

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 ґрунторозпушувача ГРН-1,6

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи ГМ-21

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності _____ 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Ліпкін Ігор Олександрович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Геннадій ПОРТНОВ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Васильковський О.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка	01.06.2025	
	Графічна частина	10.06.2025	
	Захист роботи	16-30.06.2025	

Дата видачі завдання
«28» лютого 2025 р.

Підпис керівника

_____ Васильковський О.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____ Ліпкін І.О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Робота присвячена вирішенню задачі підвищення ефективності основного обробітку ґрунту.

На основі огляду наукових праць нами виявлено основний шлях вирішення поставленого завдання – оснащення важких стрілчастих лап ґрунторозпушувача долотом.

Запропонована модернізація дозволяє досягти зменшення енергії на заглиблення лап у ґрунт, подолання сил опору в роботі за рахунок забезпечення сколювання ґрунту долотом, а також підвищення загального ресурсу роботи лапи за рахунок концентрації основних зусиль на долоті і першочергового зношення його поверхні.

ґрунторозпушувач, ефективність, долото, основний обробіток, ґрунт

Abstract

The work is devoted to solving the problem of improving the efficiency of primary soil cultivation.

Based on a review of scientific works, we have identified the main way to solve the set task – equipping heavy chisel points of the subsoiler with chisels.

The proposed modernization allows achieving a reduction in energy for penetrating the points into the soil, overcoming resistance forces during operation by ensuring soil chipping with the chisel, as well as increasing the overall service life of the point by concentrating the main forces on the chisel and priority wear of its surface.

Subsoiler, efficiency, chisel, primary tillage, soil

ЗМІСТ

1. Вступ	7
2. Стан питання про машину ГРН-1,6	8
3. Конструкторська частина	16
4. Висновки	31
Список використаної літератури	32
Додатки	34

					КР 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

1. ВСТУП

Грунторозпушувач ГРН-1,6 являє собою спеціалізований сільськогосподарський агрегат, призначений для безполицевого обробітку ґрунту на глибину до 35 см, залежно від конкретної модифікації. Даний тип машин набув широкого розповсюдження в системах ресурсозберігаючого землеробства, де особливого значення набуває збереження структури ґрунту та мінімізація енергетичних витрат на його обробіток.

Конструктивно машина представляє собою навісний агрегат із жорсткою рамою, на якій змонтовані робочі органи плоскорізного типу (універсальні стрілчасті, або важкі стрілчасті лапи). Робочі органи грунторозпушувача розташовуються ярусами і, залежно від конкретної модифікації машини, можуть працювати у двох, трьох, або чотирьох горизонтах, забезпечуючи рихлення ґрунту на глибину 22-35 см. При оптимальних ґрунтових умовах і оснащенні голчастою бороною, агрегат здатний здійснювати підготовку ґрунту до посіву за один прохід агрегату.

Завданням нашої кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності рихлення ґрунту робочими органами ГРН-1,6. На основі огляду наукових праць [1-15] нами виявлено основний шлях вирішення поставленої задачі – оснащення лапи долотом, яке дозволяє отримувати зменшення енергії на занурювання лап у ґрунт, зменшення енергії на подолання сил опору в роботі за рахунок забезпечення сколювання ґрунту долотом, а також підвищення ресурсу роботи лапи за рахунок концентрації основних зусиль на долоті і першочергового зношення його поверхні.

У нашій кваліфікаційній роботі обґрунтовано основні параметри грунторозпушувального агрегату та розроблено креслення основних робочих органів.

					КР 00.000 ПЗ						
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата							
Розроб.	Ліпкін				Пояснювальна записка			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Васильковський								7	34	
Н.контр.	Мачок							ЦНТУ, гр. ГМ-21			
Затв.	Васильковський										

2. СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ ГРН-1,6

Рама ґрунторозпушувача ГРН-1,6 виконана зі сталевого прокату прямокутного перерізу, що забезпечує необхідну жорсткість конструкції при мінімальній масі агрегату. Довжина рами становить 1800 мм, ширина - 1600 мм. Такі габарити дозволяють розмістити безполицеві стрічасті робочі органи і забезпечувати обробку з якістю, що відповідає агротехнічним вимогам для більшості сільськогосподарських культур.

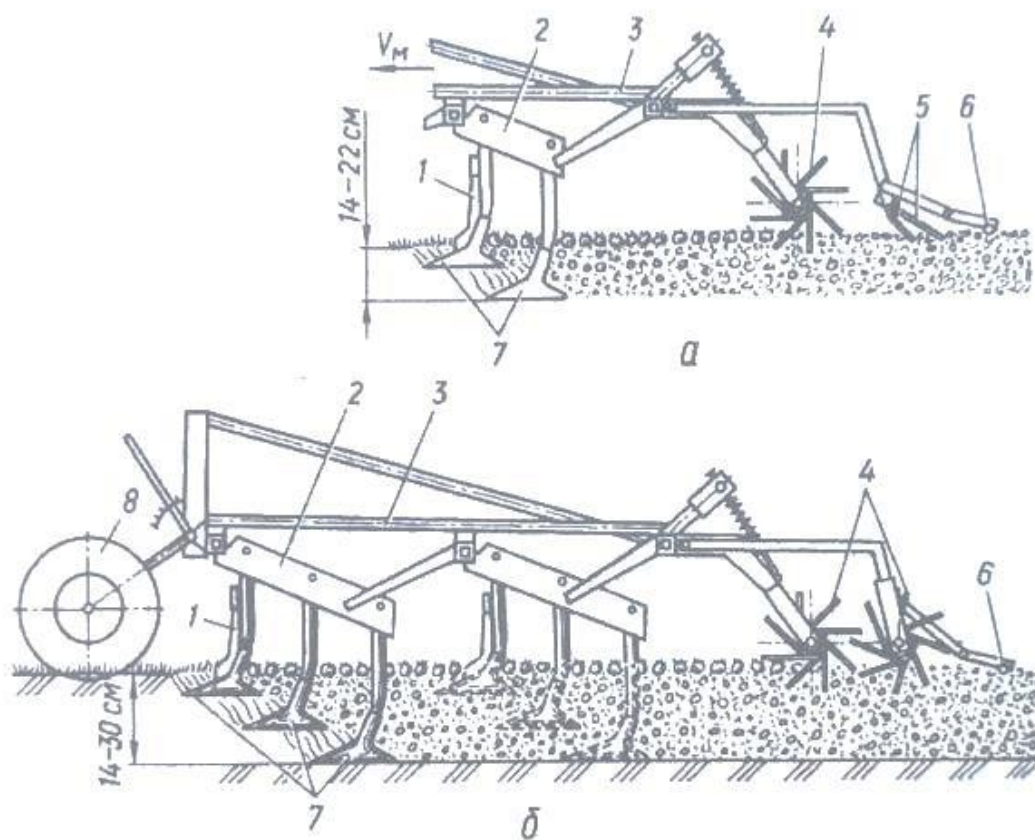


Рис. 2.1. Ґрунторозпушувач ГРН-1,6 у варіантах виконання:

а- двохярусний; б- тріярусний; 1- ножі передніх лап першого ярусу; 2 гряділь; 3- рама; 4- голчасті котки; 5- гребінки; 6- шлейф; 7- стрічасті лапи, 8- опорне колесо.

Центральна частина рами посилена додатковими ребрами жорсткості, оскільки саме на цю зону припадають найбільші навантаження від тягового зусилля трактора. Кріплення навісної системи виконано через спеціальні

						КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			8

кронштейни, які дозволяють швидко з'єднання з триточковою навісною системою тракторів тягового класу 1,4-2,0.

Основними робочими елементами ґрунторозпушувача є стрілочасті лапи, змонтовані на вертикальних жорстких стояках. Конструкція стояків виконана у вигляді зігнутого прямокутного профілю, що забезпечує оптимальний кут входження в ґрунт та мінімальний опір при роботі.

Лапи виготовлені зі спеціальної високовуглецевої сталі 65Г з підвищеною зносостійкістю. Ширина захоплення лап становить 330 мм, товщина ріжучої кромки - 8 мм. Така геометрія забезпечує ефективне підрізання кореневої системи бур'янів при мінімальному перемішуванні шарів ґрунту.

ґрунторозпушувач ГРН-1,6 обладнаний декількома системами регулювання, що дозволяють адаптувати його роботу до конкретних умов. Регулювання глибини обробітку здійснюється за допомогою механічної системи з використанням опорних коліс (рис. 2.1). Діапазон регулювання складає від 8 до 35 см, що покриває всі основні види обробітку від культивуації до глибокого розпушування.

Регулювання кута атаки (рис. 2.2) робочих органів дозволяє змінювати інтенсивність кришення ґрунту. Кут може варіюватися від 15 до 25 градусів відносно вертикалі.



Рис. 2.2. Механізм регулювання кута атаки робочих органів ґрунторозпушувача ГРН-1,6

						КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			9

При роботі на засмічених полях можливе забивання простору між стійками рослинними залишками, що вимагає періодичних зупинок для очищення. Це знижує продуктивність роботи та збільшує втомлюваність оператора.

Напрями удосконалення конструкції

Модернізація робочих органів

Перспективним напрямом є розробка самозагострюючихся лемешів з використанням біметалевих конструкцій. Ріжуча кромка з високовуглецевої сталі забезпечить тривалу зносостійкість, а основа з конструкційної сталі - необхідну міцність. Крім того, на основі огляду наукових праць [1-15] нами виявлено менш вартісний перспективний шлях вирішення поставленої задачі – оснащення лапи долотом, яке дозволяє отримувати зменшення енергії на занурювання лап у ґрунт, зменшення енергії на подолання сил опору в роботі за рахунок забезпечення сколювання ґрунту долотом, а також підвищення ресурсу роботи лапи за рахунок концентрації основних зусиль на долоті і першочергового зношення його поверхні.

Перспективним також є створення комбінованих агрегатів, які об'єднують функції ґрунторозпушування, внесення добрив та посіву. Це дозволить зменшити кількість проходів техніки по полю та знизити ущільнення ґрунту.

Розробка системи одночасного внесення біологічних препаратів для активізації ґрунтової мікрофлори може значно підвищити ефективність безполицевого обробітку.

Висновки

Ґрунторозпушувач ГРН-1,6 представляє собою ефективний інструмент для реалізації ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту. Його конструкція, хоча і відносно проста, забезпечує виконання основних

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

агротехнічних вимог при значно менших енергетичних витратах порівняно з традиційними методами.

Основні переваги агрегату - збереження ґрунтової структури, зниження енергоємності обробітку та підвищення продуктивності роботи - роблять його особливо привабливим для сучасного сільськогосподарського виробництва в умовах зростаючих цін на енергоносії.

Водночас, виявлені недоліки конструкції вказують на необхідність подальшого удосконалення агрегату в напрямі оснащення лапи долотом, яке дозволяє отримувати ефекти: зменшення енергії на заглиблення лап у ґрунт, зменшення енергії на подолання сил опору в роботі за рахунок забезпечення сколювання ґрунту долотом, а також підвищення ресурсу роботи лапи за рахунок концентрації основних зусиль на долоті і першочергового зношення його поверхні.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

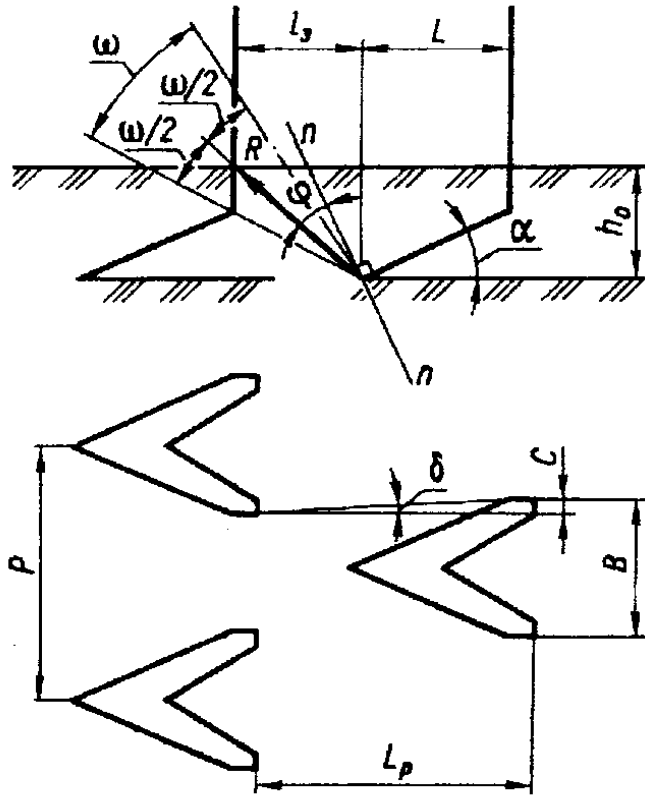


Рис 3.3. Схема розстановки лап у одній площині

Визначимо відстань

$$H_r \geq 2 \cdot 150 = 300 \text{ мм.}$$

Довжина прямолінійного відрізка стояка лап:

$$l = \frac{b_1 \cdot \sin \beta}{\sin \alpha},$$

де прийняті значення $b_1 = 55 \text{ мм}$, $\beta = 28^\circ$, $\alpha = 16^\circ$.

Довжина прямолінійного відрізка стояка лап:

$$l = \frac{55 \cdot \sin 28}{\sin 16} = 94 \text{ мм.}$$

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

3.2. Енергетичні розрахунки

Енергетичні розрахунки здійснюємо для вибору енергетичного засобу для агрегатування ґрунторозпушувача.

Тяговий опір ґрунторозпушувача:

$$R_{\Gamma} = (K_0 + R_i)B_{\kappa}$$

де $K_0 = 6,3$ кН/м – питомий опір суглинку;

R_i – додатковий опір при русі на підйом, кН/м.

Додатковий опір при русі на підйом:

$$R_i = \frac{G_M}{B_{\kappa}} i,$$

де G_M — маса ґрунторозпушувача ($G_M=4,2$ кН);

$i=0,05$ – максимальна розрахункова величина підйому;

$B_{\kappa}=1,6$ м – ширина ґрунторозпушувача.

Додатковий опір при русі на підйом:

$$R_i = \frac{4,2}{1,6} \cdot 0,05 = 0,13 \text{ кН/м}$$

Тяговий опір ґрунторозпушувача:

$$R_{\Gamma} = (6,3 + 0,13) \cdot 1,6 = 10,3 \text{ кН}$$

Трактор МТЗ-80, при русі на III передачі забезпечує тягове зусилля на гаку $P_{\text{н.гак}}=14$ кН. Робоча швидкість при цьому становить 7,24 км/год.

						КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			22

Тягове зусилля, що розвиває обраний трактор МТЗ-80 під час руху на підйом:

$$P_{\text{гак}} = P_{\text{н.гак}} - G_{\text{тр}}i$$

де $G_{\text{тр}}=33,4$ кН – вага трактора;

$i=0,05$ – розрахунковий підйому.

Тягове зусилля, що розвиває обраний трактор МТЗ-80 під час руху на підйом:

$$P_{\text{гак}} = 14,0 - 33,4 \cdot 0,05 = 12,33 \text{ кН};$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля:

$$\eta_{\text{тз}} = \frac{R_{\text{г}}}{P_{\text{гак}}}$$

Підставимо значення. Коефіцієнт використання тягового зусилля:

$$\eta_{\text{тз}} = \frac{10,3}{12,33} = 0,83$$

Розрахований коефіцієнт використання тягового зусилля трактора вказує на достатній запасу потужності трактора

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

3.3. Розрахунок поздовжньої стійкості агрегату

Для роботи на схилах агрегат має бути стійким для уникнення випадків перевертання.

Найменшу стійкість у поздовжній площині має агрегат з піднятим у транспортне положення ґрунторозпушувачем ГРН, під час руху на підйом (рис. 3.4).

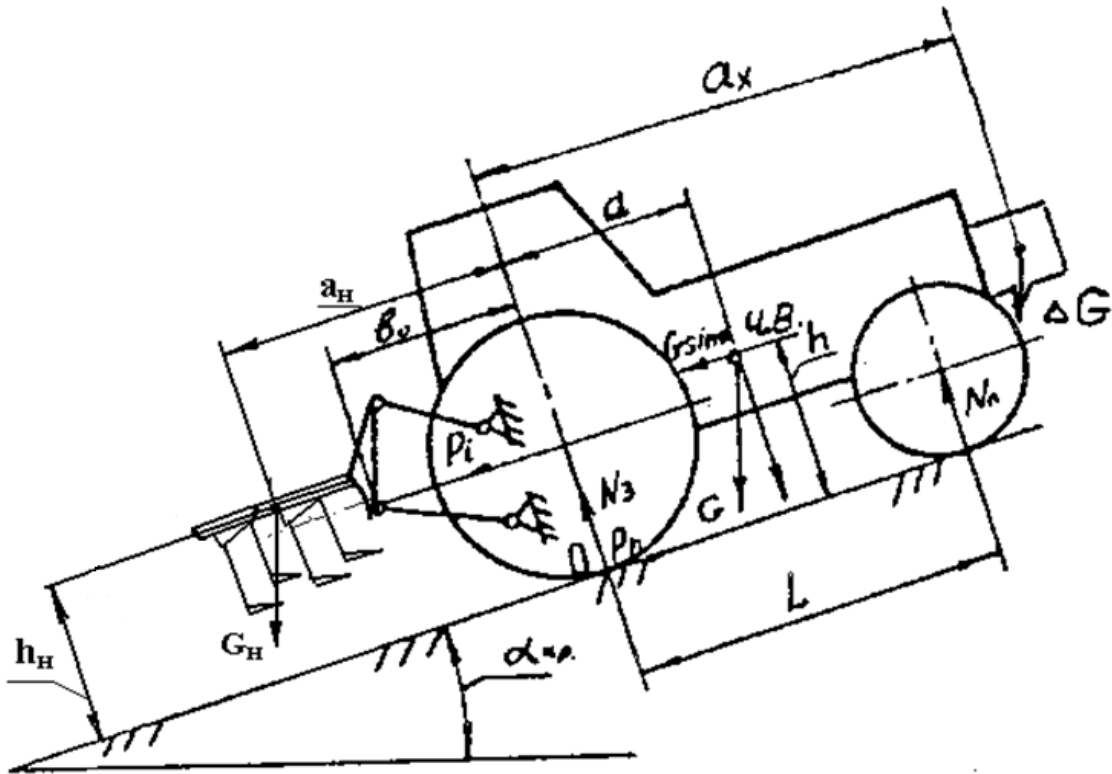


Рис. 3.4. Розрахункова схема поздовжньої стійкості агрегату під час руху на підйом.

Умова стійкості забезпечиться в разі виконання нерівності

$$x_H \leq 0,4,$$

де x_H - коефіцієнт запасу повздовжньої стійкості.

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

$r = 0,73$ м – радіус кочення ведучих коліс трактора МТЗ-80;

$L = 2,37$ м – повздовжня база трактора МТЗ-80.

Навантаження на передні колеса

$$N_n = \frac{33,4 \cdot 0,724 - 4,2 \cdot 0,8 - 0,12 \cdot 0,73(33,4 + 4,2)}{2,37} = 10,17 \text{ кН.}$$

Навантаження на передні колеса нижче допустимого

$$10,17 \text{ кН} < 12 \text{ кН}$$

Навантаження на задні колеса:

$$N_3 = G + \Delta G + G_H - N_n$$

Навантаження на задні колеса:

$$N_3 = 33,4 + 4,2 - 10,5 = 27,5 \text{ кН}$$

Навантаження на задні колеса менше допустимого

$$27,5 \text{ кН} < 33,7 \text{ кН}$$

Таким чином навантаження на колеса знаходяться в допустимих межах, що гарантує працездатність агрегату у полі на всіх дозволених швидкостях переміщення.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

3.4. Розрахунок стояка лапи на міцність

Розрахунок на міцність здійснюють для стояків передніх лап, – як самих навантажених під час роботи ґрунторозпушувача.

Розрахункову схему наведено на рис. 3.5 [12].

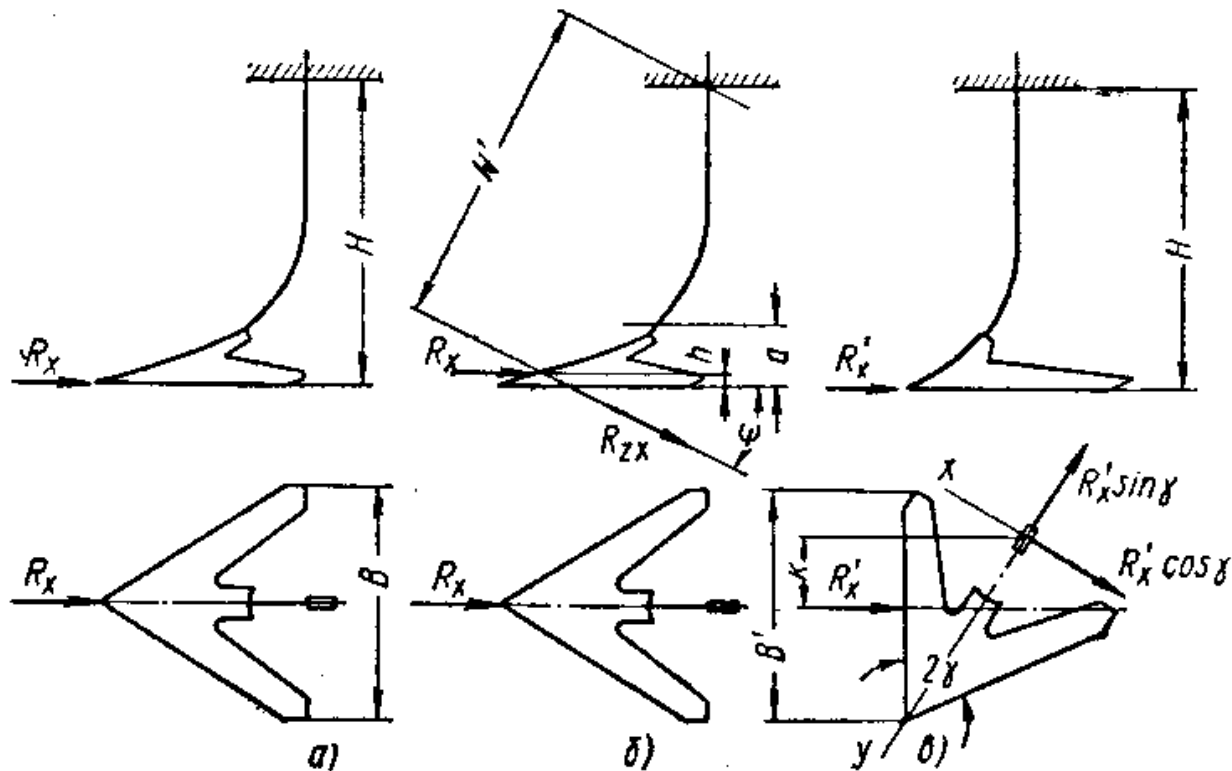


Рис. 3.5. Розрахункова схема до визначення навантажень на стояк жорсткої лапи ґрунторозпушувача

Горизонтальна складова сили опору ґрунту, що здійснює навантаження на лапу визначається за формулою:

$$R_x = q \cdot b$$

де $q = 6,3$ кН/м – прийнятий питомий опір суглинистого ґрунту;

$b = 0,33$ м – прийнята ширина лапи.

Горизонтальна складова сили опору ґрунту:

$$R_x = 6,3 \cdot 0,33 = 2,1 \text{ кН.}$$

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

Моменти опору перерізу стояка:

$$W_y = \frac{0,02 \cdot 0,06^2}{6} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$$W_x = \frac{a^2 b}{6} = \frac{0,02^2 \cdot 0,06}{6} = 0,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Підставивши менше значення моменту опору отримаємо найбільше розрахункове напруження у стояку:

$$\sigma_{зг} = \frac{1180}{0,4 \cdot 10^{-5}} = 295 \text{ МПа.}$$

Для стояка, виготовленого зі сталі 65Г допустиме напруження згину $[\sigma]$ складає 390-420 МПа.

Таким чином, умова міцності стояка виконується

$$\sigma_{зг} \leq [\sigma],$$

$$295 \text{ МПа} < 390 \text{ МПа}$$

Міцність стояка гарантована.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

5. ВИСНОВКИ

У нашій кваліфікаційній роботі проведено аналіз переваг і недоліків ґрунторозпушувача ГРН-1,6, на основі чого поставлено завдання з підвищення ефективності основного обробітку ґрунту.

На основі огляду наукових праць нами виявлено основний шлях вирішення поставленого завдання – оснащення важких стрілочастих лап ґрунторозпушувача долотом.

Запропонована модернізація дозволяє досягти зменшення енергії на заглиблення лап у ґрунт, подолання сил опору в роботі за рахунок забезпечення сколювання ґрунту долотом, а також підвищення загального ресурсу роботи лапи за рахунок концентрації основних зусиль на долоті і першочергового зношення його поверхні.

Проведені розрахунки основних параметрів начіпного ґрунторозпушувача ГРН-1,6 дозволяють стверджувати про ефективність роботи у агрегаті з трактором МТЗ-80 з коефіцієнтом використання тягового зусилля до 0,83 на схилах з нахилом до 5%.

Крім того, встановлено безпечний кут руху ґрунтообробного агрегату на підйом без перекидання у поздовжній площині, який становить понад 20°.

Розрахунок стояка на міцність гарантує його працездатність.

Розроблені креслення основних робочих органів ґрунторозпушувача наведені у графічній частині роботи.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 48 – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – С. 12-21.

9. Мельник І.І. Аналіз конструкцій глибокорозпушувачів і обґрунтування напрямків їх удосконалення / І.І. Мельник, В.В. Адамчук // Техніка АПК. – 2016. – № 4. – С. 12-18.

10. Панченко А.І. Підвищення ефективності роботи ґрунторозпушувачів шляхом удосконалення робочих органів: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / А.І. Панченко. – Харків, 2015. – 164 с.

11. Проектування культиваторів загального призначення / М.В. Бакум, С.П. Нікітін // Навчальний посібник до лабораторно-практичних та індивідуально-консультаційних занять. - Харків: ХНТУСГ, 2014. - 36 с.

12. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування. -К, Урожай, 2001. -381с.

13. Ткачук В.П. Дослідження впливу конструктивних параметрів стрілочастих лап на енергоємність процесу рихлення / В.П. Ткачук, О.М. Царенко // Вісник аграрної науки. – 2017. – № 11. – С. 58-63.

14. Швець Л.В. Теоретичні дослідження процесу взаємодії робочого органу ґрунторозпушувача з ґрунтом / Л.В. Швець, С.М. Ніколаєнко // Техніка і технології АПК. – 2019. – № 6. – С. 4-9.

15. Vasytkovska K.V., Leshchenko S.M., Vasytkovskyi O.M., Petrenko D.I. (2016) Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 50(3). 13-20.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

ДОДАТКИ

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34