

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”  
зав. кафедрою СГМ  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Сергій ЛЕЩЕНКО  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти  
на тему:

"Модернізація ярусного плуга з удосконаленням корпусу нижнього ярусу"

Виконав здобувач вищої освіти \_\_II\_\_ курсу,  
групи ГМ-22М-1.1  
ОНП «Галузеве машинобудування»  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
\_\_\_\_\_ Підгурський Андрій Іванович  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник проекту  
доцент, канд.техн.наук  
\_\_\_\_\_ Юрій МАЧОК  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.  
Рецензент Олександра БІЛОВИД  
\_\_\_\_\_

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма Галузеве машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій ЛЕЩЕНКО

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ  
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ  
ОСВІТИ**

\_\_\_\_\_ Підгурського Андрія Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

Модернізація ярусного плуга з удосконаленням корпусу нижнього ярусу

---

---

---

---

2. Керівник роботи (проекту)

Мачок Юрій Вікторович, канд. техн. наук, доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту 27.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) \_\_\_\_\_

Удосконалення конструкції корпусу нижнього ярусу плуга ПНЯ 4-42 шляхом обґрунтування параметрів польової дошки з активним елементом

---

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1–6	Мачок Ю.В.		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	01.06.2024 р.	
2	Графічна частина	10.06.2024 р.	
3	Захист роботи	27.06.2024 р.	

Дата видачі завдання

« 05 » лютого 2024 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ Мачок Ю.В.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« 05 » лютого 2024 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

Підгурський А.І.  
(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			ПНЯ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	44	
				<u>Документація по науковій</u>		
				<u>частині</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			ПНЯ 00.001 С2	Огляд плугів для	1	
				глибокої оранки		
A1			ПНЯ 00.002 С2	Теоретичні дослідження	1	
				<u>Документація по інженерній</u>		
				<u>частині</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A0			ПНЯ 00.000	Плуг ярусний ПНЯ 4-42	1	
				<u>Документація по складальних</u>		
				<u>одиницях</u>		
A1			ПНЯ 10.000	Корпус нижнього ярусу	1	
A3			ПНЯ 20.000	Валець		

					ПНЯ 00.000 ВР								
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість роботи								
Розробив	Підгурський										Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок											1	2
											ЦНТУ гр. ГМ-22М-1.1		
Н. контр.	Мачок												
Затвердив	Лещенко												



## Зміст

	<u>стор.</u>
1. Вступ.....	6
2. Наукова частина.....	8
3. Інженерна частина.....	21
4. Охорона праці.....	36
5. Економічна частина.....	39
6. Висновок.....	41
Список використаної літератури.....	42
Додатки.....	44

## 1. Вступ

Вітчизняні аграрії дуже активно реагують на різні нововведення в технології вирощування сільськогосподарських культур. Це стосується не лише прагненням створити кращі умови для розвитку культурних рослин, а й зекономити на виконанні технологічних операцій. В повній мірі це стосується і виконання основного обробітку ґрунту.

У виробництві широко використовуються способи мінімального впливу на ґрунт. Це так звані енергоощадні технології – mini-till, no-till, strip-till тощо. Кожна з них обмежує або повністю виключає механічну обробку ґрунту. Зазначені технології дають можливість заощадити енергетичні та людські ресурси та на деякий період забезпечити сталий урожай культурних рослин. Але надалі проявляється серйозний негатив від використання зазначених технологій – це переущільнення ґрунту, порушення водного балансу, зниження здатності забезпечення рослин елементами живлення тощо.

Останніми роками серед аграріїв популярним стало використання для основного обробітку ґрунту плугів і розпушувачів з чизельними робочими органами [14]. Завдяки роботі таких машини забезпечується глибоке розпушування ґрунту (до 45 см і більше), що позитивно впливає на повітряний та водяний режим ґрунту, сприяє розвитку ґрунтових мікро- та макроорганізмів. Однак, тут необхідно звернути увагу на декілька недоліків роботи чизельних знарядь. Це те, що після їх проходу значна частина рослинних решток залишається на поверхні поля, що в подальшому може ускладнити роботу посівних агрегатів. Крім того, вони не забезпечують створення однорідного орного шару через відсутність вертикального переміщення ґрунту. Очевидною є необхідність періодичного використання оранки для усунення недоліків чизелювання. Надзвичайно ефективним є ярусний обробіток, при виконанні якого має місце заміщення одного шару іншим у вертикальному напрямку, що

					ПНЯ 00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	Медокум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Підгурський				Пояснювальна записка			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок								6	43
Н.контр.	Мачок				ЦНТУ гр. ГМ-22М-1.1					
Затвер.	Лещенко									

забезпечує якісне загортання рослинних решток та добрив, створює однорідний орний шар. Особливо це важливо при вирощуванні технічних культур.

Відомо, що оранка є досить енергоємним процесом. Тягові можливості трактора витрачаються не лише на виконання корисної роботи, а й на подолання сил тертя, які можуть сягати 40% і більше загального опору плуга [1, 11, 12].

Попередній аналіз вказує на те, що значна частина енергії витрачається на подолання сил тертя ковзання, які виникають при взаємодії польової дошки корпусу нижнього ярусу ярусного плуга (як інших типів плугів) зі стінкою борозни. В даній магістерській роботі здійснена спроба зменшення негативного впливу сил тертя на тяговий опір плуга шляхом розробки удосконаленої конструкції польової дошки.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7





Виготовляється та постачається споживачам вітчизняним виробником - ТОВ «Алекс-Агро» виробничі потужності якого знаходяться у місті Одеса.

Дуже цікавою є конструкція швидкісного плуга ПШН-4 (рис. 2.2) вітчизняного виробника «Деметра» розташованого в с. Соколівське Кропивницького району Кіровоградської області. Завдяки великій ширині захвату корпусів – до 600 мм він має значну, як для чотирьокорпусного плуга ширину захвату – 2,4 м. А оригінальна конструкція корпусів з практично відсутнім крилом полиці дозволяє працювати орному агрегату на підвищеній швидкості – до 10 км/год без прояву ефекту далекого відкидання скиби.



Рис. 2.2. Плуг швидкісний навісний ПШН-4.

Слід зазначити, що значне виступання долота дозволяє формувати гребенисте дно борозни до сприятиме накопиченню вологи в орному шарі. Крім того, такий спосіб установки долота забезпечуватиме руйнування ущільненого дна борозни. Відсутність передплужників компенсується встановленням на корпусах кутознімів, хоча, слід зазначити, передплужники забезпечили б більш якісну оранку. Ще одним недоліком конструкції можна вважати консольне приєднання центральної тяги начіпки трактора до розкосу плуга, що за певних умов може викликати його деформацію у вертикальній площині.

Ще одна цікава розробка кіровоградських машинобудівників. Це плуг ПШК-4 (рис. 2.3) виробництва ТОВ АК «ФАВОРИТ». Він дуже схожий за будовою та експлуатаційними характеристиками з плугом ПШН-4.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПНЯ 00.000 ПЗ

Арк.

10



Рис. 2.3. Плуг швидкісний ПШК-4.

Але конструктори даного виробника усунули недолік начіпної системи плуга ПШН-4 перемістивши точку кріплення центральної тяги трактора на стояки начіпки плуга. Тим самим його конструкція стала більш надійною.

Ще одне вітчизняне підприємство, яке знаходиться у м. Шепетівка за ліцензією польського виробника виготовляє плуги Vomet ПН 430 (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Плуг Vomet ПН 430.

Даний плуг також може обробляти ґрунт на глибину до 30-35 см. Навіть поверхневий огляд його конструкції дозволив виявити досить серйозні недоліки. Стосовно параметрів робочих органів. Ширина захвату корпусу складає всього 30 см, а плуга – 120 см, що для чотирікорпусного плуга замало. Згідно технічної характеристики знаємо, що корпуси мають циліндричну лемішно-полицеву поверхню, що не може не викликати сумніву щодо якості їх роботи на

					ПНЯ 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11



відповідає їх біологічним потребам. Невелика ціна, простота конструкції, доступність до запасних частин переважають існуючі негативи.

На вітчизняній полях широко представлена закордонна ґрунтообробна техніка. Це плуги виробництва Lemken, New Holland, Kverneland, Kuhn, Vogel&Noot, Rabe, Ermo та багатьох інших. Більшістю своєю вони пропонують оборотні плуги, як найбільш економічно ефективні для сільськогосподарських виробників.

Найбільшою популярністю серед наших аграріїв користуються плуги Lemken. Плуг EurOpal 6 4 N (рис. 2.7) є оборотним плугом. Надійність, висока продуктивність, маневреність, низький опір переміщенню в ґрунті є основою його затребуваності.



Рис. 2.7. Загальний вигляд плуга EurOpal 6 4 N (Lemken).

Низький опір переміщенню пояснюється оригінальною будовою його корпусу (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Корпус плуга Lemken.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13









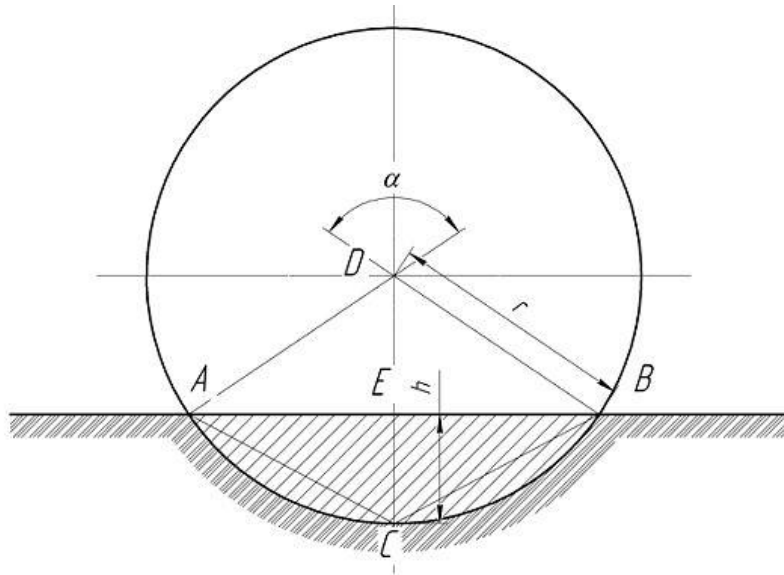


Рис. 2.13. Схема взаємодії вальця з ґрунтом.

$$L_{\text{дуги}} = 2CB + \frac{2CB - AB}{3}, \quad (2.4)$$

Зважаючи на те, що трикутник  $BCE$  прямокутний, то довжина відрізка  $BC$  визначиться з виразу

$$BC = \sqrt{CE^2 - BE^2}, \quad (2.5)$$

Позначимо

$$AE = BE = l, DB = AD = r, \text{ тоді } AB = 2 \cdot l, CE = r - h \quad (2.6)$$

Тоді, з трикутника  $DEB$  отримаємо

$$r^2 = (r - h)^2 + l^2 \quad (2.7)$$

Після перетворень отримаємо

$$l = \sqrt{2rh - h^2} \quad (2.8)$$

Підставивши вирази 2.8 та 2.5 у вираз 2.4 і перетворень отримаємо

$$L_{\text{дуги}} = \frac{8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r - h)}}{3} \quad (2.9)$$

де  $L_{\text{дуги}}$  - довжина дуги опорної поверхні, см.

Тоді, площа опорної поверхні вальця складе

$$S_{\text{опори}} = \frac{8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r - h)}}{3} l_{\text{вал}} \quad (2.10)$$

де -  $S_{\text{опори}}$  - площа опорної поверхні польової дошки;

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$l_{вал}$  - довжина твірної циліндра вальця, що контактує з ґрунтом, см

Площа сегменту ґрунту, який витіснить ролик польової дошки визначиться

$$S_{сегм} = r^2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{h(2r-h)} \quad (2.11)$$

Враховуючи останнє об'єм ґрунту  $V_{зр}$ , який витіснить валець складе

$$V_{зр} = (r^2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{h(2r-h)}) \cdot l_{вал} \quad (2.12)$$

Визначимо питому силу тиску ролика польової дошки на ґрунт

$$P_{зр} = \frac{3R_2}{(8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r-h)}) \cdot l_{вал}} \quad (2.13)$$

Після деяких перетворень отримаємо вираз для визначення радіусу вальця активної польової дошки.

$$r = \frac{24 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot R_2^2 \cdot l_{вал}^2 \cdot h^4}{P_{зр}^2} - \frac{64 \cdot R_2^2 \cdot l_{вал} \cdot h^4}{P_{зр}^2} + \frac{9 \cdot R_2^4 \cdot l_{вал} \cdot h^2}{P_{зр}^4} - 64 \cdot l_{вал} \cdot h^3 + 4 \cdot l_{вал}^2 \cdot h^3 + \frac{144 \cdot R_2^2 \cdot h}{P_{зр}^2} + \frac{9 \cdot R_2^2 \cdot l_{вал} \cdot h}{P_{зр}^2}}{8 \cdot h^2 (l_{вал} - 16)^2}$$

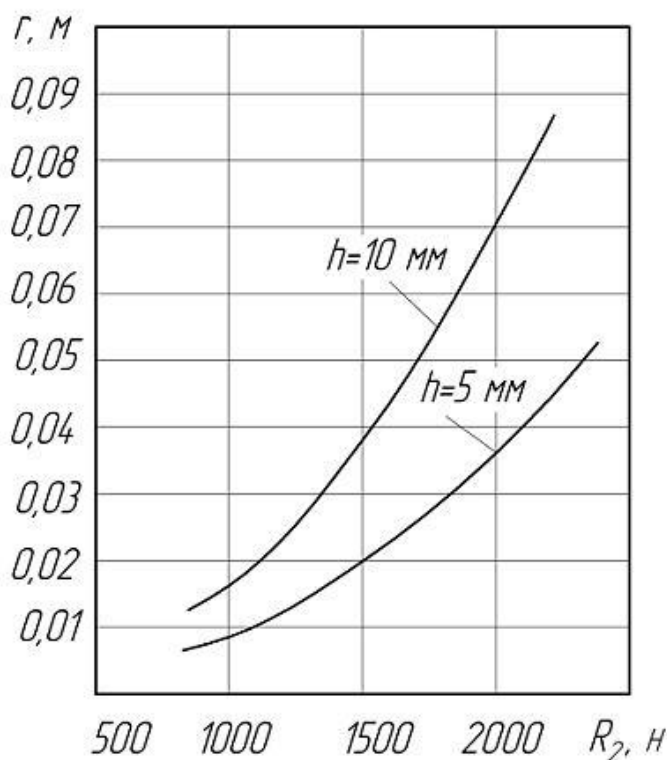


Рис. 2.14. Графік залежності радіусу вальця від сили дії на польову дошку.

З урахуванням отриманого виразу та припущень, що  $l_{pol} = 140\text{мм} = 0,14\text{м}$ ,  $h = 5 - 10\text{мм} = 0,005 - 0,01\text{м}$ ,  $R_2 = 1000 - 2000\text{Н}$ ,  $P_{zp} = 40\text{кПа}$  побудуємо графічні залежності оптимальних значень радіусу вальця від сили, яка діє на польову дошку.

**Висновки по розділу.** Отримані графічні залежності мають важливе практичне значення. За умови відомих ґрунтово-кліматичних умов, глибини оранки та ширини захвату корпусу плуга, сили, яка діє на польову дошку можна визначити діаметр вальця польової дошки, який дозволить розвантажити останню та знизити негативну дію сил тертя при виконанні процесу.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20





## 3.2. Технологічні розрахунки.

### 3.2.1. Визначення основних параметрів плуга

Так як достеменно відома ширина захвату корпусів зможемо розрахувати загальну конструктивну ширину захвату плуга [1, 12].

$$B = n \cdot b_k \quad (3.1)$$

де  $n = 4$  - кількість корпусів;

$b_k = 0,42\text{м}$  - ширина захвату корпусу

Тоді

$$B = 4 \cdot 0,42 = 1,68\text{м}$$

Корпус верхнього ярусу матиме ширину захвату

$$b_e = (0,7 - 1,0) b_k = 1 \cdot 0,42 = 0,42\text{м} \quad (3.2)$$

Таким чином, корпуси обох ярусів матимуть однакову ширину захвату -  $0,42\text{м}$

Відстань між носками лемішів корпусів обох ярусів призначаємо  $t = 0,43\text{м}$ , що забезпечить вільний прохід скиби між ними та виключить ймовірність забивання ґрунтом та рослинними рештками.

Положення рами плуга по висоті відносно опорної поверхні корпусів залежить від параметрів скиби та умови її вільного проходу. Для визначення даного параметру скористаємось виразом

$$H = b_k + \frac{2a}{3} = 0,42 + \frac{2 \cdot 0,35}{3} = 0,65\text{м}, \quad (3.3)$$

де  $a = 0,35\text{м}$  - глибина оранки

Призначаємо  $H = 0,7\text{м}$ , що відповідає реальному значенню параметру плуга.

### 3.2.2. Розрахунок сил, які діють на корпус плуга

Під час роботи корпус плуга піддається значному силовому навантаженню [сисолін]. Спрямування цих сил носить, як нормальний так і дотичний характер.

Їх величина має велике практичне значення так як визначає тяговий опір плуга, силове навантаження на польову дошку, стояк корпусу тощо.

					ПНЯ 00.000 ПЗ			Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				23

Для визначення силового навантаження чи тягового опору як правило користуються методом динамометрування. Отримавши інформацію про ґрунтові умови, параметри оранки можна скористатися аналітичним способом розрахунку силового навантаження корпусу плуга. Для проведення розрахунку використаємо схему сил, які діють на корпус (рис. 3.1) [1, 12]. Наведений рисунок та аналітичні залежності дають можливість визначити величину і напрямки дії сил на корпусах в трьох площинах проєкцій. Це сили:

$R_x$  - яка діє в горизонтальній площині у напрямку руху плуга;

$R_y$  - яка діє в горизонтальній площині перпендикулярній до руху плуга;

$R_z$  - яка діє у вертикальній площині [12].

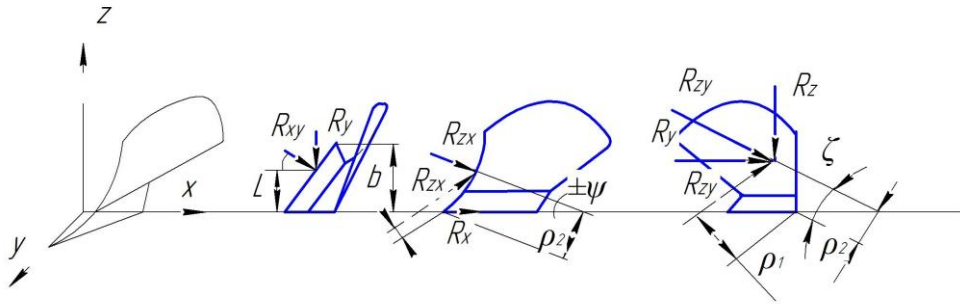


Рис. 3.1. Схема силового навантаження корпусу плуга.

В горизонтальній площині проєкцій  $HOY$  на корпус піддається дії рівнодіючої сили  $R_{xy}$ . Вона утворює кут  $\delta = 15^0 - 25^0$  з напрямком руху корпусу (рис. 3.1).

Визначимо положення точки її прикладення

$$\lambda = 0,4 \cdot \sigma = 0,4 \cdot 0,42 = 0,168 \text{ м} \quad (3.4)$$

Значення сили  $R_x$ , як проєкцію рівнодіючої  $R_{xy}$  на вісь  $x$  визначиться

$$R_x = \eta \cdot k \cdot a \cdot b \quad (3.5)$$

де  $\eta = 0,6 - 0,8$  - ККД плуга;

$k = 5,7 \text{ Н / м}^2$  коефіцієнт питомого опору ґрунту;

$a = 0,35 \text{ м}$  - глибина оранки.

Тоді,





$$q = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 0,01}{2} = 100 \text{ Н / м}^2$$

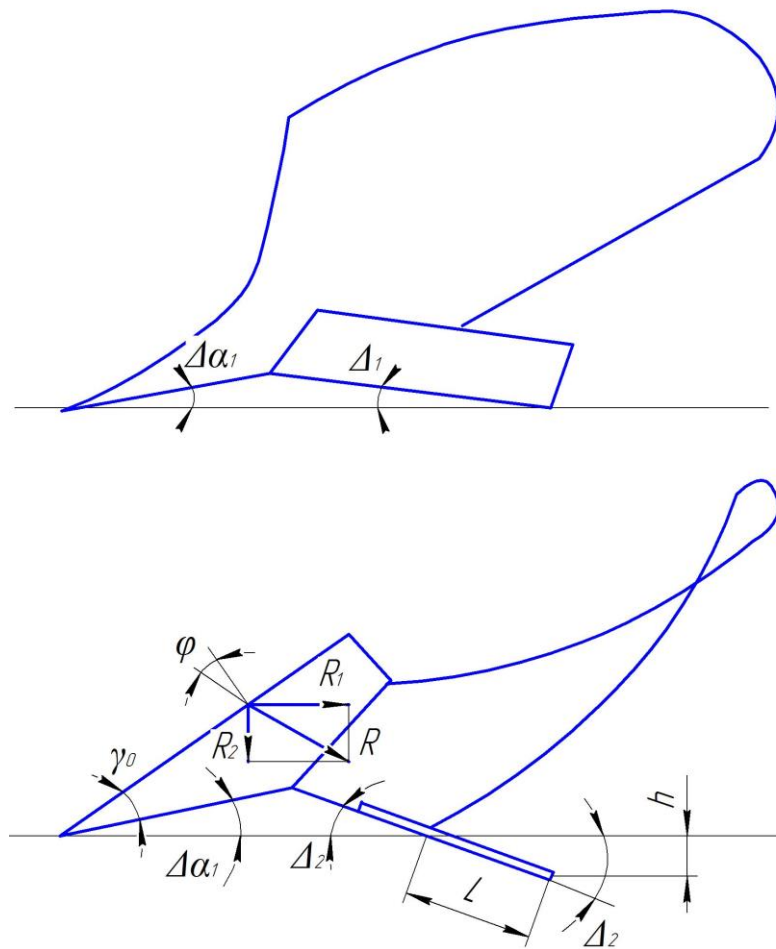


Рис. 3.2. Установка польової дошки.

З урахуванням силового навантаження та визначених параметрів орієнтовну ширину польової дошки визначаємо []

$$n = \frac{2 \cdot R_y \cdot \sin \Delta_2}{q_0 \cdot h^2} = \frac{2 \cdot 2179 \cdot 0,0349}{2 \cdot 10^4 \cdot 0,01^2} = 76,0 \text{ мм} \quad (3.16)$$

З урахуванням параметрів закладених в конструкцію плуга призначаємо ширину польової дошки  $n = 140,0 \text{ мм} = 0,14 \text{ м}$ .

### 3.2.4. Вибір параметрів леміша.

Конструктивні параметри леміша мають визначальний вплив на якість оранки, енергоефективність та його довговічність. Відомо, що майже 40% потужності трактора витрачається на роботу леміша [1,12].

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата







### 3.3.3. Перевірка агрегату на повздовжню стійкість

Повздовжня стійкість начіпних агрегатів з тракторами на колісній ходовій системі повинна відповідати вимогам коефіцієнту запасу повздовжньої стійкості  $X_n$ , значення якого повинно бути  $X_n \leq 0,4$  [1, 12]. Забезпечення виконання даної умови вказує на стійке положення агрегату.

Його значення визначається з виразу

$$X_n = \frac{G_n \cdot a_n}{G \cdot a} \quad (3.24)$$

де  $G_n = 10,50 \text{ кН}$  – сила ваги плуга;

$a_n = 3,7 \text{ м}$  координата центру ваги плуга;

$G = 76 \text{ кН}$  – сила ваги трактора;

$a = 1,82 \text{ м}$  – повздовжня координата центру ваги трактора відповідно до положення передніх коліс трактора ( рис. 3.4) [1, 12].

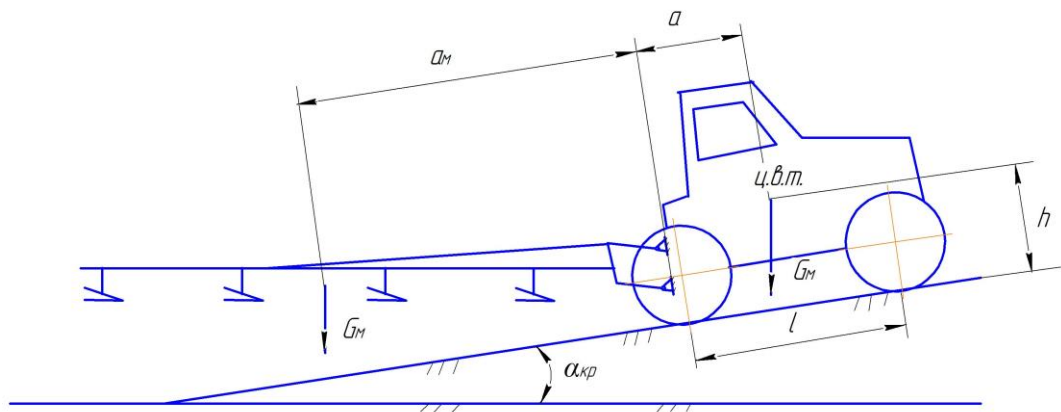


Рис. 3.4. Розрахункова схема агрегату.

Тоді

$$X_n = \frac{10,5 \cdot 3,7}{76 \cdot 1,82} = 0,28 \leq 0,4$$

Тобто, стійкість агрегату в повздовжній площині забезпечується.

Робота агрегату на схилах деякої крутизни може викликати аварійну ситуацію, яка супроводжуватиметься його перевертання. Для запобігання такої

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Тоді  $\lambda = 90^\circ - (42^\circ + 25^\circ) = 23^\circ$ .

Аналіз розрахункової схеми навантаження стовби (рис. 3.5) дає можливість зробити попередній висновок про те, що небезпечним є переріз  $A-A$ , розташований відносно точки прикладення рівнодіючої сили  $R_{zx}$  на відстані  $H$

$$H = h - \frac{a}{3} = 0,7 - \frac{0,35}{3} = 0,58\text{м} \quad (3.27)$$

де  $h = 0,7\text{м}$  - довжина стовби.

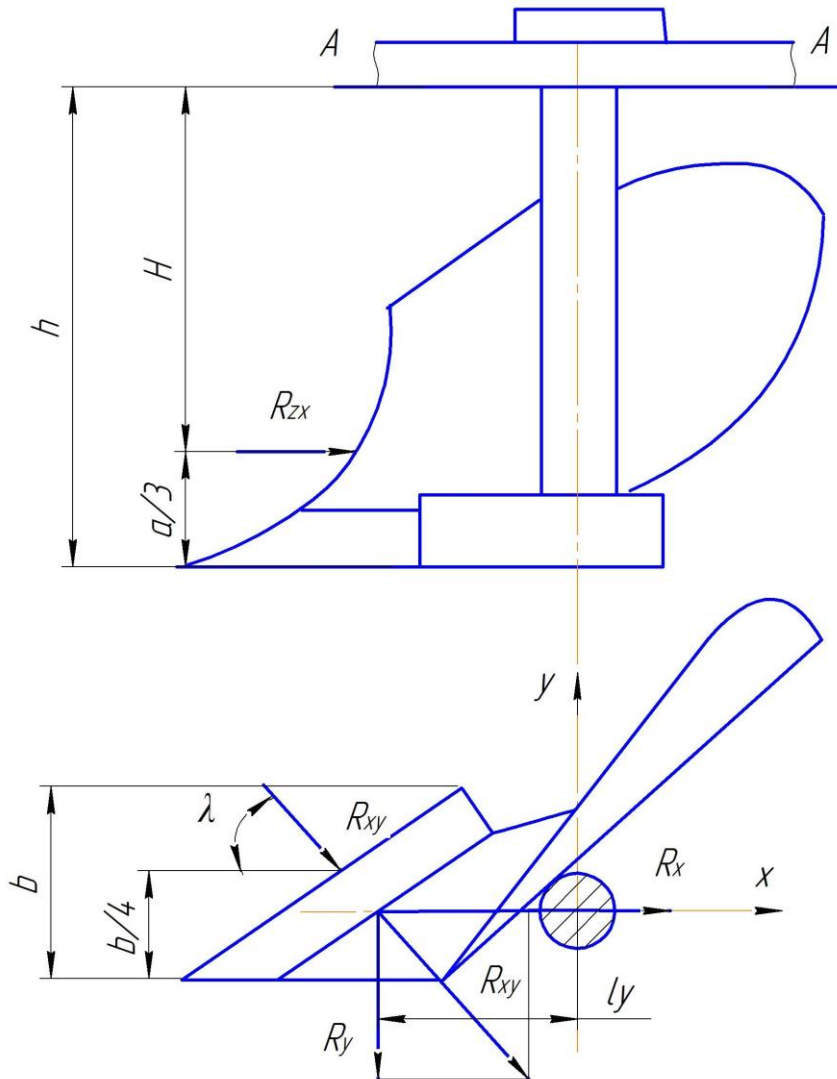


Рис. 3.5. Розрахункова схема стовби.

Стовба також піддається косому згину через те, що сила  $R_{xy}$  діє під кутом  $(\gamma_0 + \varphi)$  по відношенню до головних осей інерції перерізу заготовки стовби.

Відповідно, в небезпечному перерізі стовби  $A-A$  діятимуть згинаючі та крутний моменти

$$M_x = R_{xy} \cdot \sin(\gamma_0 + \varphi) \cdot H \quad (3.28)$$

$$M_y = R_{xy} \cdot \cos(\gamma_0 + \varphi) \cdot H \quad (3.29)$$

Крутний момент від сили  $R_y$

$$M_k = R_{xy} \cdot \cos(\gamma_0 + \varphi) \cdot \lambda_y \quad (3.30)$$

де  $\lambda_y = 0,13\text{м}$  - плече сили  $R_{xy}$ .

Через те, що

$$R_{xy} \cdot \sin(\gamma_0 + \varphi) = R_x \quad (3.31)$$

$$R_{xy} \cdot \cos(\gamma_0 + \varphi) = R_y \quad (3.32)$$

Звідси, згинаючі моменти дорівнюватимуть

$$M_x = R_x \cdot H = 6536 \cdot 0,58 = 3790,8\text{Нм}$$

$$M_y = R_y \cdot H = 2179 \cdot 0,58 = 1263,8\text{Нм}$$

Крутний момент

$$M_k = R_y \cdot \lambda_y = 2179 \cdot 0,13 = 283,3\text{Нм}$$

Нормальні напруження від дії розрахованих моментів

$$\sigma_{Mx} = \frac{M_x \cdot y}{I_x} \quad (3.33)$$

$$\sigma_{My} = \frac{M_y \cdot x}{I_y} \quad (3.34)$$

де  $x, y$  – відстань від головних осей до найбільш віддалених точок круглого перерізу;

$I_x, I_y$  - моменти інерції перерізу стовби відносно головних осей.

Призначаємо діаметр стояка  $D = 0,7\text{м}$ .

Тоді  $x = y = 0,035\text{м}$

Відповідно

$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,07^4}{64} = 1,18 \cdot 10^{-6} \text{м}^4 \quad (3.35)$$

Тоді

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



### 3. Охорона праці.

#### 3.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Орний агрегат в силу своєї комплектації та специфіки виконання поставлених завдань є безпосереднім джерелом небезпеки виникнення шкідливих факторів, які можуть негативно впливати на умови праці тракториста, обслуговуючого персоналу та оточуючих.

Великі габарити орного агрегату створюють значну небезпеку на регульовальному майданчику при підготовці агрегату до роботи, проведенні технологічних регулювань, при переїздах, виконанні маневрів (поворотів, розворотів, рухів заднім ходом тощо). Особливо небезпечними такі дії можуть бути в темну пору року, за несприятливих погодних умов (дощ, туман тощо), при задимленні.

Великі розміри корпусів плуга обмежують до них доступ при проведенні огляду та технічного обслуговування.

Конструктивні елементи плуга та трактора можуть містити заводські дефекти, які спроможні заподіяти травмування людей. Це гострі краї, задирки, погане кріплення робочих та допоміжних органів інших механізмів.

Нестійке положення рами плуга при зберіганні на майданчику, що може спричинити її перевертання.

При безпосередньому виконанні технологічного процесу орним агрегатом можуть проявлятися небезпечні та шкідливі фактори:

- надмірний шум та наявність вібрації через роботу двигуна трактора;
- значний ступінь запиленості навколо агрегату та активне її розширення у вітряну погоду;
- ймовірність хімічного травмування при контакті з паливо-мастильними матеріалами, охолоджувальними, гальмівними, гідравлічними рідинами тощо при виконанні зливних, заправних чи контрольних операцій;
- механізми та вузли плуга, які безпосередньо виконують технологічний процес;

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Шум, запиленість – ці явища супроводжують виконання технологічного процесу і конструктивно з ними важко боротися, тому для зниження ступеню їх негативного впливу необхідно користуватися засобами індивідуального захисту такі як навушники, захисні маски тощо. Для протидії вібрації на тракторах використовують, як правило, гумові амортизатори, тому перед початком роботи необхідно перевірити їх технічний стан [6].

При роботі з заправними експлуатаційними рідинами необхідно використовувати захисні окуляри та стійкі до їх дії захисні рукавички. Категорично заборонено при цьому палити, користуватися відкритим вогнем. Обов'язково поруч повинен бути вогнегасник ОП-5 [10]. Трактор необхідно також укомплектувати санітарною лопатою та відром для води.

Для запобігання негативної дії сонячних променів трактористу необхідно використовувати тракторні сонцезахисні щитки, а за необхідності - сонцезахисні окуляри.

Категорично заборонено виконувати сервісні операції з трактором та плугом під час руху агрегату.

На виконання санітарно-гігієнічних правил кабіну трактора потрібно укомплектувати медичною аптечкою, ємностями для питної та технічної води, туалетним милом, рушником тощо [6].

**Висновок по розділу.** Таким чином, зазначені заходи та рекомендації при їх дотриманні створять умови безпечної експлуатації орного агрегату.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



рахунок підвищення техніко-економічних показників плуга можна підвищити відпускну ціну машини, тим самим отримати економічний ефект.

Споживач модернізованого плуга отримає свій економічний ефект за рахунок підвищення його надійності та економії паливо-мастільних матеріалів через зменшення його тягового опору.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 6. Висновок

Результати теоретичних досліджень, конструкторських розробок та інженерних розрахунків дають можливість сформулювати висновки.

1. Встановлено, що оранка залишається провідним способом основного обробітку ґрунту. Актуальною є глибока оранка ярусними плугами ПНЯ 4-42.

2. Встановлено, що для зниження енергоємності процесу оранки актуальною є використання конструкцій робочих органів плугів з елементами, які передбачали б заміну сил тертя ковзання на сили тертя кочення.

3. Отримано теоретичну та графічні залежності радіусу вальця польової дошки корпусу від силового навантаження на неї.

4. Обґрунтовано параметри вальця польової дошки корпусу плуга ПНЯ 4-42.

5. Встановлено, що використання польової дошки, оснащеної вальцем дозволить зменшити тяговий опір плуга на 20–25% та підвищити довговічність польової дошки.

6. Удосконалено конструкцію корпусу нижнього ярусу плуга ПНЯ 4-42.

7. Аналіз запропонованих досліджень та конструкторських розробок вказують на те, що виробник та споживач модернізованого плуга отримають позитивний економічний ефект.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



10. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір: ДСТУ ISO 6309:2007. [Чинний від 2007-10-01].- К.: Держстандарт України, 2007.- 80 с.

11. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ.навч. закл. із спец. “Машини та обладн. с.-г. вир-ва” / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001.-384 с.

12. Корпус плуга визначає ефективність оранки. URL: <https://agroexpert.ua/korpus-pluha-vyznachaie-efektyvnist-oranky/>.

13. Плуги: призначення, класифікація та огляд популярних моделей. URL: <https://agroelita.info/pluhy-pryznachennia-klasyfikatsiia-ta-ohliad-populiarnykh-modeley/>.

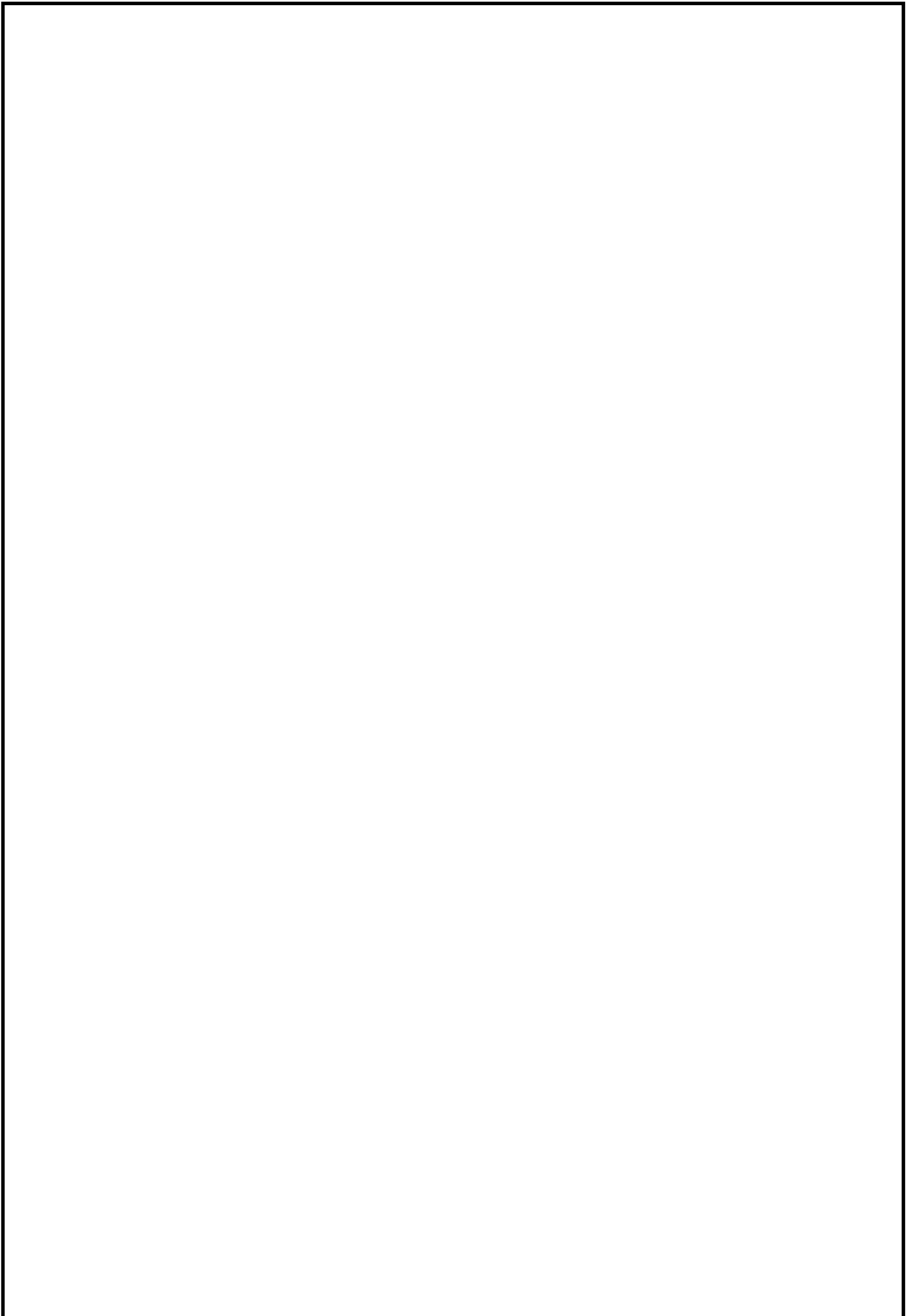
14. Що таке чизелювання ґрунту. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/shcho-take-chizelyuvannya-gruntu/>.

15. Ярусна й полицева оранка під кукурудзу дозволяє зменшити негативний наслідок екологічно складних попередників. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/yarusna-j-polyczeva-oranka-pid-kukurudzu-dozvolyaie-zmenshyty-negatyvnyj-naslidok-ekologichno-skladnyh-poperednykiv/>.

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## ДОДАТКИ

					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



					ПНЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

# ОГЛЯД ПЛУГІВ ДЛЯ ГЛИБОКОЇ ОРАНКИ

## ПЛУГИ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА



ПЛУГ НАЧІПНИЙ ПШК 4



ПЛУГ НАЧІПНИЙ ПШН 4



ПЛУГ ЯРУСНИЙ НАЧІПНИЙ ПНЯ 4-42



ПЛУГ ОБОРОТНИЙ АGROMASZ МОДЕЛІ РО 3+1

## ПЛУГИ ЗАКОРДОННОГО ВИРОБНИЦТВА



ПЛУГ ОБОРОТНИЙ LEMKEN EurOpal 6 4 N



ПЛУГ ВМОМЕТ ПН-430



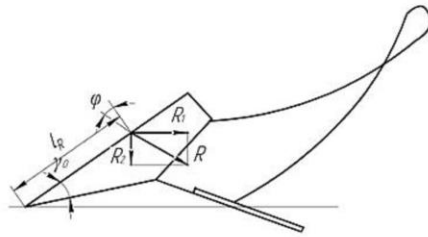
ПЛУГ KUHN MASTER 102 NSH

Лист № 001 / 002 / 003 / 004 / 005 / 006 / 007 / 008 / 009 / 010 / 011 / 012 / 013 / 014 / 015 / 016 / 017 / 018 / 019 / 020 / 021 / 022 / 023 / 024 / 025 / 026 / 027 / 028 / 029 / 030 / 031 / 032 / 033 / 034 / 035 / 036 / 037 / 038 / 039 / 040 / 041 / 042 / 043 / 044 / 045 / 046 / 047 / 048 / 049 / 050 / 051 / 052 / 053 / 054 / 055 / 056 / 057 / 058 / 059 / 060 / 061 / 062 / 063 / 064 / 065 / 066 / 067 / 068 / 069 / 070 / 071 / 072 / 073 / 074 / 075 / 076 / 077 / 078 / 079 / 080 / 081 / 082 / 083 / 084 / 085 / 086 / 087 / 088 / 089 / 090 / 091 / 092 / 093 / 094 / 095 / 096 / 097 / 098 / 099 / 100

				ПНЯ 00.001 С2		
Лист	№ документа	Вид	Дата	Лист	Масса	Масштаб
001	001	001	001	001	-	-
Огляд плугів для глибокої оранки				Лист	Листів	/
				ЦНТУ зр. ПМ-22М-11		
				Формат А1		

# ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАЛЬЦЯ ПОЛЬОВОЇ ДОШКИ

## Силове навантаження польової дошки



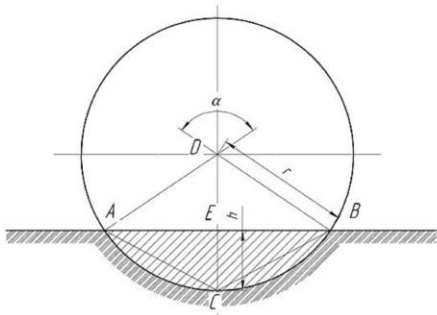
$$R_2 = R \cdot \cos(\gamma_0 + \varphi),$$

де  $\gamma_0 = 42^\circ$  - кут установки леміша до стінки борозни,

$\varphi$  - кут тертя ґрунту об метал.

$R$  - сила опору ґрунту різанню,  $H$ .

## Схема взаємодії вальця з ґрунтом



Довжина дуги вальця, яка взаємодіє з ґрунтом

$$L_{акт} = \frac{8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r-h)}}{3} \quad 1$$

Площа опорної поверхні вальця складе

$$S_{акт} = \frac{8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r-h)}}{3} \cdot l_{акт} \quad 2$$

Площа сегменту ґрунту, який витіснить ролик польової дошки

$$S_{акт} = r^2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{h(2r-h)} \quad 3$$

Об'єм ґрунту  $V_{акт}$ , який витіснить валець

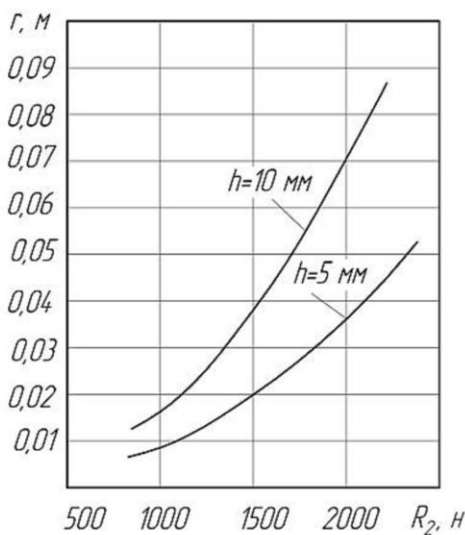
$$V_{акт} = (r^2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{h(2r-h)}) \cdot l_{акт} \quad 4$$

Питома силу тиску ролика польової дошки на ґрунт

$$P_{акт} = \frac{3R_2}{(8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r-h)}) \cdot l_{акт}} \quad 5$$

Вираз для визначення радіусу вальця активної польової дошки

$$r = \frac{24 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot R_2^2 \cdot l_{акт}^2 \cdot h^2}{P_{акт}^2} - 64 \cdot R_2^2 \cdot l_{акт} \cdot h^2 + 9 \cdot R_2^4 \cdot l_{акт}^2 \cdot h^2 - 64 \cdot l_{акт} \cdot h^2 + 4 \cdot l_{акт}^2 \cdot h^2 + \frac{144 \cdot R_2^2 \cdot h}{P_{акт}^2} + \frac{9 \cdot R_2^2 \cdot l_{акт} \cdot h}{P_{акт}^2}}{8 \cdot h^2 \cdot (l_{акт} - 16)^2}$$



Графік залежності радіусу вальця від сили дії на польову дошку

				ПНЯ 00.002 С2		
Лист	№ докум.	Лист	Лист	Теоретичні дослідження		Лист
Розроб.	Підписаний					Масштаб
Проєкт.	Мішок					-
Коректор.						Лист
Начальник від.	Мішок					Листів
Від.	Лавренко					1
				ЦНТУ		
				ар. ПМ-22М-11		
				Коректор		Формат А1

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
A0			ПНЯ 00.000 СК	<u>Складальне креслення</u>	1	
				Складальні одиниці		
A1		1	ПНЯ 10.000	Корпус нижнього ярусу	1	
		2	ПНЯ 40.000	Корпус верхнього ярусу	1	
		3	ПНЯ 50.000	Рама	1	
		4	ПНЯ 30.000	Начіпка	1	
		5	ПНЯ 60.000	Щиток сигнальний	1	
		7	ПНЯ 20.000	Колесо опорне	1	
		11	ПНЯ 30.100	Ніж дисковий	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		8		Болт М24-8g×120.66.099		
				ГОСТ 7795-70		
		9		Гайка М24-7Н.5.099	1	
				ГОСТ 5915-70	1	
		10		Шайба 24.65Г.05	1	
				ГОСТ 6402-70		
				Шайби		
		13		20.65Г.05	2	
		15		Скоба 2М20х109х130-40		
				56.099 ОСТ 23.2.10.-81	1	

					ПНЯ 00.000					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Плуг ярусний ПНЯ 4-42			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Підгурський									1
Перевірів	Мачок									
Н. контр.	Мачок							ЦНТУ		
Затвердив	Лещенко							гр. ГМ-22М-1.1		



Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			ПНЯ 10.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ПНЯ 10.010	Леміш	1	
A3		3	ПНЯ 20.100	Валець	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	ПНЯ 10.502	Кронштейн	1	
		4	ПНЯ 10.401	Груди полиці	1	
		5	ПНЯ 10.531	Планка	1	
		10	ПНЯ 10.544	Кутик	1	
		6	ПНЯ 10.651	Леміш	1	
		8	ПНЯ 10.202	Башмак	1	
		9	ПНЯ 10.411	Крило полиці	1	
		7	ПНЯ 10.591	Перо полиці	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болти ГОСТ 7786-81		
		14		M10×35.48.099	8	
		15		M10×40.48.099	1	
		16		M12×35.48.099	3	

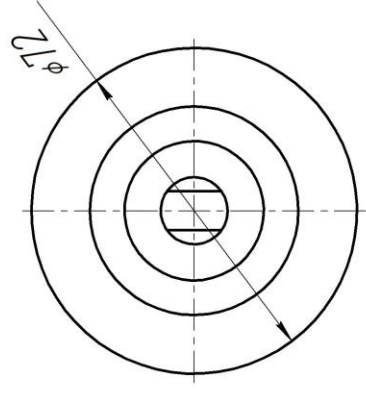
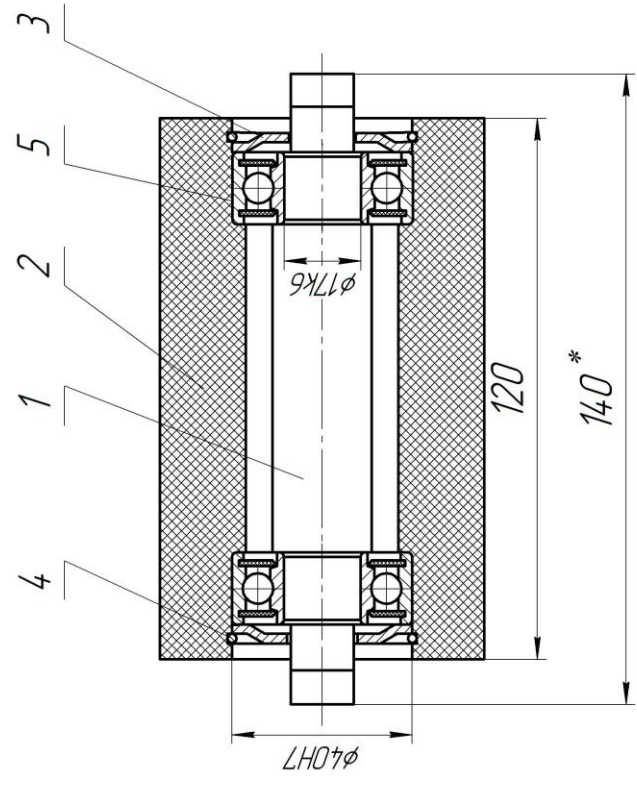
					ПНЯ 10.000		
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Підгурський				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок						1
Н. контр.	Мачок				ЦНТУ гр. ГМ-22М-1.1		
Затвердив	Лещенко						
Корпус нижнього ярусу							







ПНЯ 20.0000СК



1. Технічні вимоги згідно ТУ на виріб.
2. \* Розміри для довідок.

ПНЯ 20.0000СК		Лист	Масса	Масштаб
Валець		№ док-м	1,2	1:1
		Лист	Листов	1
-		ГМ-22М-1,1		
Изм. лист	№ док-м	Подп.	Дата	
Разроб.	Лідзурський			
Проб.	Мачок			
Т. констр.				
Н. констр.	Мачок			
Утв.	Гриценко			

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № подл.	Инд. № подл.	Лист. и дата	Лист. пункт.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

