоді $m=2,5 \text{ мм}$.

3. Задаємося кутом нахилу зубів $\beta = 12^\circ$

– Визначаємо число зубців шестірни:

$$Z_1 = \frac{2a \cos \beta}{m_n(u+1)} = \frac{2 \cdot 315 \cdot \cos 12^\circ}{2,5(5+1)} = 41,082$$

Приймаємо, $Z_1=41$

– Число зубців колеса:

$$Z_2 = Z_1 u = 41 \cdot 5 = 205$$

4. Визначаємо кут нахилу зубців:

$$\cos \beta = \frac{m_n(Z_1+Z_2)}{2a} = \frac{2,5(41+205)}{2 \cdot 315} = 0,9762.$$

$$\cos^{-1} \beta = 12,527905$$

Отже, кут $\beta = 12^{\circ} 3' 40''$

5. Визначаємо геометричні розміри коліс:

Ділильні діаметри:

– шестірні

$$d_1 = \frac{z_1 m_n}{\cos \beta} = \frac{41 \cdot 2.5}{0.9762} = 105 \text{ мм};$$

– колеса

$$d_2 = \frac{z_2 m_n}{\cos \beta} = \frac{205 \cdot 2.5}{0.9762} = 525 \text{ мм};$$

Діаметри окружності вершин d_a і впадини d_f зубів.

– шестірні

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 105 + 2 \cdot 2.5 = 110 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = d_1 - 2.5m = 105 - 2.5 \cdot 2.5 = 98.75 \text{ мм};$$

Ширина шестерні

$$d_1 = 1.08b_2 = 1.08 \cdot 78.75 = 85.05 \text{ мм}.$$

– колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 525 + 2 \cdot 2.5 = 530 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5m = 525 - 2.5 \cdot 2.5 = 518.75 \text{ мм};$$

Ширина колеса

$$b_2 = \psi_a a_w = 0.25 \cdot 315 = 78.75$$

7. Визначаємо сили в зачепленні.

– Окружна

$$F_t = \frac{2T_3}{d_2} = \frac{2 \cdot 1450,86 \cdot 10^3}{525} = 5527 \text{ Н};$$

– Радіальна

$$F_r = F_t \tan \beta / \cos \beta = 5527 \cdot \frac{0,2126}{0,9781} = 1201,35 \text{ Н};$$

– Осьова

$$F_a = F_t \tan \beta = 5527 \cdot 0,2126 = 1175 \text{ Н}.$$

2.6 Розрахунок ланцюгової передачі

1. Приймаємо крок ланцюга [15].

$$p = 25,4 \text{ мм}$$

число зубців ведучої зірочки

$$Z_1 = 29 - 2u = 29 - 2 \cdot 1 = 27;$$

2. Визначаємо число зубів веденої зірочки приймаємо рівною кількості зубів ведучої зірочки:

$$Z_2 = Z_1 = 27$$

де u – передаточне число ланцюгової передачі

3. Визначаємо оптимальну міжосьову відстань a , мм.

$$a = (30 \dots 50)p = 30 \cdot 25,4 = 762 \text{ мм} \quad (2.24)$$

де p – крок ланцюга. Тоді

$$a_p = \frac{a}{p} = 30$$

– міжосьова відстань в кроці.

4. Визначаємо число ланок ланцюга l_p :

$$l_p = 2a_p + \frac{z_2 + z_1}{2} + \frac{[(z_2 - z_1)/2\pi]^2}{a_p} = 2 \cdot 30 + \frac{27 + 27}{2} + \frac{[(27 - 27)/2 \cdot 3,14]^2}{30} \approx 87 \quad (2.25)$$

5. Визначаємо фактичну міжосьову відстань a , мм

$$a = a_p p = 30 \cdot 762 = \text{мм} \quad (2.26)$$

6. Визначаємо довжину ланцюга l , мм:

$$l = l_p p = 87 \cdot 25,4 = 2209,8 \text{ мм} \quad (2.27)$$

7. Визначаємо діаметри зірочок, мм.

Ділильні діаметри:

– Ведучої зірочки

$$d_1 = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} = \frac{25,4}{\sin \frac{180^\circ}{27}} \approx 218,79 \text{ мм}; \quad (2.28)$$

– Веденої зірочки

$$d_2 = d_1 = 218,79 \text{ мм};$$

Діаметри кола вершин:

– Ведучої зірочки

$$d_{a1} = p \left(K + K_{z1} - \frac{0.31}{\lambda} \right) \cdot 2 = 25,4 \left(0.7 + 3.6 - \frac{0.31}{3.207} \right) \cdot 2 \approx 221 \text{ мм} \quad (2.29)$$

2.7 Розрахунок валів на статичну міцність

Швидкохідний вал

Вхідний вал редуктора з'єднується з валом електродвигуна зубчастою муфтою.

Вали зазнають два види деформації – кручення та згину.

Визначення реакцій опор від сил, що виникають в зачепленні;

- Вертикальна площина:

Опорні реакції в вертикальній площині:

$$\begin{aligned} \sum M_A^B &= -F_t \cdot a - F_t(a + b) + R_B (2a + b); \\ R_B^B &= 1097 \text{ (H)}, R_A^B = 1097 \end{aligned} \quad (2.30)$$

- горизонтальна площина:

$$\sum M_A^r = -F_r \cdot a - F_r(a + b) + R_B (2a + b) - F_a \cdot 23,33 + F_a \cdot 23,33;$$

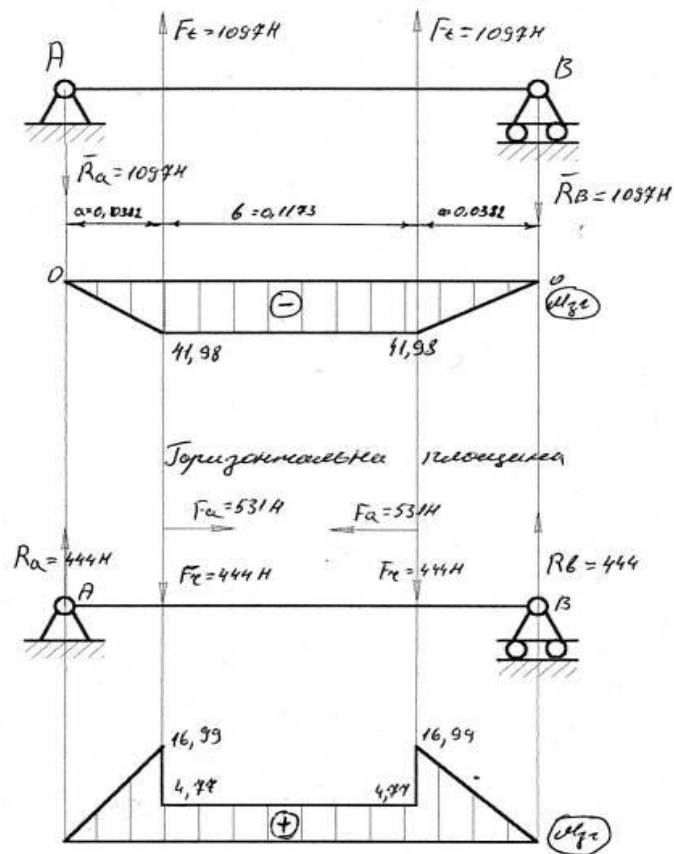


Рисунок 2.3 – Епюра згинаючих та крутних моментів

$$R_B^{\Gamma} = 444 \text{ (H)}, R_A^{\Gamma} = 444$$

Визначення згинаючих моментів

$$M_{3\Gamma}^B = R_B^B \cdot a = 1097 \cdot 0.0382 = 41.98 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_{3\Gamma}^{\Gamma} = R_B^{\Gamma} \cdot a = 444 \cdot 0.0382 = 16.99 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_{3\Gamma} = M_{3\Gamma}^B \cdot b = 41.98 \cdot 0.1173 = 4.77 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Сумарний згинаючий момент у небезпечному перерізі

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{3\Gamma}^B)^2 + (M_{3\Gamma}^{\Gamma})^2} = \sqrt{41.98^2 + 16.99^2} = 45.28 \text{ H} \cdot \text{м} \quad (2.31)$$

Визначимо приведений момент

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\Sigma}^2 + T^2} = 1452 \text{ H} \cdot \text{м} \quad (2.32)$$

Матеріал: Сталь 35 $[\sigma]_{\text{зг}} = 50 \text{ МПа}$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{пр}} \cdot 1000}{0.1 \cdot [\sigma]_{\text{зг}}}} = \sqrt[3]{\frac{1452 \cdot 1000}{0.1 \cdot 50}} = 66 \text{ мм}$$

Отже, виходячи із розрахунку даний вал витримає дані навантаження.

Проміжний вал.

Визначення реакцій опор від сил, які виникають в зачепленні.

Вертикальна площина

$$\begin{aligned}\sum M_A^B &= -F_{t1} \cdot a + F_{t2} \cdot (a + b) + R_B \cdot (2a + 2b) - F_{t1} \cdot (a + 2b); \\ R_B &= 4494 \text{ Н}; R_A = 4494 \text{ Н}\end{aligned}$$

Визначення згинаючих моментів:

$$\begin{aligned}M_{\text{зг1}} &= R_A \cdot x = 4494 \cdot 0.04 = 179,76 \text{ Н} \\ M_{\text{зг2}} &= R_A \cdot (a + x) - F_{t1}x = 378,82 \text{ Н}\end{aligned}$$

Горизонтальна площина:

$$\begin{aligned}\sum M_A^\Gamma &= F_{a1} \cdot d_1 + F_{r1} \cdot a + F_{a2} \cdot d_2 - F_{r1} \cdot (a + b) + R_B^\Gamma(2a + 2b) + F_{r1} \cdot \\ &(a + 2b) - F_{a1} \cdot d_1\end{aligned}$$

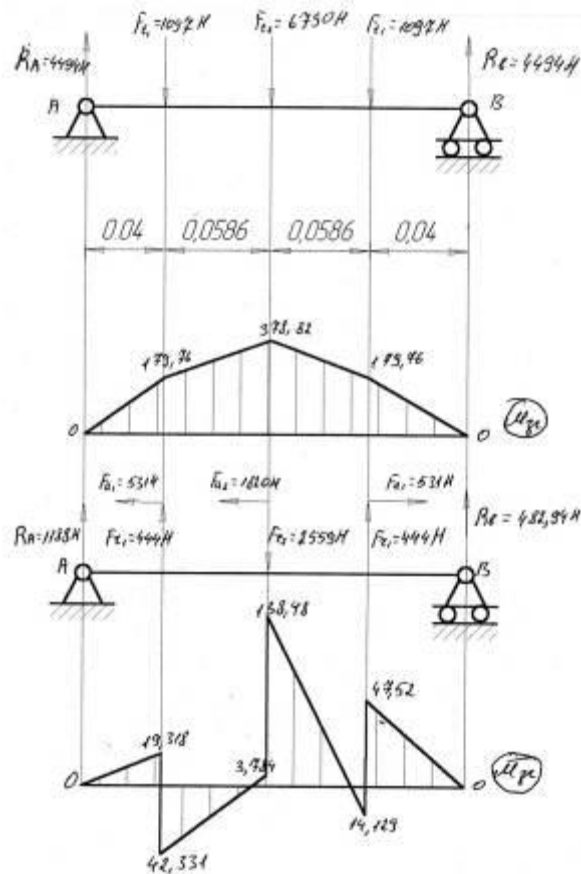


Рисунок 2.4 – Енюра реакцій в вертикальній площині

$$R_B^{\Gamma} = 482,94 \text{ H};$$

$$\sum M_B^{\Gamma} = F_{a1} \cdot d_1 + F_{r1} \cdot a - F_{r2} \cdot (a + b) - F_{a2} \cdot d_2 - F_{r1} \cdot (a + 2b) + R_A^{\Gamma} (2a + 2b) - F_{a1} \cdot d_1$$

$$R_A^{\Gamma} = 1188 \text{ H};$$

Визначаємо згинаючі моменти:

$$M_{зг1} = R_A^{\Gamma} \cdot x = 19,318 \text{ H м};$$

$$M_{зг2} = R_A^{\Gamma} \cdot (a + x) - F_{a1} \cdot d_1 + F_{r1} \cdot a = 3,784 \text{ H м};$$

$$M_{зг3} = R_A^{\Gamma} \cdot (a + b + x) - F_{a1} \cdot d_1 + F_{r1} \cdot (a + x) + F_{r2} \cdot x - F_{a2} \cdot d_2 = 138,48 \text{ H м}$$

$$M_{зг4} = R_B^{\Gamma} \cdot x = 47,52$$

$$M_{зг5} = R_B^r \cdot (a + x) + F_{r1} \cdot x - F_{a1} \cdot d_1 = 31$$

Сумарний згинаючий момент у небезпечному перерізі:

$$M_{\Sigma} = 386,281 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначимо приведений момент

$$M_{пр} = \sqrt{M_{\Sigma}^2 + T^2} = 620 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Матеріал: Сталь 35 $[\sigma]_{зг} = 50 \text{ МПа}$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{пр} \cdot 1000}{0,1 \cdot [\sigma]_{зг}}} = \sqrt[3]{\frac{620 \cdot 1000}{0,1 \cdot 50}} = 50 \text{ мм}$$

Отже, виходячи із розрахунку даний вал витримає дані навантаження.

Тихохідний вал

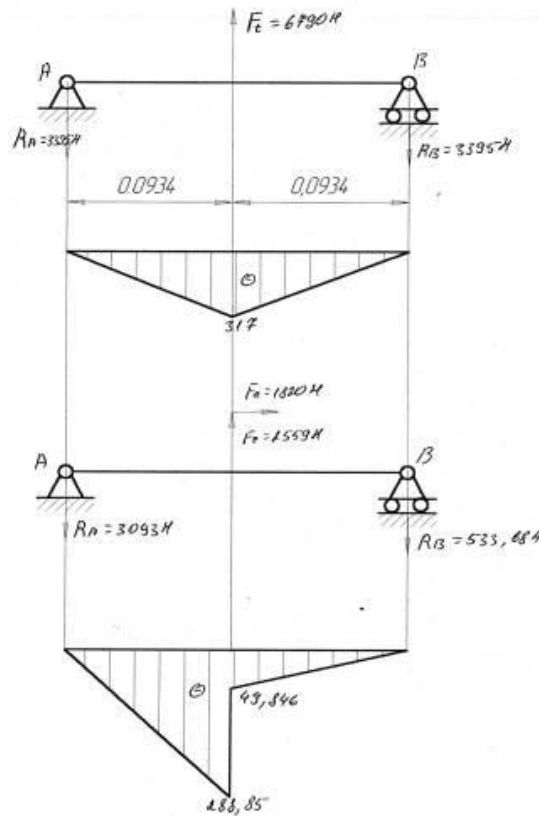


Рисунок 2.5 – Епюра реакцій в вертикальній площині

Визначення реакцій опор від сил, що виникають в зачепленні;

Вертикальна площина:

Опорні реакції в вертикальній площині:

$$\sum M_A^B = F_{t1} \cdot a - R_B \cdot 2a$$

Горизонтальна площина:

$$\sum M_A^\Gamma = F_r \cdot a - F_a \cdot d + R_B^\Gamma \cdot 2a;$$

$$R_B^\Gamma = 533,68 \text{ H}$$

$$\sum M_B^\Gamma = -F_r \cdot a - F_a \cdot d + R_A^\Gamma \cdot 2a;$$

$$R_A^\Gamma = 3093 \text{ H}$$

Визначення згинаючих моментів

$$M_{зг1} = M_{зг2} = -R_A^B \cdot x = -317 \text{ H}$$

$$M_{зг3} = -R_A^{\Gamma} \cdot x = -288,85 \text{ Н}$$

$$M_{зг4} = -R_B^{\Gamma} \cdot x = -49,846 \text{ Н}$$

Сумарний згинаючий момент у небезпечному перерізі

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{зг}^B)^2 + (M_{зг}^{\Gamma})^2} = 405,86 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо приведений момент

$$M_{пр} = \sqrt{M_{\Sigma}^2 + T^2} = 2179 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Матеріал: Сталь 35 $[\sigma]_{зг} = 50 \text{ МПа}$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{пр} \cdot 1000}{0,1 \cdot [\sigma]_{зг}}} = \sqrt[3]{\frac{2179 \cdot 1000}{0,1 \cdot 50}} = 64,2 \text{ мм}$$

Отже, виходячи із розрахунку даний вал витримає дані навантаження.

Приводний вал $F_t = 1400$

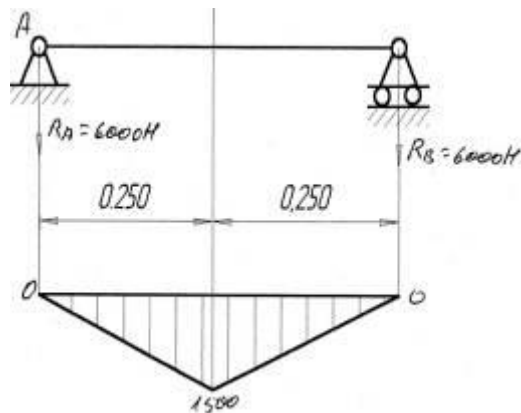


Рисунок 2.6 – Епюра згинаючих моментів приводного вала

$$\sum M_A = -R_B \cdot 0,5 + F_t \cdot 0,25 = 0;$$

$$R_B = 6000 \text{ Н}; R_A = 6000 \text{ Н}$$

Визначення згинаючих моментів:

$$M_{зг} = -R_A \cdot 0.25 = 1500 \text{ Н м};$$

Визначення приведенного згинаючого моменту:

$$M_{пр} = \sqrt{M_{зг}^2 + T^2} = 5578 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Матеріал: Сталь 35 $[\sigma]_{зг} = 50 \text{ МПа}$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{пр} \cdot 1000}{0.1 \cdot [\sigma]_{зг}}} = \sqrt[3]{\frac{5578 \cdot 1000}{0.1 \cdot 50}} = 72 \text{ мм}$$

Приймаємо $d = 75 \text{ мм}$.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Інструкція з охорони праці та безпеки при роботі на агрегаті з ґрунтообробною фрезою для обробітку міжрядь в саду

1. Зона застосування

- Інструкція діє для операторів і обслуговуючого персоналу, що виконують роботи з агрегатом (трактор + навісна/причіпна фреза) для міжрядної обробки садів.

2. Вимоги до персоналу

- До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та мають посвідчення на право керування трактором і роботу з агротехнікою.
- Забороняється робота у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, під впливом сильних медикаментів, при втомі понад норму.

3. Загальні вимоги безпеки

- Перед початком робіт ознайомитись з паспортом агрегату, експлуатаційною документацією та інструкцією заводу-виробника.
- Дотримуватись виробничої дисципліни, не відволікатись під час керування трактором.
- Забороняється перебувати поблизу робочих органів під час увімкненого приводу (ВВП) або при працюючому двигуні фрези.
- Забезпечити наявність засобів зв'язку та доступу до аптечки першої допомоги.

4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

- Робочий одяг без вільних кінців, стійке взуття з металевим підноском, рукавички, захисні окуляри або щиток, захист слуху (при тривалій шумній роботі).

- При пилуці або використанні ПММ — респіратор/маска класу FFP2 при потребі.
 - Використовувати рукавички і захисний одяг при технічному обслуговуванні та чищенні фрези.
5. Підготовчі роботи перед виходом у поле
- Оглянути трактор і фрезу: стан кріплень, приводу ВВП, карданного вала (з захисними кожухами), фрезових ножів, рами, гідросистеми, пневмосистеми (якщо є).
 - Переконалися в наявності і справності захисних кожухів над рухомими частинами; усунути дефекти до початку роботи.
 - Перевірити рівень пального, мастила, охолоджуючої рідини, тиск в шинах трактора.
 - Забезпечити наявність та справність аварійного вимикача ВВП і зчеплення.
 - Визначити межі робочої зони, прибрати сторонні предмети (каміння, дроти, пні, пластик), попередити осіб, які можуть перебувати в саду.
6. Порядок запуску та виведення в роботу
- Керування трактором — з операційного місця; пуск двигуна та встановлення режимів — за вимогами інструкції трактора.
 - Підключити фрезу до трактора тільки при вимкненому двигуні та відключеному ВВП; встановити і закріпити карданний вал з обома захисними кожухами.
 - Підняти фрезу у транспортне положення при переміщенні між ділянками; опускати у робоче положення на рівній швидкості руху.
 - ВВП вмикати плавно після встановлення обертів двигуна, плавно регулювати частоту обертів згідно з паспортними значеннями фрези.
7. Правила безпечної експлуатації
- Тримати безпечну відстань від людей: ніхто не повинен перебувати в межах робочої зони агрегату (мінімум 10 м у разі руху та обробки) поки фреза працює.

- Рух здійснювати плавно, не перевищувати допустиму швидкість та обертів ВВП; уникати ривків і різких маневрів.
- При виявленні стороннього предмета або блокування робочих органів — негайно вимкнути ВВП, заглушити трактор, встановити стоянкове гальмо, дочекатися повної зупинки ротора і лише потім виконувати очищення чи усунення.
- Забороняється очищати, регулювати чи ремонтувати робочі органи при ввімкненому двигуні або під напругою; використовувати спеціальні інструменти і опори для фіксації елементів.
- Не допускати роботи фрези на похилих схилах, де існує ризик перекидання трактора; при необхідності застосовувати зниження навантаження та додаткове кріплення.
- Забороняється проїзд людей і тварин поряд під час роботи; попереджати сторонніх про межі робіт.

8. Технічне обслуговування і регулювання

- Планові огляди та технічне обслуговування виконувати згідно інструкції заводу-виробника з використанням штатних інструментів.
- Перед обслуговуванням відключити ВВП, заглушити двигун, встановити запобіжні упори, зняти запобіжні ключі.
- Затяжку кріплень, стан захисних кожухів, шліфування/заміна ножів виконувати в захисних рукавичках та окулярах.
- Забороняється змащувати робочі вузли під час їх обертання; використовувати рекомендовані мастила.
- При заміні ножів — дотримуватись балансу, перевіряти центрування ротора.

9. Заходи при аваріях і нещасних випадках

- При травмі надати першу допомогу, викликати медичну допомогу; при кровотечі — притиснути джерело, накласти стерильну пов'язку.

- При загорянні — привести в дію первинні засоби пожежегасіння; у разі великого пожежного ризику евакуювати людей та викликати пожежну охорону.
- При витоку пального або мастила — обмежити джерела займання, локалізувати витік, видалити розливу речовину і виконати прибирання із застосуванням абсорбентів.
- Після аварії оформити запис у журналі нещасних випадків, провести розслідування причин і внести корективи в режим роботи чи технічний стан.

10.Екологічні вимоги

- Не допускати витікання мастил, пального до ґрунту; відпрацьовані масла збирати у марковану тару і здати на утилізацію за нормативами.
- Забороняється застосовувати фрезу на ділянках, де є загроза ерозії чи пошкодження кореневої системи дерев; дотримуватися рекомендованих глибин обробітку для збереження кореневої зони.

11.Документація та облік

- Вести журнал технічного обслуговування агрегату, записи про інструктажі працівників, інциденти та ремонти.
- Забезпечити наявність паспорта на фрезу, інструкцій з експлуатації та охорони праці на робочому місці.

12.Прикінцеві положення

- Порушення правил експлуатації тракторно-фрезерного агрегату тягне дисциплінарну та/або адміністративну відповідальність згідно з місцевим законодавством.
- Інструкція підлягає доведенню до відома всіх працівників та періодичному перегляду з урахуванням нових технічних рішень і нормативних вимог.

Рекомендація: перед початком сезонних робіт провести позаплановий медичний огляд та повторний інструктаж з охорони праці для всіх учасників робіт.

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічне обґрунтування виконується з метою визначення раціонального варіанту технології за одним або сукупністю економічних критеріїв (мінімум приведених затрат, максимум прибутку, термін повернення кредиту, строк окупності капіталовкладень тощо).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності пристрою для розкриття кореневої системи

Показник	Значення
Вартість трактора, тис. грн.	830,7
Річне завантаження трактора, год.	1200
Сумарні відрахування на трактор (амортизація. ТО та ремонт), %	38,5
Вартість фрези, грн.	240000
Річне завантаження фрези, год.	450
Сумарні відрахування на фрезу (амортизація. ТО та ремонт), %	38
Кількість обслуговуючого персоналу	1
Продуктивність за годину зміни, га	1,8
Заробітна плата, грн./год.	70,5
Витрата палива, кг/га	8
Ціна палива, грн.	59,40

Розрахунок прямих експлуатаційних затрат на виробництво сільськогосподарської продукції.

Таблиця 4.2 – Економічні показники

Показник значення	Базовий	Модернізований	Відхилення
Фонд оплати праці грн./га	200,81	200,77	-0,03
Прямі експлуатаційні витрати, грн.	149410,7	131410,7	-18000
Загальновиробничі витрати, грн.	3370,5	3280,54	-80,96
Загальногосподарські витрати, грн.	1360,41	1340,29	-20,12
Поточні прямі витрати, грн./т	600,74	500,16	-100,58
Разові непрямі витрати, грн.	-	95520,53	-
Виробнича собівартість, грн./т	1000,87	900,22	-100,65
Термін окупності, років		0,8	

Таким чином, модернізована фреза за рахунок збільшення продуктивності і зменшення затрат палива в порівнянні з базовим варіантом дозволяє отримати прибутку 100,58 грн. на 1 т готової продукції, а вартість додаткових капіталовкладень окупиться менше ніж за рік експлуатації.

ВИСНОВКИ

Технологія направлена на створення шляхом загущеної посадки саджанців плодоносного ряду, придатного для комбайнованого збирання плодів. Термін експлуатації таких насаджень – 15-30 років. Основною метою даної технології вирощування яблук є отримання високоякісного врожаю при зменшенні витрат на закладку насаджень та економії садивного матеріалу. Технологія пройшла виробничу перевірку і може застосуватися в садівничих господарствах різних форм власності Лісостепу України.

Обґрунтована операційна технологія міжрядного обробітку ґрунту в садах агрегатом у складі трактора ЮМЗ-6Л та фрези ФПШ-200. Агрегат буде працювати зі швидкістю 4,2 км/год, при цьому продуктивність складе 0,75 га/год. Витрата пального становитиме 15 кг/га, а затрати праці – 1,33 люд.-год/га.

Загальні затрати праці становлять на виробництво яблук 1025,05-люд.год.

Загальні витрати палива становлять 17514 кг. Обсяг робіт, ум.ет.га-1421,8.

Розраховано робочі органи фрези. В результаті заміни стандартних ножів потужність на привід модернізованої фрези нижча і становить 46,2 кВт. Виконано розрахунки косозубого циліндричного редуктора і ланцюгової передачі для приводу фрезерного барабану.

Модернізована фреза за рахунок збільшення продуктивності і зменшення затрат палива в порівнянні з базовим варіантом дозволяє отримати прибутку 1,58 грн. на 1 т готової продукції, а вартість додаткових капіталовкладень окупиться менше ніж за рік експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Основи теорії та розрахунку [Текст]: навч. посіб. / Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я.; за ред. Д. Г. Войтюка. - Суми : ВТД "Універ-ська книга", 2008. – 543 с.
- 2.Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Теорія сільськогосподарських машин [Текст]: практикум : навч. посіб. / Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. за ред. С. С. Яцуна. - Суми : ВТД "Універ-ська книга", 2008.-201 с.
- 3.Сільськогосподарські та меліоративні машини [Текст]: підруч. / Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. - К. : Вища освіта, 2004,- 544 с.
- 4.Сільськогосподарські та меліоративні машини [Електрон, ресурс]: підруч. / Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2004.
- 5.Сільськогосподарські машини: Основи теорії та розрахунку [Текст]: підруч. / Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. - К. : Вища освіта, 2005. - 464 с.
- 6.Сільськогосподарські машини: Основи теорії та розрахунку [Електрон, ресурс]: підруч. / Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. - К. : Вища освіта, 2005.
- 7.Сільськогосподарські машини: у 2 ч. (комплект кодопосібників) [Текст]: навч. посіб. / Гаврилюк Г. Р., Ільїн В. В., Борисов В. М. та ін. ; за заг. ред. Г. Р. Гаврилюка. - К. : Аграрна освіта, 2001.-216 с.
- 8.Сільськогосподарські машини: у 2 ч. (комплект кодопосібників) [Електрон, ресурс]: навч. посіб. / Гаврилюк Г. Р., Ільїн В. В., Борисов В. М. та ін. ; за заг. ред. Г. Р. Гаврилюка. - К. : Аграрна освіта, 2001.
9. Головчук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Машини сільськогосподарські. – К.: Грамота, 2005.

10. Марченко В.І., Яценко А.А. Ґрунтообробні машини. – К.: Науковий світ, 2004.
11. Головчук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Комбайни зернозбиральні. – К.: Грамота, 2004.
12. Марченко В.І., Яценко А.. Машиновикористання в землеробстві, К. Науковий світ, 2006, 368 с.
13. Практикум з машиновикористання в рослинництві А.С.Лімонт, І.І.Мельник, А.С.Маличовський та ін. за ред. І.І.Мельника К. Кондор, 2004 - 282 с.
14. 3. Машини сільськогосподарські А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф.Орлов 2005р. 571 с.
15. Довідник по ягідництву В.С. Марковський «Урожай» 1989р. 219 с.
16. Справочник. Ягідні культури «Агропромиздат» Е.И. Ярославцев 1988р. 239 с.
17. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді)/ С. Д. Лахман, В. П. Целинський, С. М. Козирєв та ін. ; За ред. С. Д. Лахмана. – К.: Урожай, 1990. – 400с.
18. Практикум з технологічної наладки та усунення несправностей сільськогосподарських машин / Г. Р. Гаврилюк, Г. І. Живолуп, П. С. Короткевич та ін.; За ред. Г. Р. Гаврилюка. – К.: Урожай, 1995.- 280с.
19. Рудь А. В., Коноваленко О. М., Мошенко І. О. Практикум по сільськогосподарським машинах і знаряддях. – К.: Урожай, 1996. – 202с.
20. Довідник сільського інженера /Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін.; за ред. Гречкосія В.Д.-К: Урожай, 1991.-400с.
21. Довідник з експлуатації машинно-тракторного парку / Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. та ін. – К.: Урожай, 1987.- 336с.