

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Модернізація фрезерної машини МФ-1 з удосконаленням
фрези

Виконав здобувач вищої освіти III
курсу, групи ГМ-22мб

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Шумілов Руслан Олегович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій МОРОЗ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Геннадій ПОРТНОВ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Шумілова Руслана Олеговичча

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Модернізація фрезерної машини МФ-1 з удосконаленням фрези
 2. Керівник роботи (проекту) Мороз Сергій Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 3. Строк подання роботи до захисту 27.06.2025 р.
 4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення садових фрезерних машин, які відповідатимуть агротехнічним вимогам, сприятимуть відновленню родючості ґрунтів, при цьому будуть конкурентоздатними з позиції енергозбереження.
 5. Перелік графічного матеріалу 1. Фреза – складальне креслення; 2. Ротор – складальне креслення; 3. Деталювання.
- Всього 3 аркуші формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
|--------|-------------|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| 1-4 | Мороз С.М. | | |
| | | | |
| | | | |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Виконання розділів 1, 2 | | |
| | Графічна частина арк. 1 | 28.03.2025 р. | |
| 2 | Виконання розділу 3 | | |
| | Графічна частина арк. 2–3 | 31.05.2025 р. | |
| 3 | Виконання розділу 4 | 20.06.2025 р. | |
| 4 | Виконання розділів 5, 6 | 26.06.2025 р. | |
| 5 | Оформлення пояснювальної записки, графічної частини, підготовка до захисту. | 26.06.2025 р. | |
| | | | |
| | | | |

Дата видачі завдання
«03» лютого 2025 р.

Підпис керівника

_____ Мороз С.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 03 » лютого 2025 р.

Підпис здобувача

_____ Шумілов Р.О.
(прізвище та ініціали)

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 6 |
| 2. Стан питання про машину, яка підлягає модернізації | 7 |
| 3. Інженерна частина | 17 |
| 4. Охорона праці..... | 35 |
| Висновки | 38 |
| Список використаної літератури..... | 39 |

| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| | | | | |

МФ 00. 000 ПЗ

Арк.

5

ВСТУП

Одна з найбільш інтенсивних й досить прибуткових галузей сільського господарства – садівництво. Затрати трудових й речових ресурсів у садівництві значно вищі, ніж у рослинництві. На кожний гектар плодово-ягідних насаджень, при відповідному догляді й сучасному рівні механізації, в середньому витрачається 80–100 люд.-годин, тобто у 15–20 разів більше, ніж на гектар зернових культур.

Необхідною умовою підвищення продуктивності праці у сільському господарстві й зниження собівартості продукції є послідовна інтенсифікація садівництва на базі комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів.

У сучасних умовах найбільш розповсюдженим методом утримання ґрунту у садах є система чорного пара. Агротехнічними умовами встановлено, що орний шар повинен бути у вигляді дрібних грудок й чистим від бур'янів. Ґрунтообробні машини, що використовуються для обробітку міжрядь у садах не забезпечують обробіток пристовбурних смуг, тому 0,1–0,4 м² площі потрібно обробляти вручну.

Застосування засобів механізації праці дозволяє скоротити дефіцит робочої сили в аграрному виробництві. Це дає можливість покращити якість обробітку ґрунту та його гранулометричний склад й значно підвищити продуктивність праці.

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|-------------|------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | <i>МФ 00. 000 ПЗ</i> | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | <i>Шумілов</i> | | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | <i>Мороз</i> | | | | | 6 | 40 |
| <i>Н.контр.</i> | <i>Мачок</i> | | | | <i>ЦНТУ, гр. ГМ–22мб</i> | | |
| <i>Затв.</i> | <i>Васильковський</i> | | | | | | |
| <i>Пояснювальна записка</i> | | | | | | | |



Рис. 2.1. Ротаційна борона КЕ



Рис. 2.2. Ротаційний культиватор КХ

Для зміни напрямку обертання використовується циліндрично–конічний редуктор. Крім того культиватор має меншу щільність роторів на метр ширини захвату, що пояснюється умовами його роботи, тобто здатністю обробляти ґрунт на більшу глибину.

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

МФ 00. 000 ПЗ

Арк.

8

Ще один ротаційний культиватор KG представлений трьома моделями з ширинами захвату 3,0 м, 3,5 м та 4,0 м [3].



Рис. 2.3. Ротаційний культиватор KG

Обидва культиватори можуть обладнуватись як спеціальними зубами, що призначені тільки для однієї з цих моделей так і для одразу для обох. Це залежить від типу ґрунтів та виду їх обробітку.

Різниця між культиваторами полягає не тільки в їх конструкціях, але й у потужності необхідної для приводу. Культиватори KX агрегуються з тракторами з потужністю двигунів від 142 кВт, в той час як для культиваторів KG потрібні трактори з потужністю двигунів від 162 кВт.

Багато українських виробників налагодили випуск фрези садової пристовбурової ГФП–0,7 у двох її модифікаціях –02 та –03 [4–5].

Вона призначена для пристовбурового обробітку ґрунту в садах та виноградниках.

Машина оснащена механічним приводом, який передає крутний момент через карданний вал на обидві робочі секції.

На моделях встановлені ротори з вертикальною віссю обертання.

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |



Рис. 2.6. Фреза садова пристовбурава ФСП 0,9

Діаметр фрези (ширина захвату) 550 мм, максимальна глибина обробітку 108 мм.

Ротаційна борона компанії CALDERONI FPF E.R. призначена для знищення бур'янів вичісуванням на кам'янистих ґрунтах з відстанню між деревами від 60 см та ширини міжрядь від 2,80 м до 4,50 м [7].



Рис. 2.7. Фреза садова пристовбурава CALDERONI FPF E.R.

Особливістю фрези є головка з регулюванням її висоти положення гідравлічним поршнем. Для запобігання непередбачуваних ситуацій

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

використовується важіль зі сталевим дротом для ручного відведення голівки від перешкоди виклику.

Модель E.R. (ротаційна борона)

Ротаційна борона компанії CALDERONI FPS E.R. призначена для вичісування бур'янів біля стовбурів дерев з широко розвиненими гілками та ширини міжрядь від 3,50 м до 6,50 м [8].



Рис. 2.8. Фреза садова пристовбурова CALDERONI FPS E.R.

Гідравлічний висувний вертикально-фрезерний автоматичний культиватор Rinieti EL використовується для обробки кам'янистих ґрунтів в садах і виноградниках в міжряддях з відстанню між деревами чи кущами від 50 см [9].



Рис. 2.9. Фреза садова пристовбурова CALDERONI FPS E.R.

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

МФ 00. 000 ПЗ

Арк.

12

Моделі мають величину бічного зсуву в межах 0,9–2,6 м, шириною захвату 65 см та 100 см.

Для агрегування використовуються трактори з потужністю двигунів від 30 до 60 к.с.

Начіпна пристовбутова садова фреза ФСП–0,7 призначена для поверхневого обробітку ґрунту на глибину від 3 до 10 см, для ефективного знищення бур'янів у пристовбурних і міжстовбурних зонах у садах інтенсивного типу віком понад 5 років [10]. Машина розрахована на використання в насадженнях із шириною міжрядь не менш ніж 3,5 м, діаметром крони дерев до 3 м поперек ряду, висотою штамбу не нижче 40 см та відстанню між деревами в межах ряду не менше 0,8 м.



Рис. 2.10. Фреза садова пристовбутова ФСП–0,7

Фреза може застосовуватись у всіх агрокліматичних зонах України, за винятком кам'янистих ґрунтів, і придатна для роботи на ділянках з ухилом не більше 5°. Агрегується з тракторами тягового класу 1,4 кН у навісному варіанті. Привід робочих органів здійснюється від ВВП трактора.

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

Кримське науково-виробниче об'єднання "Плодмашпроект" розробило міжстовбурну фрезу МФ-1, призначену для механізованого обробітку ґрунту у пристовбурних смугах пальметних та молодих садів. Замість традиційного гідравлічного керування, висувна секція машини оснащена стежачою системою управління: сигнал з чутливого щупа передається через тросовий привід і фрикційну муфту на редуктор. Далі зусилля передається на зірочки, які через ланцюгову передачу зміщують робочу секцію фрези по рамі.

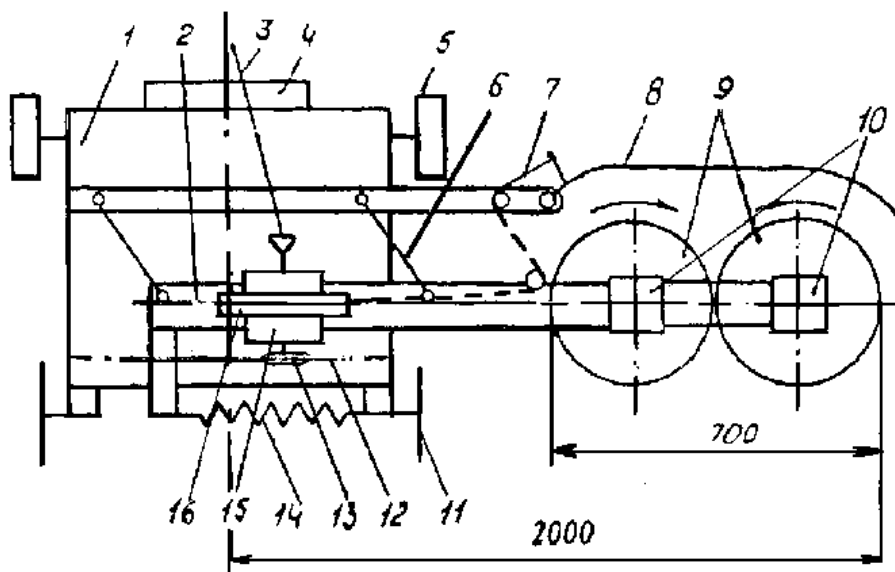


Рис. 2.11. Схема фрезерної машини МФ-1

1 – рама; 2 – висувна секція; 3 – карданна передача; 4 – автоначіпка; 5 – опорно-регулюючі колеса; 6 – паралелограмний механізм; 7 – тросик; 8 – щуп; 9 – фреза; 10 – конічний редуктор; 11 – дисковий ніж; 12 – ланцюг; 13 – зірочка; 14 – зворотна пружина

Робочими органами є циліндричні розпушувальні стержні, що забезпечують очищення ґрунту шляхом «вичісування» бур'янів разом із кореневою системою, що виключає повторне проростання. Привід до цих органів розміщений у верхній частині агрегату, що дозволяє уникати обмежень глибини обробітку, характерних для фрез із горизонтальною віссю.

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

МФ 00. 000 ПЗ

Арк.

14

Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до машини

Культиватор повинен забезпечувати суцільний або смуговий обробіток ґрунту відповідно до встановленої агротехнології.

Умови експлуатації:

Агрегат повинен функціонувати на ділянках із рівним рельєфом або на схилах до 8°.

Машина має забезпечувати якість обробітку на ґрунтах із вологістю до 22% і твердістю до 3 МПа.

Розмір грудок понад 10 см у шарі обробки не повинен перевищувати 30%.

Допускається наявність рослинних решток і стерні довжиною до 15 см.

Наступна операція після використання машини — сівба.

Показники якості обробітку:

Глибина обробки — до 12 см, із допустимим коефіцієнтом варіації по глибині $\pm 15\%$, по ширині захвату $\pm 5\%$.

В обробленому шарі повинно бути не менше 60% грудок діаметром до 25 мм і не менше 90% — до 50 мм. Грудки понад 10 см не допускаються.

Максимальна допустима гребенистість поля — 3 см.

Ступінь знищення бур'янів — не менше 90%.

Частка збережених пожнивних решток на поверхні та у верхньому шарі ґрунту (0–5 см) — до 80%.

Товщину зуба фрези визначаємо з умов його міцності під дією зовнішнього навантаження.

Допустимий прогин $[\delta]$ визначається через допустимий кут відхилення нижнього краю зуба $[\alpha]$, який не повинен перевищувати $2...3^\circ$

$$\tan[\alpha] = \frac{L}{[\delta]}, \quad (3.5)$$

звідки

$$[\delta] = L \cdot \tan[\alpha], \quad (3.6)$$

де L – довжина зуба

$$L = \frac{H}{\cos \beta}, \quad (3.7)$$

де β – кут нахилу зуба, $\beta=30^\circ$.

Отже

$$[\delta] = \frac{H}{\cos \beta} \cdot \tan[\alpha], \quad (3.8)$$

$$[\delta] = \frac{210}{\cos 30^\circ} \cdot \tan 2,5^\circ = 10,6 \text{ мм.}$$

Зуб працює як консольна балка під дією сили опору ґрунту. Визначаємо деформацію зуба фрези

$$\delta = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}, \quad (3.9)$$

де F — сила опору

$$F = p \cdot A, \quad (3.10)$$

де p — питомий опір чорнозему $p=1,5$ МПа;

A — ефективна площа занурення зуба

$$A = t \cdot \frac{H}{\cos \beta}, \quad (3.11)$$

Товщину зуба знайдемо з умов міцності при деформації під дією зовнішніх сил

$$[\sigma] \geq \sigma = \frac{M}{W}, \quad (3.12)$$

звідки

$$M = \frac{[\sigma]}{W}, \quad (3.13)$$

де W — момент опору перетину;

$[\sigma]$ – допустимі напруження на згин, $[\sigma]=250$ Мпа.

Згинальний момент, що діє на зуб від зовнішніх сил

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = \frac{p \cdot t \cdot H \cdot D}{2 \cdot \cos \beta}, \quad (3.14)$$

Визначимо момент опору перетину для зуба з круглим профілем поперечного перерізу

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}. \quad (3.15)$$

Тоді

$$M = \frac{6 \cdot [\sigma]}{d^3}. \quad (3.16)$$

Звідки

$$\frac{p \cdot t \cdot H \cdot D}{2 \cdot \cos \beta} = \frac{6 \cdot [\sigma]}{d^3}. \quad (3.17)$$

Оскільки товщина зуба рівна діаметру стержня, то

$$\frac{d \cdot t \cdot H \cdot D}{2 \cdot \cos \beta} = \frac{6 \cdot [\sigma]}{d^3}, \quad (3.18)$$

звідки

$$d^4 = \frac{12 \cdot \cos \beta \cdot [\sigma]}{p \cdot H \cdot D}. \quad (3.19)$$

Підставимо значення та визначимо діаметр стержня

$$d = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot \cos 30^\circ \cdot 250}{1,5 \cdot 110 \cdot 365}} = 31,9 \text{ мм.}$$

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

Сила опору ґрунту

$$F = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,0319 \cdot \frac{0,11}{\cos 30^\circ} = 607,8 \text{ Н.}$$

Визначимо діаметр з умов жорсткості зуба

$$\delta = \frac{64F \cdot H^3}{3 \cdot E \cdot \pi \cdot d^4 \cdot (\cos \beta)^3}, \quad (3.20)$$

де E — модуль пружності сталі, $E=2,1 \cdot 10^{11}$ Па;

I — момент інерції перерізу зуба

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}. \quad (3.21)$$

звідки

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F \cdot h^3}{3 \cdot \pi \cdot E \cdot (\cos \beta)^3 \cdot [\delta]}}. \quad (3.22)$$

Тоді

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 607,8 \cdot 110^3}{3 \cdot \pi \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot (\cos 30^\circ)^3 \cdot 10,6}} = 28,4 \text{ мм.}$$

Тоді деформація стержня для обох діаметрів становить

$$\delta = \frac{64 \cdot 607,8 \cdot 0,11^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot \pi \cdot 0,0319^4 \cdot (\cos 30^\circ)^3} = 3,89 \text{ мм;}$$

$$\delta = \frac{64 \cdot 607,8 \cdot 0,11^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot \pi \cdot 0,0284^4 \cdot (\cos 30^\circ)^3} = 6,19 \text{ мм.}$$

Оскільки деформації для обох діаметрів лежить в межах допустимих значень перевіримо напруження за допустимими навантаженнями.

$$\sigma = \frac{32F \cdot D}{2\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 607,8 \cdot 365}{2 \cdot \pi \cdot 31,9^3} = 34,81 \text{ МПа;}$$

$$\sigma = \frac{32F \cdot D}{2\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 607,8 \cdot 365}{2 \cdot \pi \cdot 28,4^3} = 49,32 \text{ МПа.}$$

З розрахунків видно що напруження від дії зовнішніх сил для обох діаметрів зуба не перевищують допустимі значення. Тому обираємо діаметр зуба за найближчим спільним для обох визначених значень згідно стандартного ряду, тобто $d=30$ мм.

Таким чином товщина стружки за один оберт ротора фрези становить

$$S = 3 \cdot (0,03 + 0,11 \cdot \cos 45^\circ) = 0,525 \text{ м.}$$

Тоді частота обертання робочого органу

$$\omega = \frac{2,7 \cdot 0,525}{\pi \cdot 0,365} = 12,6 \text{ с}^{-1}.$$

Колова швидкість центра зуба

$$v_{\text{фр}} = \frac{12,6 \cdot 0,365}{2} = 2,2 \text{ м/с.}$$

Швидкість руху агрегату

$$v_a = \frac{2,2}{2,7} = 0,81 \text{ м/с.}$$

3.2. Кінематичні розрахунки

3.2.1. Визначення кінематичних параметрів приводу фрези

Загальне передавальне число

$$i_{\text{заг}} = \frac{n_p}{n_{\text{ВП}}}, \quad (3.23)$$

$$i_{\text{заг}} = \frac{540}{120,32} = 4,49.$$

Згідно кінематичної схеми загальне передавальне число може бути виражено залежністю

$$i_{\text{заг}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4, \quad (3.24)$$

де i_1 – передавальне відношення ланцюгової передачі, $i_1=1,8$;

i_2 – передавальне відношення конічної передачі, $i_2=1,6$;

i_3 – передавальне число кінчної передачі, $i_3=1,0$;

i_4 – передавальне число кінчної передачі, $i_4=1,0$;

i_5 – передавальне відношення кінчної передачі, $i_5=1,6$.

Уточнюємо передаточне відношення ланцюгової передачі

$$i_1 = \frac{4,49}{1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,6} = 1,75.$$

Визначаємо частоту обертання кожного вала приводу фрези:

– на вхідному валу ланцюгової передачі

$$n_1 = n_{BPII} = 540 \text{ хв}^{-1};$$

– на вихідному валу ланцюгової передачі та вхідному валу кінчного редуктора

$$n_2 = \frac{n_1}{i_1} = \frac{540}{1,75} = 308,57 \text{ хв}^{-1};$$

– на вихідному валу кінчного редуктора

$$n_3 = \frac{n_2}{i_2} = \frac{308,57}{1,6} = 192,86 \text{ хв}^{-1};$$

– на першому вихідному валу кінчного редуктора

$$n_4 = \frac{n_3}{i_3} = \frac{192,86}{1,6} = 120,54 \text{ хв}^{-1};$$

– на проміжному валу кінчного редуктора

$$n_5 = \frac{n_4}{i_4} = \frac{120,54}{1,0} = 120,54 \text{ хв}^{-1};$$

– на другому вихідному валу кінчного редуктора

$$n_6 = \frac{n_5}{i_5} = \frac{120,54}{1,6} = 75,34 \text{ хв}^{-1}.$$

3.2.2. Розрахунок параметрів ланцюгової передачі

Крок ланцюга визначається за формулою:

$$L_t = 2a_t + a_1 + \left(\frac{b}{a_t} \right), \quad (3.28)$$

де

$$a_1 = \frac{z_1 + z_2}{2} = \frac{20 + 35}{2} = 27,5;$$

$$b = \frac{(z_1 - z_2)^2}{(2\pi)^2} = \frac{(20 - 35)^2}{(2 \cdot 3,14)^2} = 11,4.$$

Міжосьова відстань

$$a = a_t \cdot t \quad (3.29)$$

де a_t – міжосьова відстань в кроках, $a_t = 28,69$ кроків

$$a = 28,69 \cdot 25,4 = 728,76 \text{ мм.}$$

Тоді

$$L_t = 2 \cdot 28,69 + 27,5 + \left(\frac{11,4}{28,69} \right) = 85,28,$$

приймаємо $L_t = 86$ кроків.

Міжосьова відстань

$$a = \frac{t}{4} \left(L_t - a_1 + \sqrt{(L_t - a_1)^2 - 8 \cdot e} \right); \quad (3.30)$$

$$a = \frac{25,4}{4} \left(86 - 27,5 + \sqrt{(86 - 27,5)^2 - 8 \cdot 11,4} \right) = 728,7 \text{ мм.}$$

Зменшуємо величину провисання ланцюга міжосьову відстань на $(0,002 - 0,004)a$, тобто $\Delta = 0,003 \cdot 408,97 = 2,19$ мм.

Таким чином: $a = 728,7 - 2,19 = 726,51$ мм.

Кількість ударів ланки по зубу зірочки за секунду:

$$v = \frac{2 \cdot z_1 \omega_1}{\pi L_t} \leq [v], \quad (3.31)$$

$$v = \frac{2 \cdot 20 \cdot 56,54}{3,14 \cdot 86} = 8,38 \leq [35].$$

Сили:

КОЛОВА

$$F_t = \frac{1000N_1}{V_n}, \quad (3.32)$$

де V_n – швидкість ланцюга, м/с.

$$V_n = \frac{z_1 \cdot t \cdot \omega_1}{2000 \cdot \pi}. \quad (3.33)$$

$$V_n = \frac{20 \cdot 25,4 \cdot 56,54}{2000 \cdot 3,14} = 4,57 \text{ м/с.}$$

Тоді

$$F_t = \frac{1000 \cdot 3,96}{4,57} = 866,52 \text{ Н;}$$

натягу ланцюга від провисання

$$F_q = k_f \cdot q \cdot a \cdot g, \quad (3.34)$$

де k_f – коефіцієнт провисання, $k_f = 6,0$.

$$F_q = 6,0 \cdot 3,73 \cdot 8,28 \cdot 9,8 = 72,61 \text{ Н;}$$

натягу ланцюга від відцентрових сил

$$F_u = q \cdot V_n^2, \quad (3.35)$$

$$F_u = 3,73 \cdot 4,57^2 = 77,9 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля у ведучій вітці ланцюга:

$$F_{заг1} = F_t \cdot k_d + F_q + F_u. \quad (3.36)$$

$$F_{заг1} = 866,52 \cdot 1,25 + 72,61 + 77,91 = 1626,95 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля у веденій гілці ланцюга:

$$F_{заг2} = F_q + F_u \quad (3.37)$$

$$F_{заг2} = 72,61 + 77,91 = 150,52 \text{ Н.}$$

Зусилля, що діє на вали ведучої та веденої зірочки:

$$F_e = F_t \cdot k_d + 2F_q; \quad (3.38)$$

$$F_e = 866,52 \cdot 1,25 + 2 \cdot 72,61 = 1228,37 \text{ Н.}$$

Перевіряємо ланцюг на питомий тиск в шарнірах за формулою

$$p = \frac{F_t \cdot k_e}{S \cdot m_p \cdot 10^2} \leq [p], \quad (3.39)$$

де S – проекція опорної поверхні шарніра

$$p = \frac{1642,02 \cdot 1,25}{1,4093 \cdot 2 \cdot 10^2} = 7,27 \leq [56,54] \text{ МПа.}$$

Запас міцності ланцюга

$$n = \frac{Q}{F_{\text{заг}}} \geq [n]; \quad (3.40)$$

$$n = \frac{36590}{1626,65} = 22,49 \geq [10].$$

Отже, ланцюг вибрано правильно.

Визначаємо основні геометричні і конструктивні розміри зірочок.

Діаметр ділительного кола:

$$d_0 = \frac{t}{\sin \frac{z}{2}}. \quad (3.41)$$

Ведуча зірочка:

$$d_0 = \frac{25,4}{\sin \frac{20}{2}} = 162,37 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_0 = \frac{25,4}{\sin \frac{30}{2}} = 243 \text{ мм.}$$

Діаметр зовнішніх кіл:

$$d_{a \min} = d + 0,5d_1 \quad (3.42)$$

$$d_{a \max} = d + 1,25t - d_1 \quad (3.43)$$

Ведуча зірочка:

$$d_{a \min} = 162,37 + 0,5 \cdot 15,88 = 170,31 \text{ мм,}$$

$$d_{a\max} = 162,37 + 1,25 \cdot 25,4 - 15,88 = 178,24 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{a\min} = 243 + 0,5 \cdot 15,88 = 250,94 \text{ мм,}$$

$$d_{a\max} = 243 + 1,25 \cdot 25,4 - 15,88 = 258,87 \text{ мм.}$$

Радіус впадин:

$$r_{i\min} = 0,505 \cdot d_1; \quad (3.44)$$

$$r_{i\max} = 0,505 \cdot d_1 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{d_1}. \quad (3.45)$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i\min} = 0,505 \cdot 15,88 = 7,94 \text{ мм,}$$

$$r_{i\max} = 0,505 \cdot 15,88 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{15,88} = 8,19 \text{ мм.}$$

Діаметр кола впадин:

$$d_f = d - 2 \cdot r_i \quad (3.46)$$

Ведуча зірочка:

$$d_f = 162,37 - 2 \cdot 7,94 = 146,94 \text{ мм,}$$

Ведена зірочка:

$$d_f = 243 - 2 \cdot 7,94 = 227,12 \text{ мм.}$$

Радіус спряжень:

$$r_{l\min} = 0,12 \cdot d_1 (z + \alpha) \quad (3.47)$$

$$r_{l\min} = 0,008 \cdot d_1 (z^2 + 180) \quad (3.48)$$

Ведуча зірочка:

$$r_{l\min} = 0,12 \cdot 15,88 \cdot (20 + 2) = 41,92 \text{ мм,}$$

$$r_{l\min} = 0,008 \cdot 15,88 \cdot (20^2 + 180) = 73,68 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$r_{l\min} = 0,12 \cdot 15,88 \cdot (30 + 2) = 60,98 \text{ мм,}$$

$$r_{l\min} = 0,008 \cdot 15,88 \cdot (30^2 + 180) = 137,20 \text{ мм.}$$

Кут спряження:

$$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z}; \quad (3.49)$$

$$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z}. \quad (3.50)$$

Ведуча зірочка:

$$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{20} = 115,5^\circ;$$

$$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{20} = 135,5^\circ.$$

Ведена зірочка:

$$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{30} = 117^\circ.$$

$$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{30} = 137^\circ.$$

Радіус заокруглень зірочок:

$$r_x = 1,5 \cdot d_1 = 1,5 \cdot 15,88 = 23,82 \text{ мм.}$$

Ширина зуба:

$$b_{f1} = 0,93 \cdot b_1 = 0,93 \cdot 18,7 = 17,42 \text{ мм.}$$

Орієнтовний діаметр отворів під вали

$$d_e = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot \tau_{кр}}}, \quad (3.51)$$

де T – крутний момент на валу зірочок, Н·м;

$\tau_{кр}$ – допустимі напруження кручення.

Ведуча зірочка

$$d_e = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{73,68}{0,2 \cdot 40}} = 21,1 \text{ мм.}$$

приймаємо $d_e = 22$ мм.

Ведена зірочка

$$d_e = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{130,21}{0,2 \cdot 40}} = 25,4 \text{ мм;}$$

приймаємо $d_e = 30$ мм.

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

Визначаємо діаметр ступиці:

$$d_{cm} = (1,8 - 2,0) d_g. \quad (3.52)$$

Ведуча зірочка

$$d_{cm} = 1,8 \cdot 22 = 39,6 \text{ мм},$$

приймаємо $d_{cm} = 40$ мм.

Ведена зірочка:

$$d_{cm} = 1,8 \cdot 30 = 54 \text{ мм}.$$

Довжину ступиць l_{cm} ведучої і веденої зірочки приймаємо рівною 50 мм.

3.3. Силовий аналіз

3.3.1. Визначення крутних моментів приводу садової фрези

Крутний момент на ВВП становить 70 Н·м.

Крутний момент на вхідному валу ланцюгової передачі

$$M_1 = M_{ВВП} \cdot \eta_{КП}, \quad (3.53)$$

де $\eta_{КП}$ – ККД карданної передачі, $\eta_{КП} = 0,95$

$$M_1 = \frac{70}{0,95} = 73,68 \text{ Н·м}.$$

Крутний момент на вихідному валу ланцюгової передачі

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot i_1}{\eta_{лп}^2 \cdot \eta_{лп}}, \quad (3.54)$$

де $\eta_{лп}$ – ККД ланцюгової передачі, $\eta_{лп} = 0,97$

$$M_2 = \frac{73,68 \cdot 1,6}{0,99^2 \cdot 0,99} = 130,21 \text{ Н·м}.$$

Крутний момент на вхідному валу конічного редуктора

$$M_3 = \frac{M_2}{\eta_{КП} \cdot \eta_{лп}}, \quad (3.55)$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | <i>МФ 00. 000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 29 |

$$M_3 = \frac{130,21}{0,95 \cdot 0,99} = 138,45 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Крутний момент на першому вихідному валу конічного редуктора

$$M_4 = \frac{M_3 \cdot i_3}{\eta_{\text{мн}} \cdot \eta_{\text{ПК}}}, \quad (3.56)$$

де $\eta_{\text{ПК}}$ – ККД конічної передачі, $\eta_{\text{ЛП}}=0,96$

$$M_4 = \frac{138,45 \cdot 1,6}{0,99 \cdot 0,96} = 233,08 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Крутний момент на проміжному валу конічного редуктора

$$M_5 = \frac{M_4 \cdot i_4}{\eta_{\text{мн}} \cdot \eta_{\text{ПК}}}, \quad (3.57)$$

$$M_5 = \frac{233,08 \cdot 1,0}{0,99 \cdot 0,96} = 245,24 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Крутний момент на другому вихідному валу конічного редуктора

$$M_6 = \frac{M_5 \cdot i_5}{\eta_{\text{мн}} \cdot \eta_{\text{ПК}}}, \quad (3.58)$$

$$M_6 = \frac{245,24 \cdot 1,0}{0,99 \cdot 0,96} = 258,04 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

3.4. Розрахунки на міцність

3.4.1. Визначення сил, що діють на вихідний вал ротора фрези

Визначимо сили, що діють на вихідний вал ротора фрези в зчепленні конічної зубчатої передачі:

– колова сила

$$F_t = \frac{2 \cdot M_4}{0,05} = \frac{2 \cdot 233,08}{0,03271} = 9323,2 \text{ Н;}$$

– осьова сила

$$F_a = F_t \cdot \text{tg} \alpha \cdot \cos(90^\circ - \delta) = 9323,2 \cdot \text{tg} 20^\circ \cdot \cos(90^\circ - 45^\circ) = 2399,47 \text{ Н;}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | <i>МФ 00. 000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 30 |

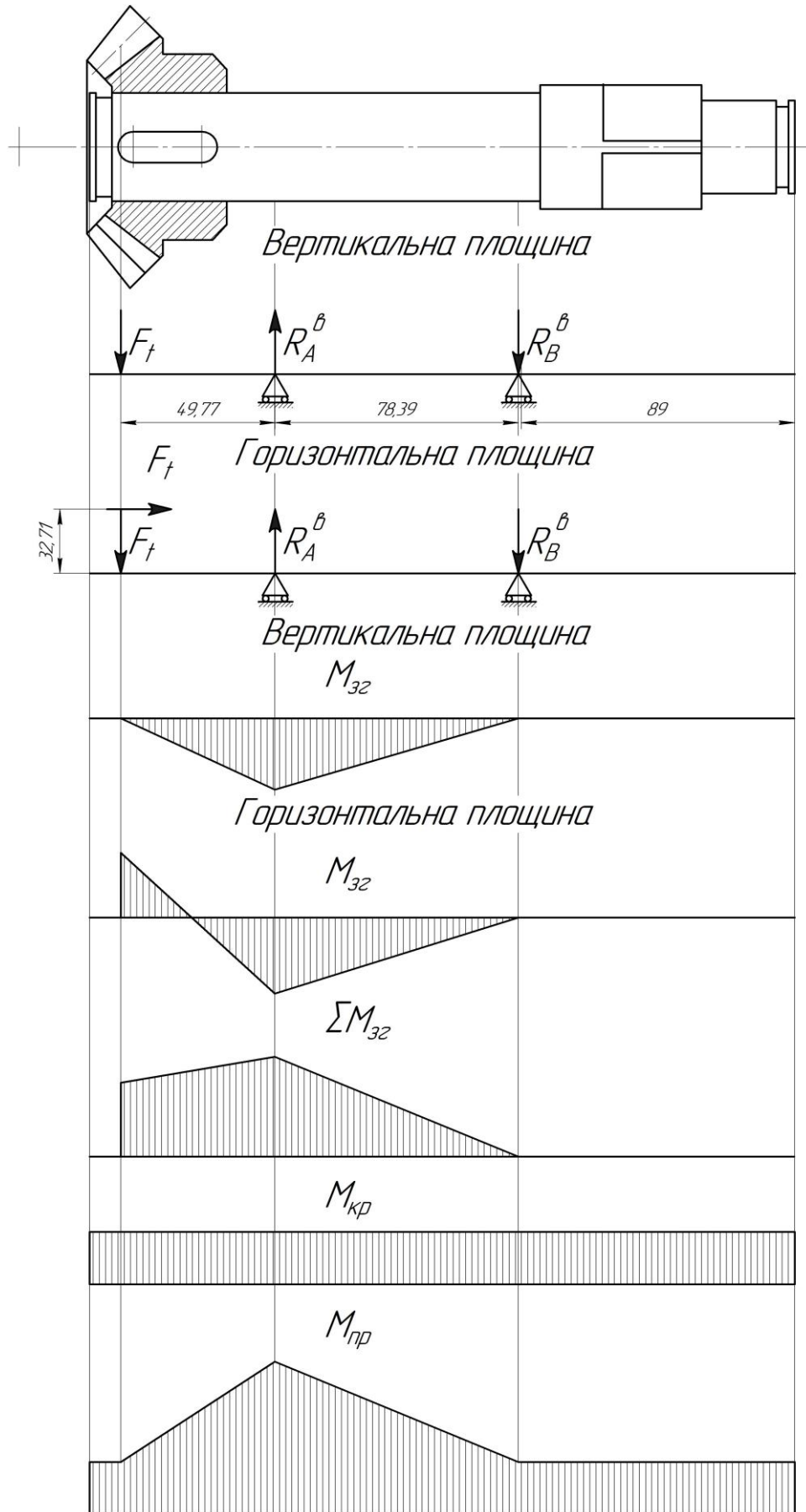


Рис. 3.1. Схема сил, що діють на вихідний вал кутового редуктора

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |
| | | | | |

МФ 00. 000 ПЗ

Величину коефіцієнта чутливості матеріалу до симетрії циклу напружень ψ_σ при згинанні. Для сталі 45 $\psi_\sigma=0,1$.

Підставивши усі необхідні величини у наведену вище формулу отримуємо запас міцності для нормальних напружень

$$n_\sigma = \frac{270}{2,25 \cdot 29,99} = 4,0.$$

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень.

Спочатку визначаємо полярний момент опору. При $d=35$ мм, приймаємо $W_p=8418$ мм³.

Напруження кручення будуть дорівнювати:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{233,08 \cdot 10^3}{8418} = 27,69 \text{ МПа.}$$

Напруження кручення будуть дорівнювати:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{27,69}{2} = 13,84 \text{ МПа.}$$

Запас міцності для дотичних напружень:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K \tau_d \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m},$$

де ψ_τ – коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень при крученні, для сталі 45 $\psi_\tau=0,05$

$$n_\tau = \frac{150}{2,15 \cdot 13,84 + 0,05 \cdot 13,84} = \frac{150}{30,448} = 4,93.$$

Загальний запас міцності в перерізі В становить:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{4,0 \cdot 4,93}{\sqrt{4,0^2 + 4,93^2}} = 3,11.$$

Міцність вала забезпечена оскільки $n=3,28 > [n]=1,8$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Інструкція з охорони праці при роботі на агрегаті з садовою фрезою

Ця інструкція встановлює вимоги з охорони праці для осіб, які працюють із садовою фрезою міжрядного типу ФСП–0,7. Дія інструкції поширюється на всіх працівників, залучених до експлуатації та обслуговування агрегату в складі тракторного комплексу.

До виконання робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли обов'язковий медичний огляд, мають посвідчення тракториста–машиніста відповідної категорії, а також пройшли первинний, повторний, цільовий та позаплановий інструктажі з охорони праці згідно з вимогами чинного законодавства.

Перед запуском фрези необхідно:

- перевірити справність трактора та навісного обладнання;
- провести візуальний огляд фрези та усунути виявлені дефекти або пошкодження;
- переконатися у наявності всіх захисних кожухів, огорож та елементів фіксації;
- перевірити рівень масла в гідросистемі, мастило в шарнірних з'єднаннях, стан шлангів та муфт;
- перевірити кріплення ножів фрезерного барабана та їх розміщення;
- встановити глибину обробітку відповідно до умов поля за допомогою регулювання опорних коліс;
- впевнитися у відсутності сторонніх предметів у зоні дії робочих органів;
- переконатися у справності системи сигналізації, гальмів, освітлення та звукового сигналу трактора;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | <i>МФ 00. 000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 35 |

- забезпечити наявність справної аптечки та первинних засобів пожежогасіння у кабіні.

Під час роботи

- робота повинна виконуватись відповідно до встановленого технологічного маршруту;
- забороняється перебування сторонніх осіб ближче ніж на 15 метрів від машини;
- під час роботи заборонено виходити з кабіни, залишати двигун працюючим без нагляду, здійснювати повороти на високій швидкості або працювати на схилах понад допустимі значення;
- не допускається очищення, ремонт або змащування фрези при увімкненому двигуні;
- у разі появи сторонніх звуків, вібрацій або витoku рідин – агрегат слід негайно зупинити та з'ясувати причину;
- при обробці навколо дерев слід плавно регулювати положення робочих органів і уникати різких ривків.

Після закінчення роботи:

- зупинити трактор, заглушити двигун, перекрити гідравлічну систему;
- очистити фрезу від налиплого ґрунту, залишків рослин, перевірити стан ножів;
- виконати контрольний технічний огляд: перевірити з'єднання, мастило, зафіксувати дефекти у журналі обліку технічного стану;
- зняти агрегат з трактора та розмістити його на рівному майданчику для зберігання;
- відключити шланги, знеструмити машину;
- повідомити керівника про завершення зміни або виявлені несправності.

Категорично забороняється:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | <i>МФ 00. 000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 36 |

- використовувати фрезу не за призначенням або при відсутності захисних елементів;
- проводити будь-які технічні втручання без відключення двигуна;
- працювати при несправному ВВП, гідросистемі або за наявності витоків рідин;
- перебувати поблизу машини під час її руху;
- працювати без справних засобів індивідуального захисту (спецодяг, захисне взуття, рукавиці);
- перевозити людей або вантажі на фрезі;
- залишати трактор з увімкненим двигуном без оператора.

У разі травмування працівника необхідно:

- негайно зупинити роботу агрегата;
- вимкнути двигун та переконатися у безпечності місця події;
- надати долікарську допомогу залежно від характеру травми (зупинка кровотечі, перев'язка, іммобілізація кінцівок тощо);
- викликати швидку медичну допомогу;
- повідомити безпосереднього керівника;
- забезпечити супровід постраждалого до прибуття медичних працівників;
- зафіксувати обставини події для службового розслідування.

Усі особи, залучені до роботи з фрезою ФСП–0,7, зобов'язані дотримуватись цієї інструкції в повному обсязі. Порушення її положень розглядається як недотримання вимог охорони праці і тягне за собою відповідальність згідно з чинним законодавством України. Інструкція повинна переглядатися не рідше ніж один раз на три роки або після кожного технічного оновлення обладнання чи змін у нормативних документах.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | <i>МФ 00. 000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 37 |

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведений аналіз існуючих конструкцій ротаційних садових фрезерних агрегатів, що можна придбати на українському ринку аграрної техніки. Було виявлені переваги та недоліки конструкції садової фрези МФ–1 та намічені напрямки її удосконалення.

В інженерній частині проведені технологічні розрахунки, що дозволяють оптимізувати конструктивно–технологічні параметри зубових роторів фрези, які підлягають модернізації, а саме оптимізації форма зуба та його параметри, технологічні параметри ротора.

Кінематичні розрахунки дозволили встановити параметри модернізованого приводу зубового ротора фрези.

У розділі з охорони праці розроблено коротку інструкцію з охорони праці при роботі на фрезерному агрегаті.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | <i>МФ 00. 000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 38 |

