

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Бакалавр" на тему:

**Удосконалення механізації основного обробітку  
грунту з модернізацією плуга ПЛН-5-35**

**Виконав:** студент 4 курсу,  
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

\_\_\_\_\_ Карнаух Володимир Павлович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Пугач Андрій Миколайович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

ініціали

(прізвище,  
2024 р.

«    »

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Карнауху Володимиру Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Удосконалення механізації основного обробітку ґрунту з модернізацією плуга ПЛН-5-35

Пугач Андрій Миколайович, д.н. держ. упр., к.т.н., проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«06» травня 2024 року № 984

**2. Строк подання студентом роботи** 31.05.2024 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих машин. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Коротка характеристика підприємства. 2. Аналіз способів і технічних засобів. 3. Обґрунтування конструктивних параметрів. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічне обґрунтування проєкту. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Огляд існуючих конструкцій. 2. Загальний вигляд машини (вузла) 3. Складальне креслення 4. Деталювання 5. Економічні показники. 6. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|---|----------------|------------------|
|               |   | завдання видав | завдання прийняв |
| 1             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 2             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 3             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 4             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 5             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| нормоконтроль | Теслюк Г.В., доцент                       |                |                  |

7. Дата видачі завдання: 15.09.2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту      | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналітичний (оглядовий)              | до 29.09.2023 р.              | Виконав  |
| 2     | Технологічний                        | до 27.10.2023 р.              | Виконав  |
| 3     | Конструкційний                       | до 23.02.2024 р.              | Виконав  |
| 4     | Охорона праці та захист навк. серед. | до 29.03.2024 р.              | Виконав  |
| 5     | Економічний                          | до 26.04.2024 р.              | Виконав  |
| 6     | Графічна частина                     | до 31.05.2024 р.              | Виконав  |

Студент

\_\_\_\_\_.  
( підпис )

\_\_\_\_\_.  
( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

\_\_\_\_\_.  
( підпис )

\_\_\_\_\_.  
( прізвище та ініціали )



## АНОТАЦІЯ

Карнаух Володимир Павлович Удосконалення механізації основного обробітку ґрунту з модернізацією плуга ПЛН-5-35 / Випускний кваліфікаційний проєкт на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Проєкт присвячено механізації основного обробітку з модернізацією плуга ПЛН-5-35. З цією метою в дипломному проєкті проведений глибокий аналіз стану справ в регіоні: різним способам обробітку, ґрунтово-кліматичним умовам, умовам налагодження робочих органів і машини в цілому. Виконано необхідні експлуатаційні розрахунки, що дозволяють оптимально завантажити агрегат, при цьому мати максимальну продуктивність і самі мінімальні витрати праці.

**У першому розділі** представлено аналіз діяльності базового господарства.

**У другому розділі** проведено огляд існуючих конструкцій та технічних рішень за темою проєкту.

**У третьому розділі** представлено обґрунтування технологічного процесу та конструкції.

**У четвертому розділі** приведено основні заходи з охорони праці при роботі з розробленою конструкцією.

**У п'ятому розділі** приведено оцінку економічної ефективності від впровадження.

Дипломний проєкт виконано на 68 сторінках машинописного тексту, містить 32 джерела використаної літератури.

**Ключові слова:** основний обробіток ґрунту, робочий орган, плуг, стійкість глибини ходу.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 7  |
| 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.....                            | 9  |
| Висновки.....   | 11 |
| 2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ<br>ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ..... | 12 |
| 2.1 Агротехнічні вимоги до процесу .....                              | 12 |
| 2.2 Огляд існуючих конструкцій.....                                   | 13 |
| Висновки.....   | 27 |
| 3 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ.....                        | 29 |
| 3.1 Опис розробленої конструкції.....                                 | 29 |
| 3.2 Практичні рекомендації по використанню .....                      | 30 |
| 3.3 Обґрунтуванням конструктивних параметрів.....                     | 37 |
| 3.4 Розрахунок на міцність стояка корпусу плуга .....                 | 41 |
| 3.5 Розрахунок режимів роботи агрегату.....                           | 43 |
| 3.6 Експлуатаційні розрахунки.....                                    | 52 |
| Висновки.....   | 53 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА...54               |    |
| Висновки.....   | 58 |
| 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....                       | 59 |
| Висновки.....   | 63 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....   | 64 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                       | 66 |
| ДОДАТКИ.....  | 59 |

## ВСТУП

Удосконалення механізації основного обробітку ґрунту є ключовим напрямом в сучасній сільськогосподарській практиці, спрямованим на підвищення продуктивності та збільшення ефективності виробництва. Враховуючи швидкі темпи розвитку технологій і зростаючі вимоги до якості та кількості сільськогосподарської продукції, необхідно систематично вдосконалювати методи та засоби основного обробітку ґрунту.

Розглядаються важливі аспекти модернізації механізмів обробітку ґрунту з урахуванням сучасних вимог екологічності, економічної доцільності та технологічної ефективності. Аналізуються існуючі проблеми та шляхи їх вирішення через впровадження новітніх технологій та інноваційних рішень. Крім того, висвітлюється важливість врахування агроекологічних аспектів при розробці та використанні сучасних засобів для обробітку ґрунту.

Містить систематизований огляд літературних джерел, результати власних досліджень та рекомендації щодо подальших напрямів удосконалення механізації основного обробітку ґрунту з метою підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Крім того, будуть розглянуті різноманітні аспекти, пов'язані з впровадженням сучасних технологій у сільське господарство, такі як автоматизація процесів, використання датчиків та систем штучного інтелекту. Відзначається, що ці інновації сприяють покращенню якості обробки ґрунту, зменшенню витрат ресурсів та підвищенню врожайності.

Наголошується, що розвиток сучасних технологій механізації обробітку ґрунту необхідно розглядати в комплексі з екологічними та економічними аспектами, з метою забезпечення стійкого розвитку сільськогосподарського сектора. Розглядаються можливості використання альтернативних джерел енергії та зменшення впливу сільськогосподарської техніки на навколишнє середовище.

У цьому контексті, проведення досліджень та впровадження інноваційних рішень у сфері механізації обробітку ґрунту є актуальним завданням, спрямованим на забезпечення сталого розвитку аграрного сектору та підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств.

Важливо зазначити, що розвиток і вдосконалення механізації основного обробітку ґрунту є не лише технічним завданням, але й має соціальне значення. Покращення умов праці для сільських робітників, зменшення фізичного навантаження та підвищення безпеки роботи - це важливі аспекти, які враховуються при розробці та впровадженні нових механізмів.

Також важливим аспектом є підвищення доступності та ефективності використання сільськогосподарської техніки для невеликих господарств та фермерських господарств. Інноваційні рішення в галузі механізації обробітку ґрунту можуть допомогти знизити витрати на виробництво та підвищити прибутковість таких підприємств.

Результати досліджень та рекомендації, представлені в проекті, мають на меті сприяти розвитку сталого та конкурентоспроможного сільськогосподарського сектору.



## 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

В розділі буде наведено коротка характеристика базового господарства.

Виробничий напрямок– зерновий.

В експлуатації посівних площ основне місце займає озима пшениця та кукурудза на зерно, на другому місці соняшник та кукурудза на силос, на третьому ярові зернові та трави.

Врожайність основних культур товариства табл. 1.1, в порівнянні з сусідніми господарствами набагато вища, що забезпечується науково обґрунтованим застосуванням добрив та високою культурою праці. Дотримання цих вимог в подальшому призведе до збільшення доходної частини господарства та зниження собівартості продукції рослинництва.

Таблиця 1.1 - Врожайність основних культур за останні роки, ц/га

| Культура           | Роки |      |      |
|--------------------|------|------|------|
|                    | 2021 | 2022 | 2023 |
| Пшениця            | 29,4 | 25,8 | 50,2 |
| Ячмінь             | 26,1 | 13,8 | 35,6 |
| Кукурудза на зерно | 19,1 | 30,8 | 45,6 |
| Соняшник           | 22,5 | 24,3 | 26,2 |

Структура основних засобів виробництва станом на 05.05.2024 року приведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Основні засоби виробництва

| № | Назва засобу виробництва | Кількість |
|---|--------------------------|-----------|
| 1 | Трактор МТЗ-82           | 2         |
| 2 | Трактор МТЗ-1221         | 2         |
| 3 | Трактор Т-207/2          | 1         |
| 4 | John Deere 7720          | 1         |
| 5 | Dominator-108SL          | 1         |

|   |                        |   |
|---|------------------------|---|
| 6 | Трактор Т-156К         | 1 |
| 7 | Трактор ЮМЗ-6М +ПЕ-0,5 | 1 |
| 8 | ГАЗ-53                 | 1 |

Перелік наявних сільськогосподарських машин станом на 05.05.2024 року приведена в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - сільськогосподарських машин

| №  | Найменування        | Кількість |
|----|---------------------|-----------|
| 1  | Сівалка СЗ-3,6      | 4         |
| 2  | Сівалка СЗ-5,4      | 2         |
| 3  | Сівалка СУПН-8      | 4         |
| 4  | Сівалка ССТ-12Б     | 1         |
| 5  | Kinze-2000          | 2         |
| 6  | Плуг ПЛН-4-35       | 1         |
| 7  | Плуг ПЛН-5-35       | 2         |
| 8  | Плуг ПЛН-3-35       | 5         |
| 9  | Борона БДН-2,6      | 1         |
| 10 | Культиватор КРН-5,6 | 2         |
| 11 | Культиватор КРН-4,2 | 1         |
| 12 | Культиватор КПС-4   | 2         |
| 13 | Коток ЗКВГ-1,4      | 3         |

Згідно з перспективним планом розвитку планується збільшити валове виробництво продукції рослинництва за рахунок використання науково-обґрунтованих технологій.

## **Висновки**

Для рішення поставленої задачі нами пропонується розробка плуга що є

принципово новою з погляду виконання вимог агротехніки.

Таким чином, для вирішення цієї задачі нами виконано необхідні кінематичні, технологічні, експлуатаційні розрахунки, розрахунки на міцність, в остаточному підсумку, обґрунтовано з погляду економіки доцільність такої розробки.

## 2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ

### 2.1 Агротехнічні вимоги до процесу

1. Орати на глибину 20...35 см. Робочий орган плуга повинен повністю прорізати шар, обертатися, подрібнений до структурного агрегату з вмістом не менше 75%, покладений на дно борозни та зароблений на глибину 12.....15 см з рослинними рештками та добривами для загортання.

2. Після проходження через плуг кількість пилу (менше 0,5 мм) не повинна збільшуватися, а кількість фрагментів (5..100 мм) не повинна перевищувати 5%.

3. Плуг повинен забезпечувати передбачену глибину обробки з допустимим відхиленням не більше  $\pm 2$  см.

4. Пожнивні рештки та гній повинні бути заорені повністю, а не змішані рештки на зораній поверхні поля не повинні перевищувати 5% за вагою від початкового об'єму.

5. Поверхня зораного поля повинна бути рівною, без глибоких борозен і високих гребенів. Допустима глибина борозни та висота гребенів не повинна перевищувати 5 см.

6. Робоча ширина всіх корпусів повинна бути однаковою.

7. Допуски на ширину захвату кожного корпусу і плуга в цілому не повинні перевищувати  $\pm 10\%$ . Передплужник повинен бути зрізаний на  $2/3$  ширини шару, а верхній шар ґрунту повинен бути покладений на дно траншеї. Глибина занурення передплужника в ґрунт становить 8-12 см.

8. Дно траншеї (після останнього корпусу) має бути чистим після проходу плуга.

9. Якість роботи плуга необхідно підтримувати в межах вологості 18-27 %.

## 2.2 Огляд існуючих конструкцій

Лемішно - полицеві плуги загального призначення мають найбільш масове розповсюдження. У залежності від необхідного технологічного процесу їх можна комплектувати корпусами з різними видами полиць: культурною, гвинтовою, напівгвинтовою. В умовах України на швидкостях до 7 км/год використовують в основному культурну та напівгвинтову.

Плуги залишаються найбільш вживаними традиційними знаряддями для основної обробки ґрунту. В найближчий час прогнозується скорочення обсягів оранки до 50 %. Істотне скорочення об'ємів щорічної оранки за рахунок збільшення обсягів поверхневого та безполицевого обробки вимагає підвищення якості цієї операції.

Нижче буде проведено патентний огляд існуючих конструкцій.

Метою винаходу № 865147 (рис. 2.1) є забезпечення збереження оптимального кута різання робочих елементів при зміні кривизни поверхні розрихлювача.

Вказана мема досягається тим, що стійки виконані у вигляді спарених паралельних стержнів, кожен робочий елемент шарнірно встановлений на обох стержнях з можливістю зміни їх положення.

Плуг складається з корпусу з відвалом 1, лемішем 2 і ротаційним розрихлювачем, виконаним у вигляді вала 3, дисків 4 і 5, в рівномірно по периферії і паралельно один до одного закріплені стійки, виконані у вигляді спарених паралельних стержнів 6 і 7, шарнірно встановлених між дисками 4 і 5. Розрихлювач має втулки 8, фіксатор зі ступецею 9 і фіксуєчим елементом 10.

Шарніри 12 і 13 циліндричними підп'ятниками 15 і 16 встановлені в пази робочих елементів 11 і фіксуються від повздовжнього переміщення упорами 17 і 18. Шарніри 12 і 13 закріплені на стержнях 6 і 7 за допомогою затискачів 19 і 20.

Плуг працює наступним чином.

Леміш 2 підрізує пласт ґрунту, який потрапляє на відвал 1, а потім на ротаційний розрихлювач, де відбувається кінцеве кришення пласта.

Диск 4 може обертатись навколо вала 3 відносно диска 5, жорстко з'єднаного з валом 3. При повороті диска 4 відносно диска 5 рівномірно і шарнірно закріплені по периферії дисків стійки, виконані у вигляді спарених паралельних стержнів 6 і 7 з встановленими на шарнірах 12 і 13 робочими елементами 11, залишаючись паралельними один одному, перехрещуються в просторі і утворюють однополосний гіперболоїд з лінійною поверхнею, поточний радіус кривизни якого пропорційний куту повороту диска 4. Фіксація диска в потрібному напрямку здійснюється за допомогою втулки 8, що має рівномірно розташовані по колу пази, і фіксуючого елемента 10, що входить в ці пази. В нейтральному положенні розрихлювач має форму циліндра.

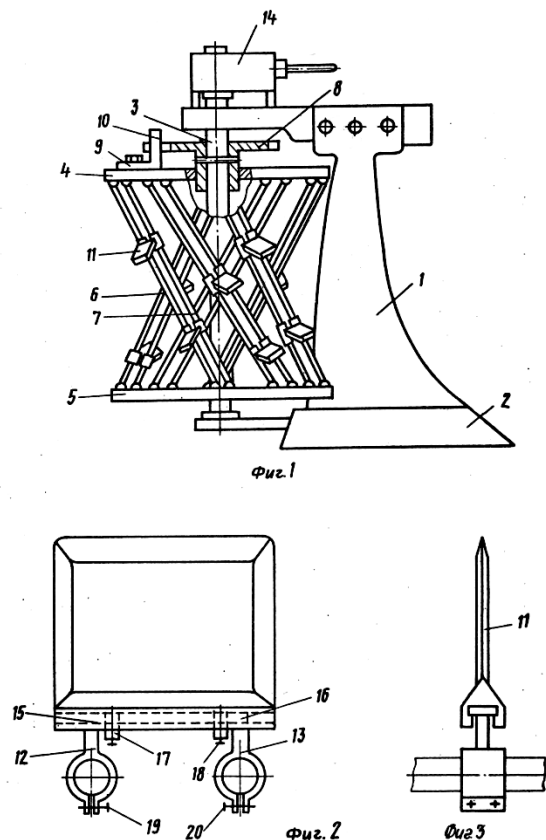


Рисунок 3.1 - № 865147

При встановленні робочого елемента 11 у потрібне місце на стержнях 6 і 7 або під потрібним кутом затискачі 19 і 20 робочих елементів 11 ослабляються, робочий елемент 11 переміщують в потрібне положення і в цьому положенні фіксують. Спарені паралельні стержні 6 і 7 і диски 4 і 5 утворюють в сукупності паралелограм, завдяки котрому встановлені шарнірно на стержнях 6 і 7 робочі елементи 11 зберігають постійним першопочатково встановлений оптимальний кут різання.

Завдяки такому виконанню стійок ротаційного розрихлювача при обробці ґрунту з різними фізико – механічними властивостями легко і зручно підбирається найбільш сприятлива кривизна поверхні розрихлювача, а робочі елементи зберігають першопочатково встановлений оптимальний кут різання на всьому діапазоні кривизни розрихлювача, що значно знижує трудозатрати на переоснащення і підвищує якість кришення пласта.

Метою винаходу № **940664** (рис. 2.2) є зниження енергоємності при основному обробці ґрунту і покращення кришення сухих важких ґрунтів.

Плуг включає раму 1 і закріплені на ній корпуса 2 плуга з передплужниками 3, фрези 4 з вертикальними вісями 5 обертання розташовані по напрямку руху плуга між передплужниками 3 і корпусами 2, а по висоті – між їх основами 6 і 7. Для приводу фрез 4 встановлений редуктор 8.

Плуг працює наступним чином.

Кожен передплужник 3 знімає шар ґрунту 12 см на 2/3 ширини захвату корпуса 2 і скидає його в борозну попереднього проходу. Встановлена нижче передплужника 3 фреза 4 діаметром 250 мм подрібнює шар ґрунту на глибині від 12 до 20 см. Корпус 2 підрізує ґрунт на глибині 22 – 25 см і обертає його таким чином, що подрібнений фрезою 4 ґрунт потрапляє на поверхню.

Доцільність конструкції доводиться тим, що при самих складних погодних умовах нижчележачій шар ґрунту має більший запас вологи і обробка його фрезою 4 потребує найменших затрат енергії у порівнянні із затратами енергії на

руйнування глиби, що утворилася.

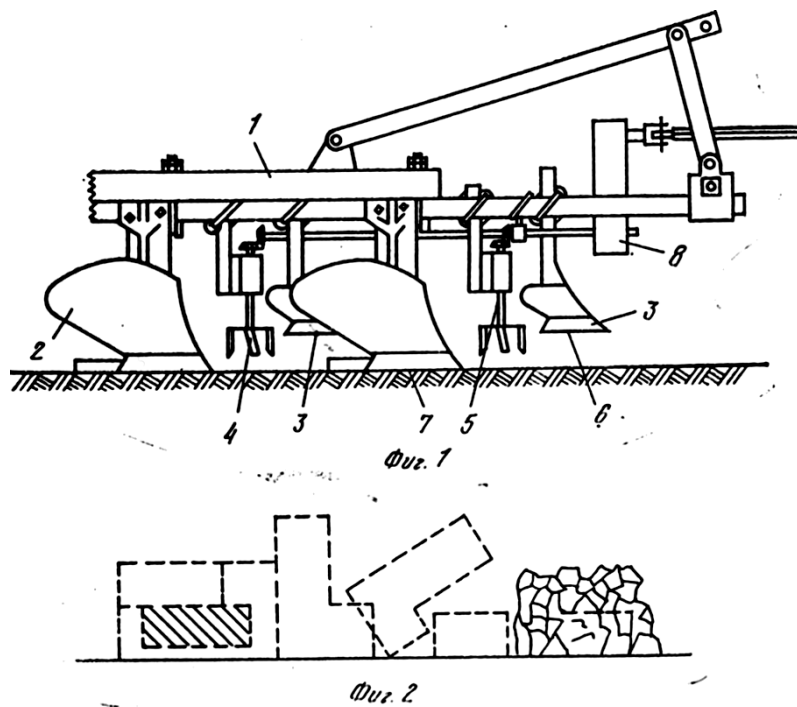


Рисунок 2.2 - № 940664

Метою винаходу № 1160945 (рис. 2.3) є підвищення надійності роботи і зменшення навантаження.

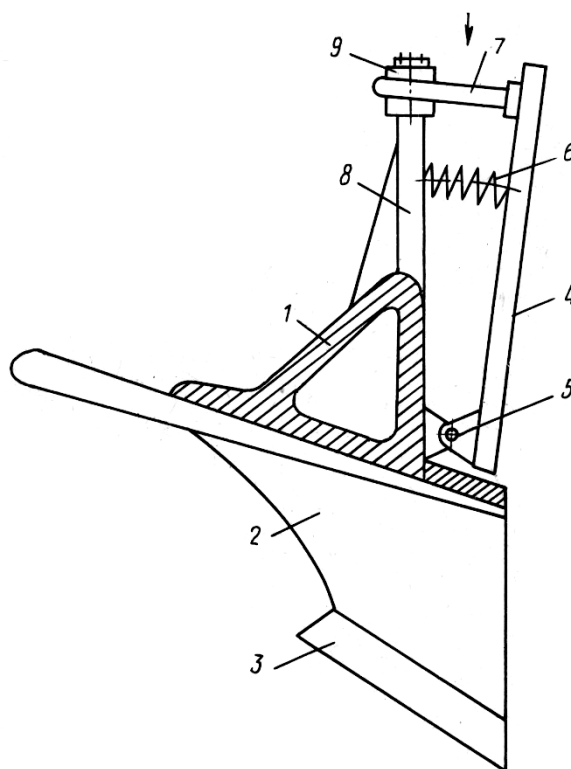


Рисунок 2.3. - № 1160945



Для досягнення цієї мети в корпусі плуга шарнір розміщено в передній частині польової дошки, при цьому остання містить скобу, встановлену в задній частині, що охоплює закріплений на стійці упор.

Корпус плуга складається із стійки 1, відвалу 2, леміша 3 і шарнірно зв'язаної зі стійкою польовою дошкою 4, при чому вертикальний шарнір 5 розміщений в передній частині польової дошки 4, остання підпружинена відносно стійки 1 пружиною 6, а в задній частині встановлена скоба 7, що охоплює упор 8 на стійці 1. Упор 8 жорстко закріплено на стійці 1 і має ролик 9.

Робочий орган плуга працює наступним чином.

Корпус плуга заглиблюється в ґрунт, шар ґрунту підрізається і частково подрібнюється плужним ножом 3, а далі подрібнюється відвалом 2 в траншею. На польову пластину 4 діють бічні змінні навантаження від шару ґрунту, але завдяки шарніру 5 і пружині 6 польова пластина 4 коливається в горизонтальній площині, зменшуючи знос робочої поверхні. Оскільки нормальна складова сили зсуву зменшується в напрямку від центру обертання польової дошки 4, інтенсивність зносу значно зменшується від передньої до задньої частини польової дошки 4 завдяки розташуванню шарніра 5 в передній частині польової дошки 4. Польова дошка 4 з шарніром 5 спереду не забивається ґрунтом або твердими включеннями. Кронштейн 7 спирається на ролики 9 упору 8 і сприймає вертикальне навантаження на польову дошку 4 під час роботи, що покращує її працездатність і зменшує знос, оскільки шарнір 5 не перевантажується.

Застосування запропонованого корпусу плуга зменшує тяговий опір за рахунок виключення забивання польової пластини та збільшує термін служби шарніра за рахунок зменшення його зносу.

Метою винаходу № 89965 (рис. 2.4) є підвищення якості загортання стерні. Корпус плуга складається із стійки 1, леміша 2 з відвалом 3.

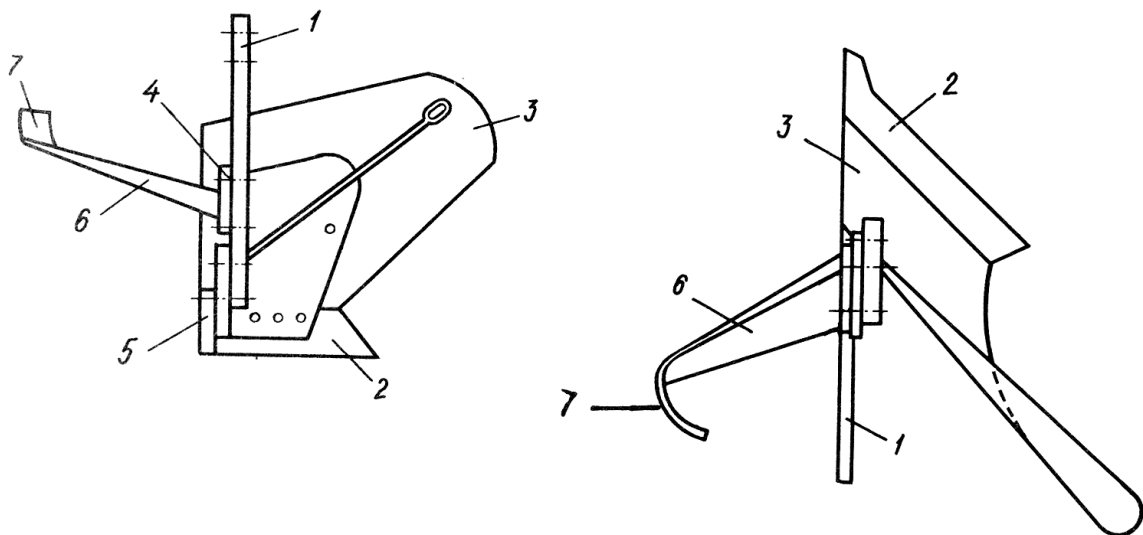


Рисунок 3.4 - № 89965

На відвалі 3 закріплений за допомогою фланця 4 з регулювальними отворами 5 дернознімач 6.

Технологічний процес відбувається наступним чином.

Після проходження корпусів в утворену після їх проходження борозну напрямлювачем 7 одразу ж скидається підрізаний дернознімачем 6 на всю ширину захвату корпуса плуга дерновий шар, котрий безперешкодно вкладається. Всі корпуса плуга в цьому випадку (крім першого при першому проході), проводять обертання пласта, що не має дернового покриву. Дернознімач 6 встановлюється таким чином, щоб його кінець з напрямлювачем 7 працювали на глибині 1 – 2 см, що не викликає значного підвищення тягового опору плуга. Встановлення тримача дернознімача 6 під кутом до напрямку руху забезпечить підрізання коренів дернового покриву.

Встановлення дернознімача під гострим кутом до стійки корпуса буде сприяти кращому транспортуванню дернового покриву на дно борозни і кращому обертанню пласта корпусом.

Для більш якісної роботи плуга в загінці при обробітку в «звал» на першому заході попереду першого корпуса можна встановити передплужник, котрий в цьому випадку не викликає забивання плуга рослинними рештками.

Використання плугів, що мають дернознімачі, дозволить обробляти ґрунт при несприятливих для звичайних плугів умовах (підвищена вологість, висока стерня) з хорошою якістю.

Метою винаходу № 686647 (рис. 2.5) є покращення обороту пласта при роботі на підвищених швидкостях і зниження металоємкості.

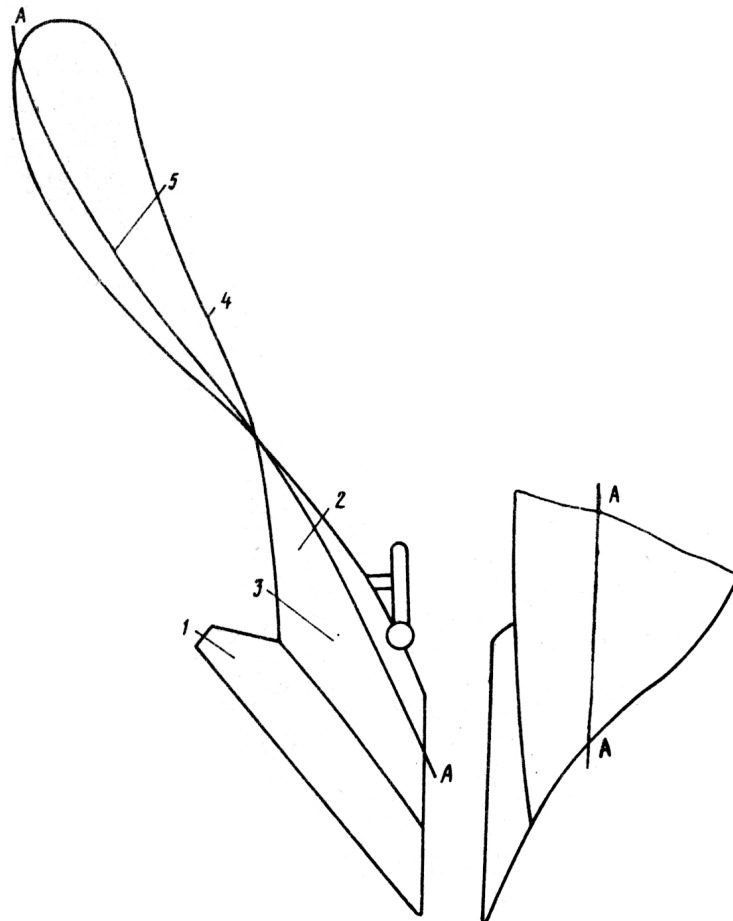


Рисунок 2.5 - № 686647

Корпус плуга складається з леміша 1 і відвалу 2, що включає грудь 3 і крило 4. При перетині відвала 2 горизонтальними площинами А – А, самі перетини являють собою S – подібні криві 5.

Запропонований корпус плуга працює наступним чином.

Ґрунтовий пласт, підрізаний зі сторони дна борозни лемешем 1, подається на відвал 2. Відвал 2 повертає ґрунтовий пласт, не відриваючи його повністю від дна борозни, при цьому пласт повністю обертається. При роботі корпуса

плуга не буде відбуватись розриву пласта і порушення процесу його обертання, так як забезпечується невелика величина бокової складової швидкості пласта на вході, з наступним плавним підвищенням її в середині робочої поверхні відвала 2. Збільшення швидкості обертання пласта по мірі переміщення його до середини робочої поверхні дозволяє зробити саму поверхню коротшою, тобто менш металоємкою. Потім при русі пласта по крилу 4 відвала 2 бокова складова швидкості різко зменшується, що виключає закидання пласта на підвищених швидкостях. Використання запропонованого корпусу плуга дозволить підвищити продуктивність орного агрегату, без погіршення якості оранки, а також знизити вартість робочих органів.

Метою винаходу № 1457824 (рис. 2.6) є зниження енергозатрат.

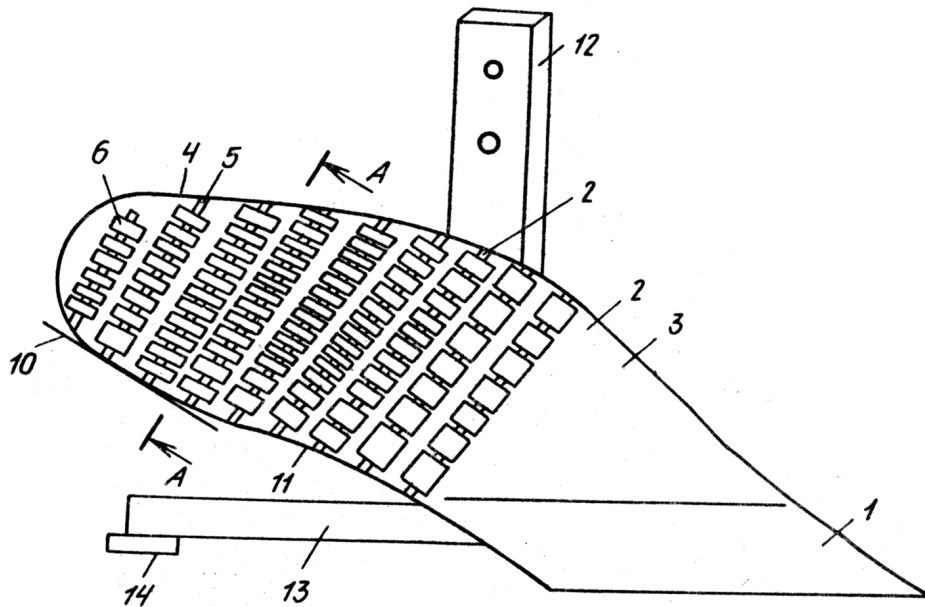


Рисунок 2.6 - № 1457824

Плужний корпус містить леміш 1 і відвал 2, котрий складається з груді 3 і крила 4. Останнє виконане у вигляді ряду закріплених на осях 5 ротаційних елементів, кожен з яких виконано у вигляді пакета роликів 6. Кожна з вісей виконана по утворюючій відвальної поверхні. Ширина роликів 6 знаходиться з зворотно пропорційній залежності від кривизни їх вісі 5, так як ширина роликів 6 на ділянці 7 вісі 5 з більшою кривизною менше, чим на ділянці 8 з меншою кривизною. Вісі 5 розташовані так, що хорда 9 перпендикулярна до

дотичної 10, що проведена в точці з'єднання осей 5 з борозним обрізом 11 крила 4. Леміш 1 і відвал 2 закріплені на стійці 12, на котрій встановлена польова дошка 13 і башмак 14.

Плужний корпус працює наступним чином.

При русі плужного корпуса, ґрунтовий пласт підрізується лемешем 1, потрапляє на грудь 3 відвала 2 і, переміщуючись по роликах 6 крила 4, обертається і вкладається в борозну.

Метою винаходу № 58389 (рис. 2.7) є збільшення стійкості ходу і зменшення тягового опору орного агрегату.

Плуг складається з рами 1, з навісним пристроєм 2, опорного колеса 3 з механізмом регулювання глибини обробітку і закріплених на рамі 1 стійок плужних корпусів 4 польової дошки 5. Польова дошка складається з нескінченої стрічки та опорних роликів. Нескінчена стрічка польової дошки виконана з перфораціями.

Плуг працює наступним чином.

При русі по полю в заглибленому положенні плужні корпуси 4 відділяють шар ґрунту, кришать його і обертають в борозну, що залишилася від попереднього проходу плуга. При цьому польова дошка 5 взаємодіє зі стінкою борозни. Перфорована поверхня нескінченої стрічки виступами контактує із стінкою борозни, приводячи стрічку у поступовий рух.

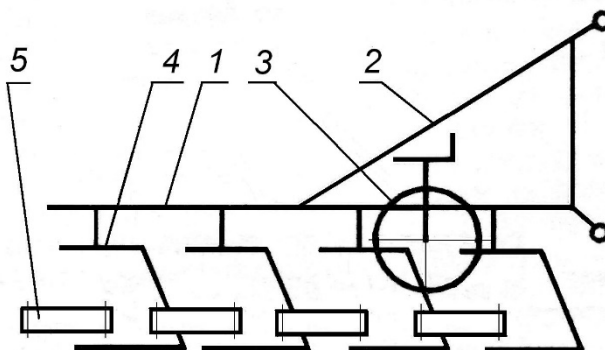


Рисунок 2.7 - № 58389

Метою винаходу № 662032 (2.8) є зменшення спрацювання польової дошки і зниження тягового опору плуга.

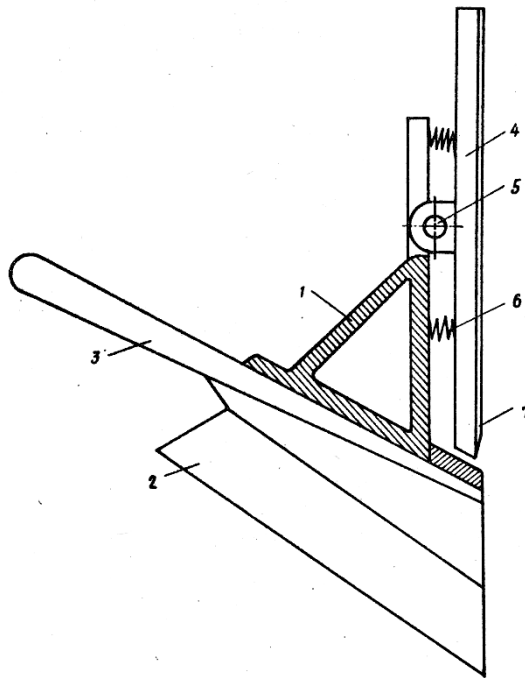


Рисунок 2.8 - № 662032

Поставлена мета досягається тим, що польова дошка закріплена в середній частині на стійці за рахунок шарніра з вертикальною віссю.

Польова дошка може бути підпружинена відносно стійки.

Корпус складається з стійки 1, до котрої прикріплений леміш 2, відвал 3 і польова дошка 4. Польова дошка кріпиться до стійки за рахунок шарніра 5 з вертикальною віссю, розташованою посередині польової дошки. Від значного повороту польова дошка може бути захищена пружинами 6 чи обмежувальними упорами. На зовнішній поверхні польової дошки може бути закріплена пластина 7, виготовлена із зносостійкого матеріалу.

В процесі роботи завдяки шарніру 5 польова дошка 4 при будь якому перекосі плуга в горизонтальній площині прилягає до стінки борозни всією площиною. При цьому епюра тиску на польову дошку буде мати форму прямокутника, тобто тиск рівномірно розподіляється по всій площині польової дошки. За рахунок рівномірного розподілення тиску на площину

польової дошки значно зменшується спрацювання заднього кінця польової дошки і тяговий опір плуга за рахунок виключення вдавлювання кінця польової дошки в стінку борозни.

На польовій дошці корпуса плуга з робочої сторони може бути встановлена тонка змінна пластина, виготовлена із зносостійкого матеріалу, що попереджає спрацювання основної частини дошки.

Метою винаходу № 1287761 (рис. 2.9) є покращення якості обробки ґрунту шляхом підвищення точності регулювання геометричних параметрів відвальної поверхні.

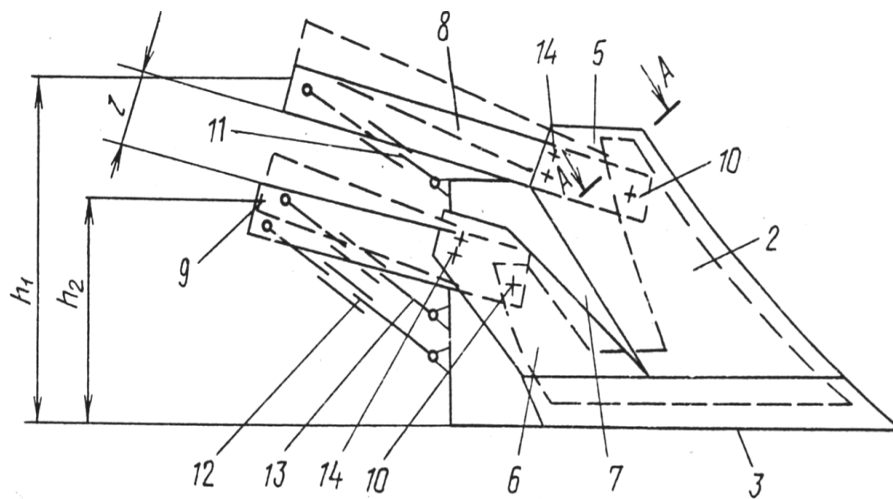


Рисунок 2.9. - № 1287761

Плужний корпус містить стійку з польовою дошкою 1, башмаком 2, з котрими з'єднаний леміш 3, відвальна поверхня 4, що має грудь 5, крило 6.

У верхній частині на груді 5 відвальної поверхні 4 і на крилі 7 виконана розширююча в напрямку від леміша 3 прорізі 7. У верхній частині на груді 5 відвальної поверхні 4 і на крилі 6 встановлена верхня 8 і нижня 9 пластини, котрі з'єднанні з цими частинами відвальної поверхні 4 за рахунок шарнірів 10 з вісями, між пластинами 8 і 9 є зазор 1, при цьому пластини за рахунок регулюємих по довжині тяг 11 – 13 зв'язані з польовою дошкою 1.

Нижня частина 9 з'єднана з башмаком 2 за рахунок двох тяг 12 і 13, що створюють шарнірний чотирьохланковик.

Кутове положення пластин 9 і 10 фіксується на груді 5 і крилі 6 відвальної поверхні за рахунок гвинтових з'єднань.

Між башмаком 2 і груддю 5 відвальної поверхні 4 розміщений регулюємий по довжині упор 15.

Геометричні параметри відвальної поверхні 4 в залежності від умов оранки отримують наступним чином.

При швидкісній оранці для попередження інтенсивного відкидання пласта на зораний ґрунт необхідно зазор  $l$ , між пластинами 8 і 9 суміщати з траєкторією руху пласта.

Для цього зменшують вильот ( $a_1$  і  $a_2$ ) пластин 8 і 9 з одночасним зменшенням їх висоти  $h_1$  і  $h_2$ .

Це досягається укороченням тяг 11 – 13 з одночасним поворотом пластин 8 і 9 навколо шарнірів 10 і фіксації їх гвинтами 14. При цьому крило 6 попереджає провалювання пласта на польову сторону і забезпечує плавний рух пласта по відвальній поверхні 4.

Для отримання необхідної обертаючої спроможності відвальної поверхні 4 верхню частину груді 5 переміщують назад шляхом упору 15.

Наявність прорізі 7 між груддю 5 відвальної поверхні 4 і її крилом 6 дозволяє проводити регулювання геометричних параметрів відвальної поверхні незалежно від крила 6, оскільки в цьому випадку положення кожної деталі відвальної поверхні незалежно, а виконання прорізі 7, що розширюється в напрямку від леміша, виключає можливість провалювання ґрунту і забивання ним.

Таким чином, шляхом зміни положення груді відвальної поверхні, вильоту пластин і їх напрямок, висоти, отримання різних геометричних параметрів відвальної поверхні, що відповідає формі культурного, напівгвинтового, гвинтового або швидкісного відвала, і відповідно, оранку при зміні агрофонів, що досить часто зустрічається на практиці в межах одного польового масиву, і при різних швидкісних режимах можливо провести без зміни відвала.



Метою винаходу № 1021351 (рис. 2.10) є виключення заклинювання ґрунту між лівим верхнім лемішем попереднього і правим нижнім наступного корпусу і підвищення стійкості ходу плуга шляхом компенсації сил, що діють на лівий верхній леміш.

Для досягнення поставленої мети ширина захвату правого нижнього леміша відноситься до ширини захвату лівого верхнього як  $1,0 : 0,91$ , кут між правим нижнім лемішем і повздовжньо – вертикальною площиною до кута між лівим верхнім лемішем і цією ж площиною, як  $1,0 : 1 : 0,5$ , а кут між правим нижнім лемішем і горизонтальною площиною до кута між лівим верхнім лемішем і цією ж площиною, як  $1,0 : 0,93$ .

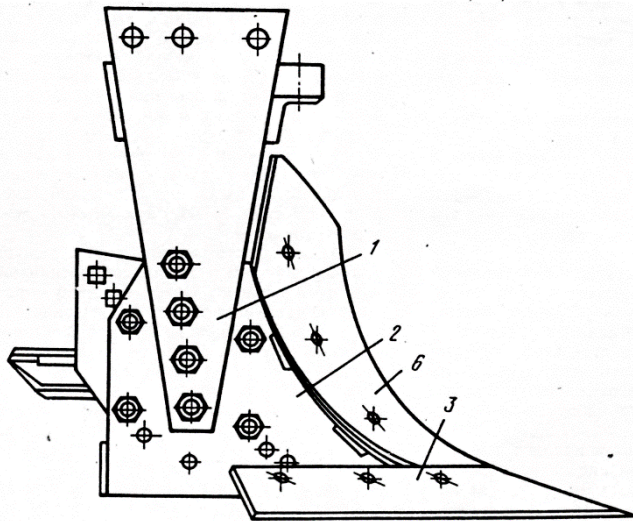


Рисунок 2.10 - № 1021351

Для досягнення поставленої мети ширина захвату правого нижнього леміша відноситься до ширини захвату лівого верхнього як  $1,0 : 0,91$ , кут між правим нижнім лемішем і повздовжньо – вертикальною площиною до кута між лівим верхнім лемішем і цією ж площиною, як  $1,0 : 1 : 0,5$ , а кут між правим нижнім лемішем і горизонтальною площиною до кута між лівим верхнім лемішем і цією ж площиною, як  $1,0 : 0,93$ .

Плуг включає стійку 1 з башмаком 2 і закріплені на ній нижній леміш 3 і зміщений відносно нього лівий верхній леміш 4 з кронштейном 5 і щиток 6.

Для забезпечення ярусної безвідвальної обробки ґрунту на різні глибини лівий верхній леміш 4, регулюється по висоті, для чого по стінці башмака 2 і

щоді кронштейна 5 виконаний ряд отворів, котрі дозволять встановлювати цей леміш на висоті 9, 12 і 15 см від опорної поверхні, що забезпечить роботу корпусу на глибинах обробки 18 – 22, 22 – 26 і 26 – 30.

Плуг працює наступним чином.

Лівий верхній леміш 4 переднього корпусу підрізує і розрихлює ґрунт у верхньому шарі пласта, обертаючи приблизно половину всієї глибини, а правий нижній леміш 3 наступного корпусу плуга підрізає і розрихлює нижній шар того ж пласта, обертаючи при цьому всю глибину. Завдяки підйому пласта лемішами 3 і 4 і опусканню його після проходження їх, а також підйому пласта і частковому зміщенню його під дією щитка 6, відбувається кришення ґрунту.

Так як при роботі цього корпусу оборот пласта не відбувається, забезпечується збереження стерні на поверхні поля. Таким чином, відбувається ярусна безвідвальна обробка ґрунту без обороту пласта з одночасним збереженням стерні на поверхні поля.

Із – за того, що різання пласта ріжучою кромкою щитка 6 в повздовжньо – вертикальній площині відбувається не зразу, відбувається підйом і часткове руйнування пласта, котрий розташований з лівої сторони ріжучої кромки. Це дозволяє лівому верхньому лемішу 4, розташованому дещо позаду правого нижнього 3, проходити по частково розрихленому ґрунту, за рахунок чого відбувається зменшення тягового опору.

Метою винаходу №594908 (рис. 2.11) є зниження тягового опору і покращення якості кришення ґрунту. Для цього в запропонованому корпусі плуга леміш виконано у вигляді вільно обертаючихся дисків, котрі встановлені в одній площині з перемінними вверх і вниз загостреннями, по яким диски примикають один до одного, причому носок леміша виконано у вигляді наральника трапецеїдальної форми із скосом в сторону дисків.

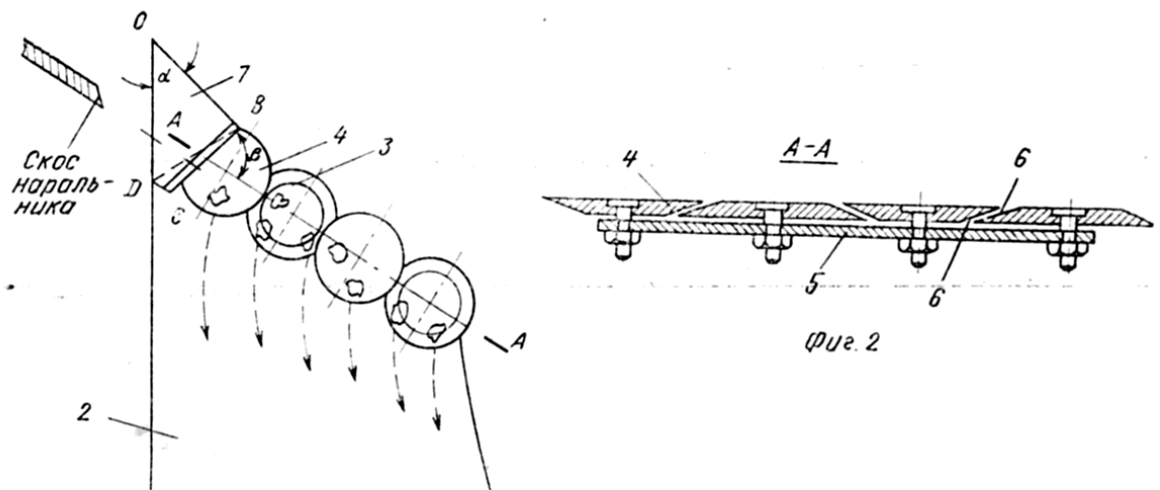


Рисунок 2.11 - № 594908

Корпус плуга містить стійку 1 і закріплені на ній відвал 2 з лемішем 3, при цьому леміш виконано у вигляді вільно обертаючихся дисків 4, встановлених в одній площині 5 з з перемінними вверх і вниз загостреннями 6, причому носок 7 леміша має вид трапеції зі скосом в сторону дисків 4, в котрому грань являється лезом і підрізує пласт в горизонтальній площині.

Працює корпус плуга наступним чином.

При заглиблені корпусу і його переміщення в ґрунті диски 4 за рахунок дотичної складової сили реакції ґрунту обертаються і переміщують ґрунт на відвал 2.

При цьому носок 7 леміша 3 виконує функції чистика диска 4, що попереджає налипання ґрунту на поверхні диска 4, а відповідно і тяговий опір корпусу плуга. Крім того, сукупне розташування леміша 3 і відвалу 2 забезпечує більш інтенсивне руйнування пласта, за рахунок чого покращується якість кришення ґрунту.

## Висновки

Проведений огляд показує, що існує досить велика кількість

різноманітних конструкцій як самих плугів, так і корпусів до них. Всі конструкції вирішують вузьку задачу у межах конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

На підставі проведеного огляду сучасних конструкцій плугів нами прийнято рішення для ґрунтово-кліматичних умов Дніпропетровської області розробити конструкцію плуга, взявши за основу розробку кафедри сільськогосподарських машин ДДАЕУ патент № **49733**.

### 3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

#### 3.1 Опис розробленої конструкції

На основі проведеного патентного аналізу нами запропонована конструкція плуга рис. 3.1. Метою даної розробки є збільшення стійкості ходу і зменшення тягового опору.

Корисна модель пояснюється графічно, де на рис. 3.1 зображено корпус плуга, вид зверху; на рис. 3.2 – вид А.

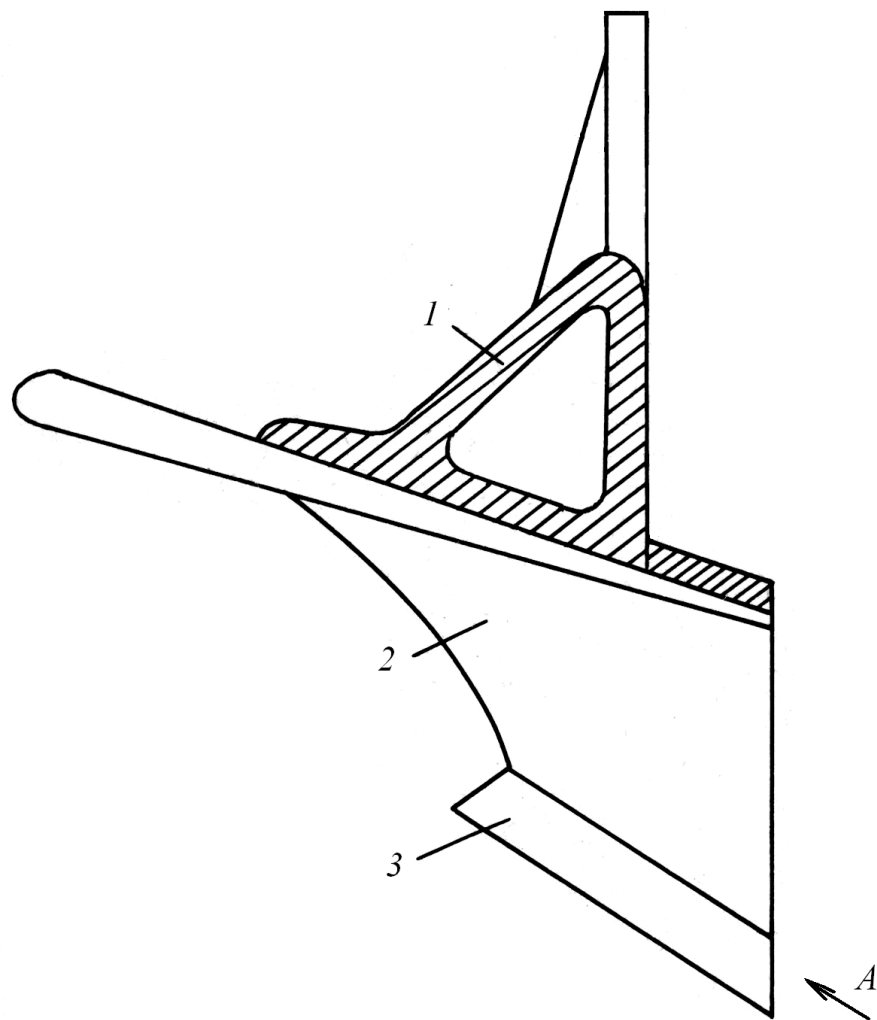


Рисунок 3.1 - Плуг

1 – стійка; 2 – полиця; 3 – леміш.

Корпус плуга складається із стійки 1, полиці 2, лемеша 3.

Між лемешем 3 і стійкою 1 встановлена проставка 7 виконана з пружного матеріалу.

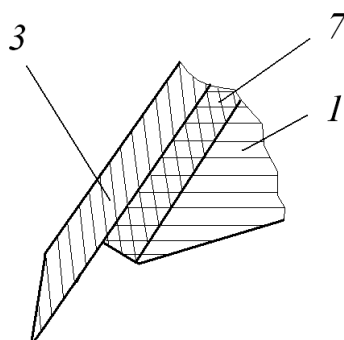


Рисунок 3.2 - Плуг (вид А)

1 – стійка; 3 – леміш; 7 – проставка.

Робочий орган працює в такий спосіб.

Заглиблений у ґрунт корпус плуга лемешем 3 підрізає і частково кришить пласт ґрунту, а полицею 2 здійснює подальше кришення, обертання і вкладання пласта в борозну. Завдяки наявності проставки 7 на леміш передаються вимушені коливання які збуджуються при переміщенні робочого органу. Вимушені коливання покращують процес різання і кришення пласта.

### 3.2 Практичні рекомендації по використанню

Плуг призначений для обробки ґрунту з питомим опором до 0,09 МПа під зернові і технічні культури. Агрегатують з тракторами класу 3.

Плуги даного типу призначені для зяблевого обробітку ґрунту.

Зяблева оранка – це важливий завершальний етап осіннього обробітку ґрунту. При оранці знищуються бур'яни, які з'явилися на злущеному полі, загортаються в ґрунт добрива і післяжнивні рештки, поліпшуються фізичні властивості ґрунту.

Багатьма дослідженнями доведено, що чим раніше зорані поля, тим вищі врожаї одержують з них. При ранній оранці інтенсивніше проростають бур'яни, сходи яких гинуть взимку чи знищуються передпосівною культивацією навесні, посилюється водопроникливість ґрунту і більше нагромаджується вологи, ґрунт краще прогрівається, що активізує біологічні процеси. Оранку проводять при масовому з'явленні сходів бур'янів, що буває здебільшого, через 2-3 неділі після луцення стерні. Однак у посушливих умовах сходи бур'янів не завжди з'являються у згадані строки і оранку розпочинають до їх проростання. Тому здавна рекомендувалося під більш цінні і вибагливі культури зяб піднімати як можна раніше, приблизно у серпні – першій половині вересня.

Проте дослідження показали, що зяб, піднятий і в більш пізні строки, може не поступатися ранній оранці, але при умові, якщо до оранки в післяжнивний період здійснювали своєчасне і якісне луцення стерні.

Плуг складається з п'яти корпусів, п'яти передплужників, дискового ножа, опорного колеса з гвинтовим механізмом, рами і причіпного пристрою (підвіски) для з'єднання з трактором.

До причіпного пристрою плуга відноситься розкіс, стояки і кронштейн з пальцями.

Підготовка до роботи

Перевірити комплектність плуга і пересвідчитися, що на плузі закріплено п'ять корпусів з стійками, башмаками, польовими дошками, п'ять передплужників, опорне колесо і дисковий ніж.

Перевірити технічний стан плуга:

а) деформація брусів рами, наявність тріщин в зварних швах та рамній конструкції не допускаються;

б) перевірити технічний стан робочих органів плуга. При цьому ширина лемеша корпусу плуга повинна становити 90 мм, а леміш передплужника не менше 70 мм. Товщина кромки леза лемешів повинна бути не більше 1 мм, а дискового ножа – не більше 0,5 мм. На ріжучій кромці ножа допускаються

вм'ятини глибиною до 2 мм на довжині до 15 мм. Радіальне і торцеве биття дискового ножа не повинно перевищувати 5 мм. Знос польових дошок не повинен перевищувати 5 мм. Дисковий ніж і польові дошки, що не відповідають технічним вимогам направляються на ремонт або замінюються.

При перевірці якості збирання корпусів плуга та передплужника перевіряють зазор між лемешем і полицею, виступання полиці над лемешем і положення кріпильних болтів, кріплення лемешів та полиць вважається якість зборки, що відповідає вимогам, якщо полиця не виступає над лемешем, а леміш виступає над полицею не більше ніж на 2 мм, головки кріпильних болтів не виступають і не затоплюються відносно поверхонь полиць і лемешів зазор в стиках цих деталей не повинен бути більше ніж 1 мм. Одночасно з цим перевіряють виступання лемешів за польовий обріз полиці. На величину до 5 мм, а передплужника до 3 мм. Виступання польового обрізу полиці за леміш не допускається. Переконалися, що стійки корпусів не виступають за польовий обріз полиці та лемеша. При невідповідності того чи іншого параметру технічним вимогам замінюють деталі.

Підготовка плуга до агрегування з трактором.

Встановити ходові колеса трактора типу Т-150К на задану ширину колії. Оранку середніх і щільних ґрунтів доцільно проводити при ширині колії 1680 мм. Оранку сипких та м'яких ґрунтів, а також при підвищеній вологості і в разі руху правих коліс по дну борозни проводять при колії 1860 мм. Для зміни ширини колії ліві колеса міняють місцями з правими з поворотом їх на 180°.

Встановити тиск повітря в шинах передніх коліс 0,11...0,13 МПа (1,1...1,3 кг/см<sup>2</sup>), в шинах задніх коліс – 0,9...0,11 МПа (0,9...1,1 кг/см<sup>2</sup>); налагодити начіпний пристрій трактора в залежності від варіанту агрегування з плугом. При варіанті агрегування, що вимагає зміщення тяг начіпного пристрою від вісі симетрії налагодити за двоточковою схемою, як що зміщення тяг не вимагається – за триточковою (рис. 3.3).



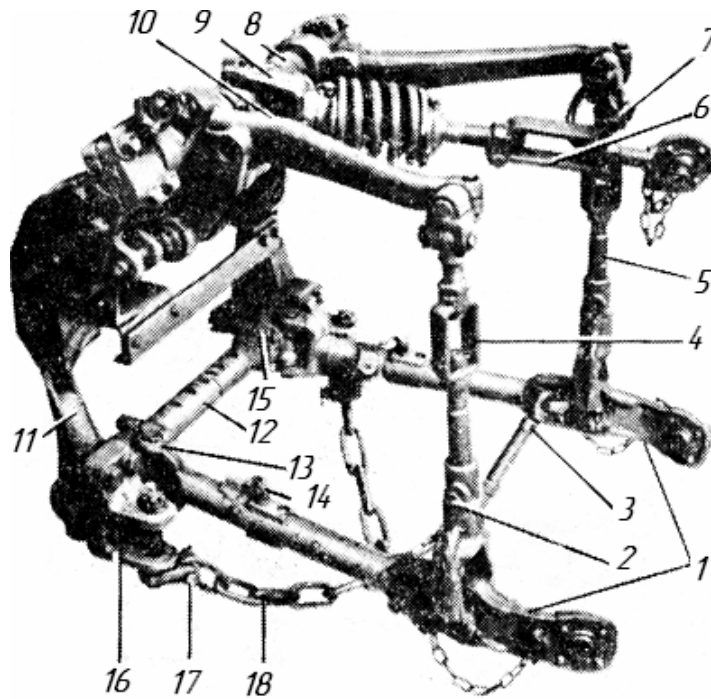


Рисунок 3.3 - Начіпний пристрій тракторів Т-150 і Т-150К:

1 – нижні тяги; 2 – стопорний палець розкосу; 3 – регулювальна муфта обмежувального ланцюга; 4 – регулювальна муфта розкосу; 5 – розкос; 6 – регулювальна муфта верхньої тяги; 7 – фіксатор верхньої тяги; 8 – вал важелів; 9 – верхня тяга; 10 – підйомний важіль; 11 – лівий упор; 12 – нижня вісь; 13 – головка нижньої тяги; 14 – провущина нижньої тяги; 15 – правий упор; 16 – причіпний бугель; 17 – серьга; 18 – обмежувальний ланцюг.

При налаштуванні начіпного пристрою за двоточковою схемою зсунути головки 13 нижніх тяг 1 разом. Для трактора Т-150 змістити зсувні тяги вправо на 60 мм; при рухові трактора Т-150К (колія коліс 1680 мм) по незораному полю тяги навіски змістити на 150 мм та на 180 мм – при колії 1860 мм. Як що трактор рухається правими колесами по борозні, тяги навіски змістити вліво на 125 мм.

Встановити верхню тягу 9 (рис. 3.3.) на валові важелів 8 відповідно зміщенню головок натяжних тяг і зафіксувати її упорними кільцями (рис. 3.4.).

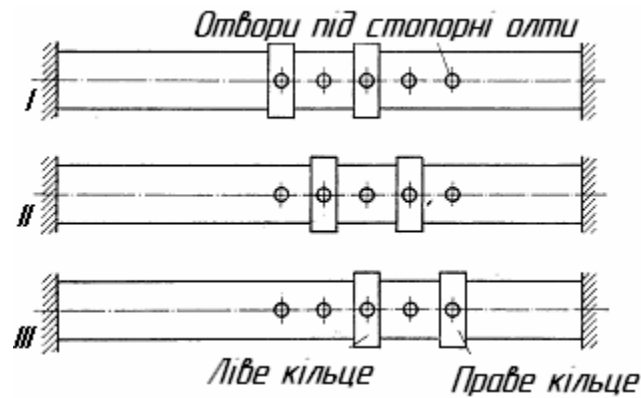


Рисунок 3.4 - Схема встановлення упорних кілець верхньої тяги на валу важелів в залежності від величини зміщення механізму навіски тракторів

T-150 і T-150К:

I – при нульовому зміщенні; II – при зміщенні вправо на 60 мм;

III – при зміщенні вправо на 113 мм і більше.

Для встановлення головок нижніх тяг 13 на нижній вісі 12 в середньому положенні (за віссю симетрії трактора) закріпити упори на другій та сьомій лунках нижньої вісі.

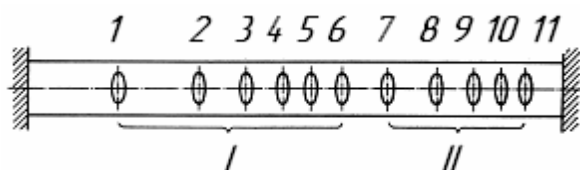


Рисунок 3.4 Схема розташування лунок під болти обмежувальних упорів головок нижніх тяг на вісі механізму навіски тракторів T-150 і T-150К:

I – зона встановлення лівого обмежувального упора;

II – зона встановлення правого обмежувального упора.

При перестановці упорів вправо на кожну наступну лунку забезпечується зміщення головок нижніх тяг від середнього положення на 60,113,150 та 180 мм.

При переналагодженні начіпного пристрою фіксатор 7 повинен бути розташований з внутрішнього боку правого чи лівого підйимального важелів. Незалежно від схеми навіски заблокувати телескопічне з'єднання розкосів 5 стопорними пальцями 2 та подовжити муфтами 4 обидва розкоси. Розблокувати важіль штоку гідроциліндра 3 та підйомний важіль 4, витягнувши з їх отворів стопорний палець 1.

Відрегулювати довжину вертикальних розкосів, вона повинна знаходитись в межах 0,72...0,77 мм;

Агрегатування плуга ПЛН-5-35 з трактором Т-150 і Т-150К

а) Для випадку агрегатування автоматичної зчіпки та замку.

Приєднати рамку автоматичної зчіпки СА-2 до нижніх та верхніх тяг начіпного пристрою трактора. Обертанням регулювальної муфти 6 верхньої тяги рамку розташувати вертикально. Увімкнути гідроциліндр в положення "підйом" і підняти рамку автоматичної зчіпки в крайнє верхнє положення, натягнути обмежувальні ланцюги 18 муфтами 3 так, щоб розмах бічного качання знаходився в межах 20 мм в обидві сторони; підвести трактор до плуга заднім ходом, опустити рамку автоматичної зчіпки так, щоб вона розташувалась в просвіті замка автоматичної зчіпки плуга. Переведенням важеля гідравлічний розподільника в положення "підйом" завести рамку в замок до входження зачіпки рамки за виступ замка; заїхати орним агрегатом на регулювальний майданчик для проведення технологічного налаштування плуга.

б) Для випадку агрегатування без автоматичної зчіпки.

Підїхати трактором заднім ходом до плуга; зняти обмежувальні ланцюги 18; з'єднати задні шарніри нижніх тяг 1 начіпного пристрою трактора з пальцями на передньому брусі плуга, вставити пружинні шплінти, з'єднати обмежувальні ланцюги 18 з нижніми тягами; обертанням регулювальної

муфти 6 верхньої тяги встановити її довжину такою, щоб верхня тяга увійшла між щокми верхнього кронштейну плуга, вставити палець та зашпінтувати; підняти гідросистемою плуг та заїхати на регульовальний майданчик для проведення технологічного налаштування;

Технологічне налаштування орного агрегату.

Натягнути шнур між правими кінцями (п'ятками) лемешів крайніх корпусів плуга та перевірити положення корпусів у вертикальній площині; при відхиленні їх від шнура більш ніж на 10 мм, послабити затягнення гайок (рис. 3.3.), відхилити передню частину корпуса за рахунок зазорів під болтами та закріпити знов.

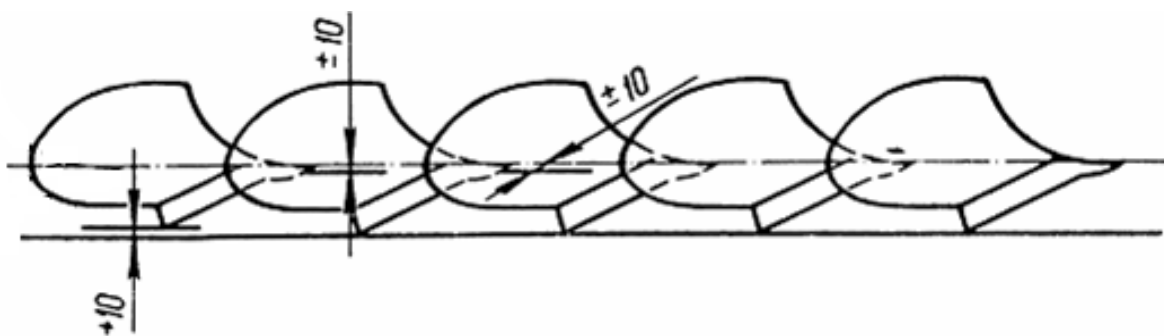


Рисунок 3.5. Схема перевірки положення корпусів плуга за допомогою шнура

Натягнути шнур між носками лемешів крайніх корпусів плуга та перевірити положення корпусів в горизонтальній площині. При відхиленні окремих лемешів в зовнішню сторону від шнура на 10 мм послабити затягнення гайок 3 кріплення стійки 2 до рами та вставити між стійкою та кронштейном рами 4 прокладку потрібної товщини. Закріпити стійку; для плугів ПЛН-5-35, необладнаних замком автоматичної зчипки, перевірити та відрегулювати бічне переміщення задніх шарнірів нижніх тяг. Перевірка та регулювання виконуються, на піднятому плузі на невелику висоту, натягуванням регульовальних ланцюгів. Бічне качання задніх шарнірів нижніх

тяг повинно знаходитись в межах 70 мм в кожную сторону; перевірити і встановити в горизонтальне положення раму плуга. Для цього виміряти відстань від майданчика до рами плуга в трьох місцях (по кутах рами). Ці відстані повинні становити 620 мм. При відхиленні від цього параметру зміною довжини центральної тяги і лівого та правого розкосів начіпного пристрою трактора забезпечити горизонтальність рами плуга рівню регульовального майданчика.

Підкласти під колеса плуга набір підкладок товщиною на 2...4 см менше заданої глибини обробітку; гвинтовим механізмом опорного колеса опустити плуг до торкання робочих органів поверхні регульовального майданчика; відрегулювати глибину ходу передплужників в межах 10...12 см за рахунок переміщення стійок в тримачах.

Відрегулювати винос передплужника відносно корпусу плуга так, щоб відстань між носками лемешів становила 300...350 мм.

Встановити стійку дискового ножа 11 так, щоб нижній край ножа був на 10...20 мм нижче носка лемеша передплужника і на 10...20 мм вліво від польового обрізу передплужника;

При русі тракторів Т-150 і Т-150К правими колесами чи гусеницями по борозні вкоротити правий розкос начіпного пристрою до мінімуму, попередньо збільшивши довжину обмежувального ланцюга правої нижньої тяги.

### **3.3 Обґрунтування конструктивних параметрів**

Розміщення корпусів на рамі плуга у першому наближенні виконують наступним чином рис. 3.6.

Вважається, що зосереджена сила опору  $R$ , яка виникає під час роботи, є силою, що діє рівномірно по центру довжини леза плуга. Напрямок цієї сили-кут тертя  $\phi$  по відношенню до площини, перпендикулярної до леза. Ця сила передається на стінку канавки в останній точці різання корпусу. Якщо через

носок останньої борони провести лінію, паралельну напрямку сили  $R$ , то носок наступного корпусу буде розташований на цій лінії на відстані  $A$  від стінки канавки. У цьому випадку поздовжня відстань між корпусами становить

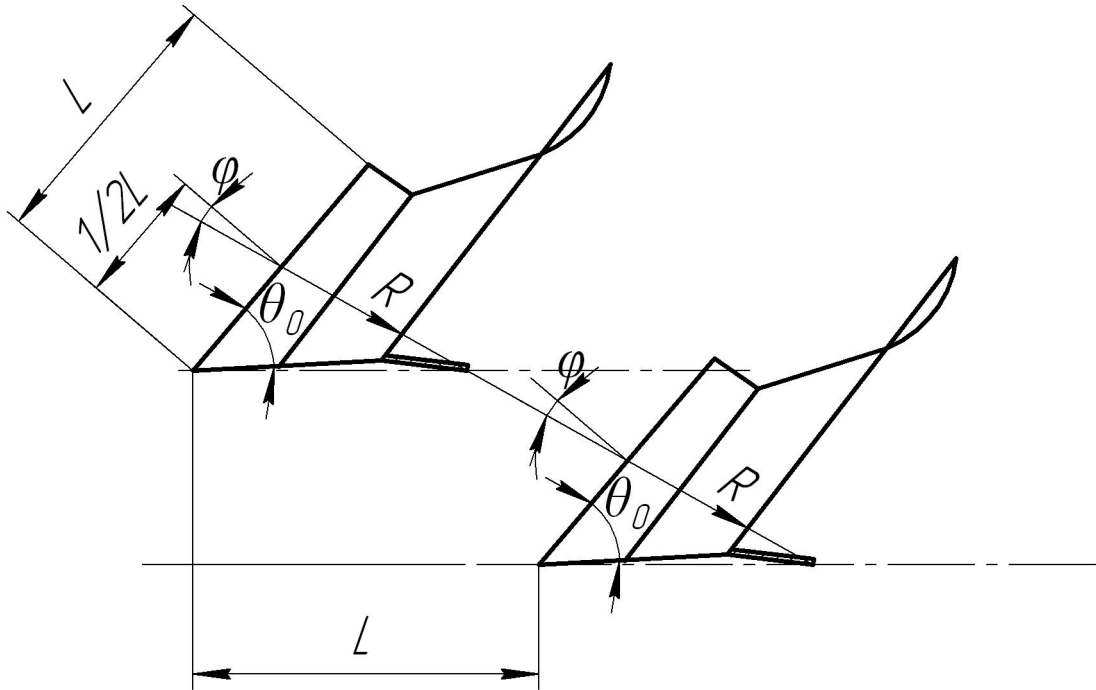


Рисунок 3.6 - Розміщення корпусів у повздовжньому напрямку

$$L = b \cdot \operatorname{tg}(\theta_0 + \phi_1) \quad (3.1)$$

де  $\theta_0$ , град;

$b$ , м

$$L = 0,35 \cdot \operatorname{tg}(40 + 22) = 0,658$$

Враховуючи те, що стандартна конструкція рами плуга ПЛН-5-35 не буде піддаватись модернізації приймаємо відстань між корпусами 0,8 м; при цьому виникає необхідність у визначенні параметрів польової дошки яку буде замінено на нескінчену стрічку.

Сила тиску шару ґрунту на леміш та полицю постійно намагається змістити корпус вліво за ходом плуга. Для компенсації цього явища у

конструкцію корпусу введено польову дошку. Її кріплять на стояку паралельно стінці борозни. У процесі роботи корпус через польову дошку спирається на стінку та дно борозни, чим створює сталість ходу у горизонтальній площині. Довжину польової дошки визначають з умови, що вектор сили  $R$  опору ґрунту, подовжений до перетину зі стінкою борозни, обмежує її зону дії і відповідно і довжину.

З розрахункової схеми (рис. 3.7.) за теоремою синусів знаходимо

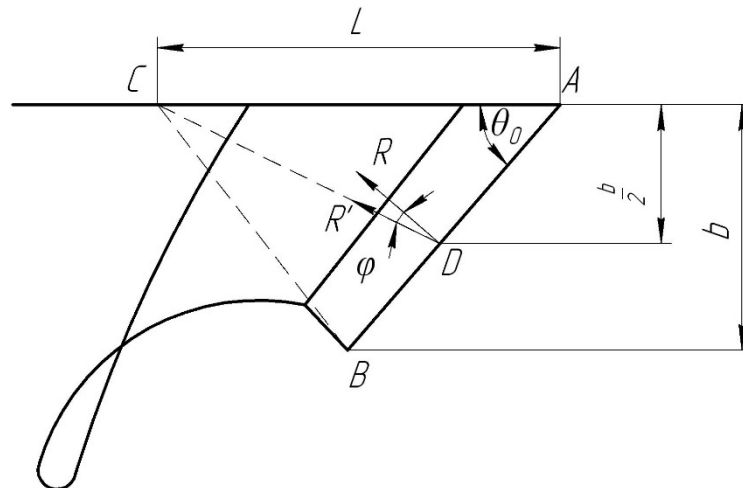


Рисунок 3.7 - Довжина польової дошки

$$AC / AD = \sin(90^\circ + \phi_1) / \sin[90^\circ - (\phi_1 + \theta_0)] = \cos \phi_1 / \cos(\phi_1 + \theta_0) \quad (3.2)$$

де  $L$ , м

Після підстановки отримаємо

$$L = \frac{b \cdot \cos \phi_1}{2 \cdot \sin \theta_0 \cdot \cos(\phi_1 + \theta_0)} \quad (3.3)$$

$$L = \frac{0,35 \cdot \cos 22^\circ}{2 \cdot \sin 40^\circ \cdot \cos(22^\circ + 40^\circ)} = 0,54 \text{ м}$$

Для розрахунків ширини польової дошки виходять з вимоги обмеження допустимого тиску польової дошки на стінку борозни. Польову дошку, як

правило, встановлюють під невеликим кутом у  $2...3^\circ$  до стінки дна борозни (рис. 3.8). Допустиме зминання ґрунту знаходиться у межах  $5...10$  мм.

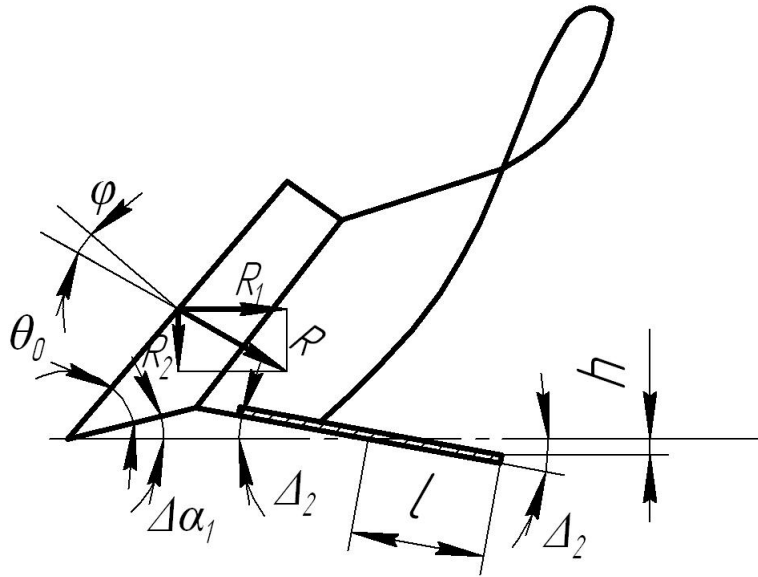


Рисунок 3.8. - Визначення ширини польової дошки

Тиск польової дошки на стінку

$$q = \frac{q_0 \cdot h}{2} \quad (3.4)$$

де  $q_0, 100 \text{ Н/см}^3$ ;

$h$ , см

$$q = \frac{100 \cdot 0,5}{2} = 25 \text{ Н/см}^2$$

Силу опору  $R$  можна представити у вигляді двох складових  $R_1$  і  $R_2$ .

Складову  $R_2$  можна представити наступним чином

$$R_2 = R \cdot \cos(\theta_0 + \varphi_1), \text{ Н} \quad (3.5)$$

Вона є тією силою, що занурює дошку у ґрунт. Значення цієї сили виражаємо через  $q$  та площу зминання



$$R_2 = 0,5 \cdot n \cdot L_2 \cdot q_0 \cdot h \quad (3.6)$$

$$R_2 = 0,5 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 25 \cdot 0,5 = 1250$$

де  $n$  – ширина польової дошки, см;

$L_2$  – довжина частини дошки, яка безпосередньо зминає ґрунт, см.

З рівняння (6.6) отримуємо робочу ширину польової дошки

$$n = \frac{2 \cdot R_2 \cdot \sin \Delta_2}{q_0 \cdot h^2} \quad (3.7)$$

$$n = \frac{2 \cdot 1250 \cdot \sin 2^\circ}{25 \cdot 0,5^2} = 10,47 \text{ см}$$

### 3.4 Розрахунок на міцність стояка корпусу плуга

В дипломному проекті нами модернізовано корпус плуга. При цьому змінилося навантаження на основні несучі елементи корпусу. Тому виконаємо перевірочний розрахунок стояка корпусу на здатність витримати змінене навантаження.

Стояки корпусу при роботі плуга навантажені згинаючим та крутним моментами.

Як було показано у попередньому розділі, тяговий опір агрегата у найгірших умовах може складати у перерахунку на один корпус 7,62 кН. Якщо все зусилля прикласти на висоті 0,5 від загальної висоти корпусу, то при висоті корпусу 0,5 м згибаючий момент буде становити  $M_y = 2 \text{ кН}\cdot\text{м}$ , або 20000 кГ·см.

Агротехнічними вимогами передбачено, що перекося корпусів може досягати  $8^\circ$ . При цьому польова дошка буде сприймати підвищений тиск з боку стінки борозни. Це відповідає збільшенню (у відповідності до довідкових даних) згибаючого моменту у вертикальній площині до  $M_x(\text{max}) = 15000 \text{ кг}\cdot\text{см}$ .

Будемо вважати наведені вище показники прикладеного зусилля та моментів як середні, які в екстремальних ситуаціях вони можуть збільшитись у 2...3 рази.

Стояки за звичай відливають з сталі марки Л15. Форма та розміри стояка приведено на рис. 3.9.

Головні осі 1 і 2 горизонтального перерізу стояка повернуті відносно осей X та Y на кут  $\alpha = 13^\circ$ . Геометричні параметри перетину дорівнюють:

$$F = 34 \text{ см}^2,$$

$$J_1 = 375 \text{ см}^4,$$

$$J_2 = 504 \text{ см}^4,$$

$$J_K = 1250 \text{ см}^4, W_K = 210 \text{ см}^3.$$

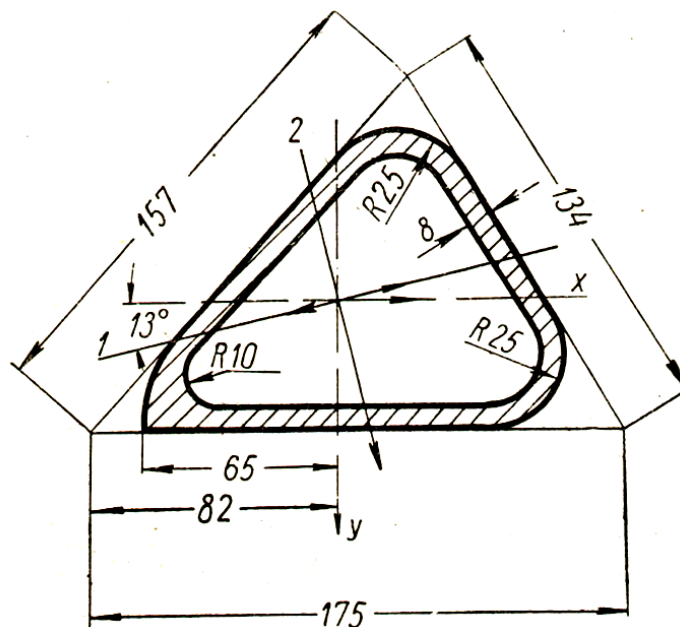


Рисунок 3.9 - Переріз стояка

Стояк працює в основному на згин та кручення. Найбільша розтягуюча напруга на передній грані стояка може досягати

$$\sigma_2 = \frac{M_y \cdot \cos 13^\circ \cdot u}{J_2} + \frac{M_x \cdot \sin 13^\circ \cdot u}{J_2} = \quad (3.8)$$

$$= \frac{40000 \cdot 0,975 \cdot 8,2}{504} + \frac{15000 \cdot 0,222 \cdot 8,2}{504} = 690 \text{ кГ/см}^2 = 6,9 \text{ кГ/мм}^2,$$

де:  $u$  – відстань від передньої грані стояка до осі 2.

Нормальна напруга від згибу стояка у поперечній площині

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= -\frac{M_y \cdot \sin 13^\circ \cdot v}{J_1} + \frac{M_x \cdot \cos 13^\circ \cdot v}{J_1} = & (3.9) \\ &= -\frac{40000 \cdot 0,222 \cdot 4,2}{375} + \frac{15000 \cdot 0,975 \cdot 4,2}{375} = 65 \text{ кГ/см}^2 = 0,65 \text{ кГ/мм}^2, \end{aligned}$$

де:  $v$  – відстань від лівої бокової грані до осі 1.

Найбільша дотична напруга від скручування корпуса

$$\tau_{\max} = \frac{M_{KP}}{W_K} = \frac{30000}{210} = 143 \text{ кГ/см}^2 = 1,43 \text{ кГ/мм}^2 \quad (3.10)$$

Загальна приведена напруга

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{6,9^2 + 3 \cdot 1,43^2} = 8,6 \text{ кГ/мм}^2 < [\sigma] \quad (3.11)$$

Як показує аналіз літературних джерел, за звичай стояк даного типу має стійкість до абразивного зносу у межах 8 років експлуатації при середньо річному навантаженні 250...300 га. Це дозволяє стверджувати, що модернізована машина по даному вузлу витримає амортизаційний строк експлуатації.

### 3.5 Розрахунок режимів роботи агрегату

Оптимальним тяговим режимом машин вважається такий режим, при якому реалізується максимальна тягова потужність трактора, мінімальна

витрата палива двигуном, оптимальне значення коефіцієнта буксування.

### Технічна характеристика

|                |           |
|----------------|-----------|
| Марка трактора | Т-150     |
| Тип            | ПЛН-5-35М |

### Вихідні дані

|  |      |
|--|------|
| Номінальна потужність $N_e$ , кВт                          | 115  |
| Номінальне число оборотів двигуна $n_e$ , хв <sup>-1</sup> | 1450 |
| Питома витрата палива $g_e$ , гр/кВт·м                     | 180  |
| Швидкість руху агрегату $V_m$ , м/с                        | 2,3  |
| Маса трактора $G_T$ , т                                    | 7,5  |
| Силовий радіус ведучої зірочки $R$ , м                     | 0,52 |
| ККД трансмісії $\eta_p$                                    | 0,78 |
| Коефіцієнт кочення $f_{коч}$                               | 0,25 |
| Маса машини $G_{pm}$ , т                                   | 9,40 |
| Тяговий опір робочого органа машини $W_{po}$ , кН          | 38,1 |

Номінальний крутний момент двигуна:

$$M_e = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot N_e}{\pi \cdot n_e} = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot 115}{3,14 \cdot 1450} = 758,21 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.12)$$

де:  $M_e$  - номінальний крутний момент, Н·м,

$N_e$  – номінальна потужність, кВт.

Максимальний крутний момент двигуна:

$$M_{e \max} = 1,05 \cdot M_e = 1,05 \cdot 758,21 = 796,46 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.13)$$

де: 1,05 – коефіцієнт пристосовності двигуна по навантаженню.

Число оборотів двигуна для максимального крутного моменту,

$$n_{e \max} = n_e \cdot 1,5^{-1} = 1450 \cdot 1,5^{-1} = 966,67 \text{ хв}^{-1} \quad (3.14)$$

де: 1,5 – коефіцієнт пристосовності по частоті обертання.

Максимальне число обертів обертання двигуна при  $M=0$ :

$$n_{\max} = n_e \cdot 0,92^{-1} = 1450 \cdot 0,92^{-1} = 1576,09 \text{ хв}^{-1}. \quad (3.15)$$

Потужність двигуна при крутному моменті, рівному максимальному значенню:

$$N_{eM} = \frac{\pi \cdot M_{e \max} \cdot n_{eM}}{9,81 \cdot 30 \cdot 102} = \frac{3,14 \cdot 796,16 \cdot 966,67}{9,81 \cdot 30 \cdot 102} = 80,50 \text{ кВт}. \quad (3.16)$$

Годинна витрата палива при  $M=M_e$ :

$$G_e = g_e \cdot N_e = 180 \cdot 115 = 20,7 \text{ кг/год} \quad (3.17)$$

Годинна витрата палива при  $M = M_{eM}$ :

$$G_e = g_e \cdot N_{eM} = 180 \cdot 80,50 = 14,49 \text{ кг/год}. \quad (3.18)$$

Годинна витрата палива при  $M=0$ :

$$G = G_{eM} = 14,49 \text{ кг/год} \quad (3.19)$$

Отримані дані заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

| Число обертів двигуна, $\text{хв}^{-1}$ |          | Крутний момент, Н·м |          |
|---|----------|---------------------|----------|
| Позначення                              | Величина | Позначення          | Величина |
| $n_e$                                   | 1450     | $M_e$               | 758,21   |
| $n_{eM}$                                | 966,67   | $M_{eM}$            |          |
| $n_{\max}$                              | 1576,09  | $M_{\max}$          | 796,16   |

Побудова тягової характеристики трактора.

Максимальна тягова сила  $T_{\max}$  з умови буксування рушія.

$$\delta = A \left( \frac{T_{\max}}{9,81 \cdot G_m} \right) + B \left( \frac{T_{\max}}{9,81 \cdot G_m} \right)^n = 1,0 \quad (3.20)$$

де:  $T_{\max}$  – максимальна тягова сила, кН,

$\delta$  - коефіцієнт буксування,

$A, B, n$  – коефіцієнти, що залежать від ґрунтових умов, типу рушія;

при  $A=0,198$ ;  $B=4,77$ ;  $n=6$ ;  $T_{\max}=55,5$  кН.

Коефіцієнти буксування для кожного значення  $T_i$ :

$$\delta_i = A \left( \frac{T_i}{9,81 \cdot G_m} \right) + B \left( \frac{T_i}{9,81 \cdot G_m} \right)^n \quad (3.21)$$

$$\delta_1=0,026 \quad T_1=11,1$$

$$\delta_2=0,053 \quad T_2=22,2$$

$$\delta_3=0,095 \quad T_3=33,3$$

$$\delta_4=0,201 \quad T_4=44,4$$

$$\delta_5=0,503 \quad T_5=55,5$$

Залежність моменту двигуна, що крутить, від окружного зусилля на ведучій зірочці  $P_0$ :

$$P_0 = \frac{M_e \cdot u \cdot \eta_p}{R} = \frac{758,21 \cdot 39,46 \cdot 0,78}{0,52} = 44,88 \text{ кН.} \quad (3.22)$$

Побудова залежності тягової характеристики машини – крива швидкості руху  $V$  у функції сили тяги  $T$   $n_1=1520 \text{ хв}^{-1}$ ;  $n_2=1495 \text{ хв}^{-1}$ ;  $n_3=1475 \text{ хв}^{-1}$ ;  $n_4=1455 \text{ хв}^{-1}$

$$V_{g1} = \frac{\pi \cdot R \cdot n_1 \cdot (1 - \delta_1)}{30 \cdot u} = \frac{3,14 \cdot 0,52 \cdot 1520 \cdot (1 - 0,026)}{30 \cdot 39,46} = 2,04 \text{ м/с};$$

$$V_{g2} = \frac{\pi \cdot R \cdot n_2 \cdot (1 - \delta_2)}{30 \cdot u} = \frac{3,14 \cdot 0,52 \cdot 1495 \cdot (1 - 0,053)}{30 \cdot 39,46} = 1,95 \text{ м/с};$$

$$V_{g3} = \frac{\pi \cdot R \cdot n_3 \cdot (1 - \delta_3)}{30 \cdot u} = \frac{3,14 \cdot 0,52 \cdot 1475 \cdot (1 - 0,095)}{30 \cdot 39,46} = 1,84 \text{ м/с};$$

$$V_{g4} = \frac{\pi \cdot R \cdot n_4 \cdot (1 - \delta_4)}{30 \cdot u} = \frac{3,14 \cdot 0,52 \cdot 1455 \cdot (1 - 0,201)}{30 \cdot 39,46} = 1,60 \text{ м/с}.$$

При  $T=T_{\max}$ ,  $\delta=1,0$  швидкість руху дорівнює нулю.

Побудова кривої залежності тягової потужності  $N_T$  у функції сили тяги  $T$ :

$$N_T = T \cdot V_g \quad (3.23)$$

$$N_{T1} = T_1 \cdot V_{g1} = 11,1 \cdot 2,04 = 22,64 \text{ кВт};$$

$$N_{T2} = T_2 \cdot V_{g2} = 22,2 \cdot 1,95 = 43,29 \text{ кВт};$$

$$N_{T3} = T_3 \cdot V_{g3} = 33,3 \cdot 1,84 = 61,27 \text{ кВт};$$

$$N_{T4} = T_4 \cdot V_{g4} = 44,4 \cdot 1,60 = 71,04 \text{ кВт}.$$

де:  $N_T$  – тягова потужність трактора, кВт.

Залежність питомої витрати палива  $g_T$  від сили тяги  $T$ :

$$g_{Ti} = \frac{1000 \cdot G_{Ti}}{N_{Ti}} \quad (3.24)$$

$$\text{при } G_{T1} = 20,04 \text{ кг/год, } G_{T3} = 20,47 \text{ кг/год,}$$

$$G_{T2} = 20,25 \text{ кг/год, } G_{T4} = 20,69 \text{ кг/год.}$$

$$g_1 = \frac{1000 \cdot 20,04}{22,64} = 885,2 \text{ кг/кВт}\cdot\text{год};$$

$$g_2 = \frac{1000 \cdot 20,25}{43,29} = 472,9 \text{ кг/кВт·год};$$

$$g_3 = \frac{1000 \cdot 20,47}{61,27} = 334,1 \text{ кг/кВт·год};$$

$$g_4 = \frac{1000 \cdot 20,69}{71,04} = 291,3 \text{ кг/кВт·год}.$$

Сумарний тяговий опір для сільськогосподарської машини дорівнює:

$$\sum W = W_{po} + W_{пер} + W_i, \quad (3.25)$$

де:  $W_{po}$  - тяговий опір від робочого органа машини, кН;

$W_{пер}$  - тяговий опір пересуванню машини, кН;

$W_i$  - тяговий опір машини на схил, кН.

$$\sum W = 38,0425 + 0,913 + 1,94 = 40,027 \text{ кН}.$$

Тяговий опір пересуванню машини дорівнює:

$$W_{пер} = G_{рм} \cdot f_{рух}, \quad (3.26)$$

де:  $G_{рм}$  - робоча маса машини, кН;

$f_{рух}$  - коефіцієнт руху машини в заданих ґрунтових умовах.

$$W_{пер} = 91,3 \cdot 0,01 = 0,913 \text{ кН}.$$

Тяговий опір руху машини на схил дорівнює:

$$W_i = G_{рм} \cdot i = G_{рм} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.27)$$



де:  $i$  - схил поверхні;

$\alpha$  - кут нахилу поверхні до горизонталі,  $\alpha = 12^\circ$ .

$$W_i = 9,13 \cdot 0,2125 = 1,94 \text{ кН.}$$

Визначаємо тяговий опір спроектованого плуга. Розрахунки виконуємо за методикою проф. Панченко А.М. Розрахункова схема представлена на рис. 3.10.

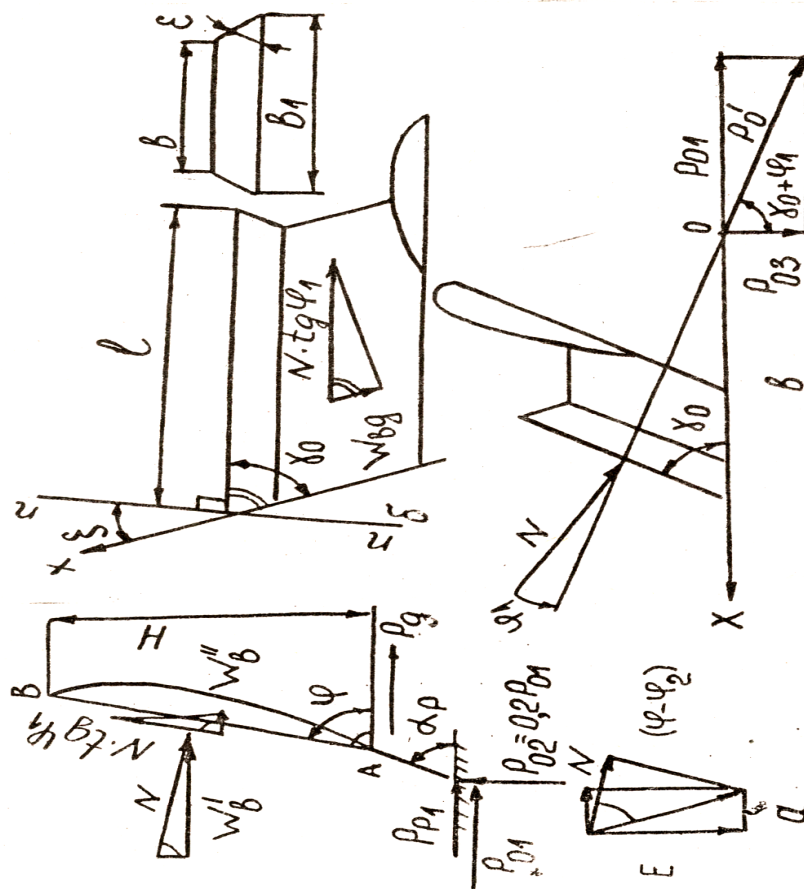


Рисунок 3.10 - Схема до визначення тягового опору плуга

Приймаємо вихідні дані:

Глибина оранки  $a$ , м 0,25

Швидкість руху  $V_p$ , м/с 2,3

Кути тертя, град.:

|  |       |
|--|-------|
| внутрішнього, $\varphi_2$                              | 30    |
| зовнішнього, $\varphi_1$                               | 22    |
| Об'ємна маса $\gamma_2$ , т/м <sup>3</sup>             | 1,4   |
| Кількість ударів твердоміра, $C_u$                     | 7     |
| Висота відвала корпуса $h$ , м                         | 0,35  |
| Довжина крила відвала $l$ , м                          | 0,65  |
| Ширина захвату $b$ , м                                 | 0,35  |
| Початковий кут зрушення $\gamma_{\text{про}}$ , (град) | 40    |
| Кут відвалювання $\varphi$ , (град)                    | 75    |
| Кут в основі леміша $\varepsilon$ , (град)             | 60    |
| Кут різання $\alpha_p$ , (град)                        | 35    |
| Товщина леміша $\delta_p$ , м                          | 0,01  |
| Площадка затуплення $x=z$ , м                          | 0,002 |

Перевіряємо режим різання ґрунту лемішем:

$$\xi = 90^\circ - \gamma_{\text{про}} = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ. \quad (3.28)$$

Різання ґрунту лемішем корпуса плуга відбувається в режимі різання з ковзанням, тому що  $\xi = 50^\circ > \varphi_1 = 22^\circ$ .

Коефіцієнт ковзання дорівнює

$$i = \frac{\sin(\xi - \varphi_1)}{\cos \xi} = \frac{\sin(50^\circ - 22^\circ)}{\cos 50^\circ} = 0,73$$

Розраховуємо тяговий опір різанню ґрунту лемішем корпуса плуга:

$$P_{p1} = \left(1,8 \cdot \frac{0,66 \cdot 0,25^2 \cdot \text{ctg} 30^\circ}{\cos(35^\circ + 30^\circ)} + \left(35 + \frac{0,25}{2 \sin 35^\circ \cdot \text{tg} 75^\circ}\right) \cdot 0,25\right) + 4,9 \cdot \left(0,35 + \frac{0,25}{2 \sin 35^\circ \cdot \text{tg} 75^\circ}\right) \cdot 0,25^2 \times$$

$$\times \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) \cdot 1,4 \cdot (\sin 30^\circ + \cos(35^\circ - 30^\circ)) \cdot \cos 35^\circ \cdot \text{tg}(22^\circ + 0,25^2 \cdot (0,5 \cdot 1,8 \cdot (\text{tg}(35^\circ + 30^\circ) + \text{ctg} 35^\circ)) \times$$

$$\begin{aligned} & \times \left( \frac{0,66 \operatorname{ctg} 30^\circ}{\cos(35^\circ + 30^\circ)} + 4,9 \cdot 0,01 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,4 \right) \cdot \operatorname{tg} 22^\circ + 375 \cdot (0,002 + \operatorname{tg} 22^\circ \cdot 0,002) \times \\ & \times \left( 0,35 + \frac{0,25}{2 \sin 35^\circ \cdot \operatorname{tg} 75^\circ} \right) + 9,81 \cdot \left( 0,35 + \frac{0,25}{2 \sin 35^\circ \cdot \operatorname{tg} 75^\circ} \right) \cdot 0,25 \cdot 1,4 \cdot \frac{\sin 35^\circ \cdot \cos 12^\circ}{\sin(35^\circ + 12^\circ)} \cdot 2,5^2 \times \\ & \times \cos \left( \operatorname{arctg} \left( \frac{0,73 + \sin 22^\circ}{\cos 22^\circ} \right) - 22^\circ \right) = 6,09 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (3.29)$$

Тяговий опір руху ґрунту на поверхні відвалу вверх:

$$W_B = 4,9 \cdot 0,65 \cdot 0,35^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \cdot 1,4 \cdot \cos(75^\circ - 30^\circ) \cdot (\sin 75^\circ + \cos 75^\circ \cdot \operatorname{tg} 22^\circ) = 0,168 \text{ кН}.$$

Тяговий опір руху ґрунту вздовж поверхні відвалу корпусу плуга:

$$W_{вд} = 4,9 \cdot 0,65 \cdot 0,35^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \cdot 1,4 \cdot \cos(75^\circ - 30^\circ) \cdot \cos 40^\circ \cdot \operatorname{tg} 22^\circ = 0,0398 \text{ кН}.$$

Дотичну складову опори оранки корпусом плуга визначаємо:

$$P_a = P_{p1} + W_B + W_{вд} = 6,09 + 0,168 + 0,0398 = 6,26 \text{ кН}. \quad (3.30)$$

Тяговий опір в результаті тертя ґрунту об поверхню польової дошки визначаємо:

$$P_d = \operatorname{ctg}(40^\circ + 22^\circ) \cdot \operatorname{tg} 22^\circ \cdot 6,26 = 1,35 \text{ кН}.$$

Загальний тяговий опір оранки корпусом плуга розраховуємо:

$$W_{pO1} = P_{O1} + P_d = 6,26 + 1,35 = 7,62 \text{ кН}. \quad (3.31)$$

Тяговий опір оранки п'яти корпусного плуга дорівнює:

$$W_{pO} = 5 \cdot W_{pO1} = 5 \cdot 7,62 = 38,1 \text{ кН}. \quad (3.32)$$

### 3.6 Експлуатаційні розрахунки

На розбитому на заїнки полі оранку розпочинають способом вклад. Проїхавши в робочому положенні 40...50 м, зупиняють агрегат, перевіряють горизонтальність рами плуга і рівномірність оранки всіма корпусами.

Перекуси рами плуга у поперечному напрямку необхідно ліквідувати, змінивши довжину розкосів.

Визначаємо виробіток агрегату за зміну:

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot T_{3M} \cdot \tau \quad (3.33)$$

$$T_P = \frac{T_{3M} - T_{ПЗ} - T_{ЩГО} - T_{\Phi} - T_{ПЕР}}{60(1 + \tau_{ПОВ})} \quad (3.34)$$

$$\tau_{ПОВ} = \frac{V_{II} \cdot t_{ПОВ}}{3,6 \cdot L} \quad (3.35)$$

$$\tau_{ПОВ} = \frac{8,3 \cdot 50}{3,6 \cdot 1200} = 0,096$$

$$T_P = \frac{480 - 10 - 30 - 30 - 20}{60(1 + 0,096)} = 6,38$$

$$\tau = \frac{6,38}{8} = 0,79$$

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 8,3 \cdot 8 \cdot 0,79 = 9,18 \text{ га} \quad (3.36)$$

Для спроектованого агрегату:

$$Z_n = \frac{n}{W_{\text{ГОД}}} = 1/1,14 = 0,87 \text{ чол.}\cdot\text{год./га} \quad (3.37)$$

Визначаємо гектарну витрату палива

$$q = \frac{Q_P \cdot T_P + Q_X \cdot T_X + Q_O \cdot T_O}{0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot T_P} \quad (3.38)$$

В кінцевому результаті будемо мати розраховану витрату пального у значенні 25,8 кг/га.

## Висновки

Перевагою конструкції є розширення технологічних можливостей роботи корпусу плуга, зменшення енергетичних витрат і покращення якості різання пласта ґрунту. Приведені основні моменти використання модернізованого плуга. Висвітлені питання наладки та регулювання, підготовки до роботи.

Обґрунтовано розміщення корпусів у повздовжньому напрямку. Визначені параметри польової дошки корпусу. Визначено тиск, що створює польова дошка на стінку борозни.

Згідно з результатами розрахунків, внесені зміни не погіршили умови міцності конструктивних елементів корпусу плуга. Удосконалений корпус плуга може бути оснащений рядними стояками, що підвищує однорідність конструкції та суттєво знижує вартість модернізації.

Як показують результати тягового розрахунку, спроектований плуг може агрегатуватися з трактором Т-150, при цьому оранка буде відбуватися на першій передачі першого діапазону. Теоретична швидкість – 8,28 км/год.

Визначені значення експлуатаційні знаряддя, що запропоновано, застосування буде сприяти економії ППМ та витраті праці.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відомо, що поліпшення умов праці і підвищення її безпеки безпосередньо впливають на зниження виробничого травматизму, професійних захворювань, збереження здоров'я працюючих з одночасним зниженням витрат на оплату пільг і компенсацій за роботу у несприятливих умовах, на оплату наслідків такої роботи (тимчасова і постійна непрацездатність), на перепідготовку працюючих у зв'язку з плінністю кадрів через незадовільність умови праці. Крім цього несприятливі умови праці в свою чергу призводять до негативних соціальних наслідків, що погано відбивається на загальному стані здоров'я працівників, трудовій дисципліні, престижі сільськогосподарської професії, тощо.

У колективних господарствах відповідно до Примірного статуту питаннями організації охорони праці займаються члени правління, голова і спеціалісти.

Відповідальність за стан охорони праці покладається на директора.

Конкретно організацію охорони праці покладено на головного інженера чи заступника керівника підприємства. У бригаді і інших підрозділах середньої ланки виробництва питання організації охорони праці входять в компетенції бригадирів і керівників інших підрозділів. На кожному підприємстві залежно від чисельності працюючих та з урахуванням специфіки сільськогосподарського виробництва з числа спеціалістів призначаються спеціалісти з ОП, інженери по підготовці кадрів і виробничому навчанню. Вони підпорядковані безпосередньо керівникам господарств чи головним інженерам.

Охорона праці в сільському господарстві і організація роботи з цього питання має певну специфіку, яка зумовлена тим, що основний засіб виробництва тут – земля. Землеробство пов'язане з кліматичними умовами, сезонністю, більшою завантаженістю працівників у літній період, а також з

використанням сільськогосподарської техніки, мінеральних добрив, хімічних засобів захисту рослин тощо.

При використанні машинно-тракторних агрегатів в сільському господарстві можуть виникнути небезпечні ситуації.

Аналіз причин виробничого травматизму вказує на те, що травмування працюючих відбувається головним чином із за незадовільного технічного стану трактора та машин, що з ним агрегуються (усунення несправностей чи очистка робочих органів при працюючому двигуні чи на ходу трактора, неузгоджених чи необережних дій працюючих на агрегаті, відсутність чи несправність засобів захисту, невідповідність спецодягу для роботи на машинах).

У сільськогосподарському виробництві застосовується комплекс різних машин та знарядь. Специфічною особливістю їх використання на відміну від промисловості є те, що вони працюють у полі і на багатьох з них робочі органи не захищені від стороннього втручання. Тому при експлуатації агрегатів у сільському господарстві техніка безпеки має особливе значення.

До роботи на агрегаті допускаються механізатори не молодше 17 років, які пройшли інструктаж та знайомі з його будовою, регулюваннями, правилами догляду і технікою безпеки. Особа що керує повинна мати посвідчення на право керування.

Працювати дозволяється на технічно справних машинах, відрегульованих та повністю укомплектованих.

Вимоги безпеки перед початком роботи.

1. Перевірити наявність і справність захисних огорожень над обертовими деталями механізмів, ланцюговими передачами. При відсутності їх чи несправності працювати не дозволяється.

2. Муфта зчеплення повинна повністю вимикатися (не вести) і вмикатися (не пробуксовувати), вільний хід педалі муфти зчеплення встановлюється в межах 35...40мм.

3. Щоб уникнути мимовільного вимикання передачі необхідно, щоб блокувальний механізм був відрегульований.

4. Перевірити справність гідравлічної системи, нещільності і течі в гідравлічній системі не допускаються.

5. Перевірити наявність і справність прикладеного інструмента і пристосувань, засобів протипожежного захисту, бачка з питною водою, аптечки першої медичної допомоги, систему висвітлення.

6. При наявності акумулятора, він міцно повинний бути закріплений на штатному місці. Поверхня акумуляторів повинна бути чистою, пробки щільно загорнені, а клеми покриті тонким шаром технічного вазеліну і надійно закріплені.

7. При перевірці щільності і рівня електроліту в акумуляторних батареях варто остерігатися потрапляння електроліту на тіло й одяг.

У випадку потрапляння електроліту на тіло чи одяг, потрібно це місце промити.

8. Очищення робочих органів проводиться при заглушеному двигуні.

Міри безпеки під час роботи

1. При заправці водою відкривати кришку радіатора гарячого двигуна треба в рукавицях, нахиляючи її в сторону так, щоб не обпекти паром обличчя і руки.

2. Застосовувати етилований бензин для заправлення пускового двигуна можна у випадку крайньої необхідності (при відсутності в господарстві не етилованого бензину) і при виконанні наступних правил: краплі бензину, що потрапили на шкіру, необхідно змити водою з милом; при влученні крапель пар бензину в очі, їх необхідно промити водою негайно звернутися по медичною допомогою.

3. Одержати від керівника завдання і маршрут руху агрегату, вивчити рельєф оброблюваної ділянки, місця поворотів і переїздів.

4. Переконатися у відсутності обслуговуючого персоналу біля агрегату, дати сигнал, запустити двигун.



5. Перевірити роботу начіпної системи.

6. Перед тим, як рушити з місця, перевірити, чи не загрожує кому-небудь рух агрегату, після чого дати сигнал і почати рух.

7. Перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, надягати і натягати ланцюга, усувати несправності, змазувати, очищати потрібно при заглушеному двигуні.

8. При поворотах і розворотах швидкість руху варто зменшити.

9. Після дощу переїжджати через канави, рухатися уздовж схилів на поворотах треба тільки на нижчій передачі.

Міри безпеки при складанні агрегату

1. Під час приєднання трактора і машини забороняється робітником знаходитися між трактором і машиною й у безпосередній близькості від механізмів.

2. Під'їжджати до машини треба обережно (без ривків), при малих обертах двигуна. Тракторист повинен дивитися в напрямку руху і стежити за місцезнаходженням робітника, що робить навішення, ногу при цьому тримати на педалі муфти зчеплення.

3. Навішування повинно відбуватись при повній зупинці трактора.

4. Після навішування знаряддя перевірити дії гідравлічної системи. Машина повинна підніматися й опускатися без заїдання.

Міри безпеки при роботі в нічний час

1. При підготовці агрегату для роботи в нічний час перевірити справність усіх приладів освітлення і відрегулювати їх так, щоб була забезпечена гарна видимість фронту роботи і робітників органів, перевірити освітлення щитка приладів.

2. Заправку трактора паливом, оливою, водою робити тільки при природному світлі. У випадку змушеного заправлення в нічний час варто користатися переносною електричною лампою освітлення від іншого трактора.

Міри протипожежної безпеки

1. Не допускати течі палива й оливи, особливо на двигуні.
2. Електрообладнання трактора повинно бути надійно захищено і заземлено.
3. Не допускається перегрів двигуна.
4. Не можна заправляти паливний бак при працюючому двигуні. При заправленні не допускати проливання палива й оливи, не палити і не користуватися відкритим вогнем.
5. Забороняється мати на тракторі додаткові ємкості з паливо - мастильними матеріалами.

Для гасіння пожежі застосовувати вогнегасник, пісок, брезент, лопатку.

Міри безпеки по закінченні роботи

1. Поставити агрегат на місце стоянки, опустити знаряддя, загальмувати його.
2. Оглянути й очистити агрегат від бруду, упорядкувати робоче місце.
3. При здачі зміни повідомити зміннику про технічний стан агрегату, а також про особливості рельєфу ділянки.
4. Зняти й упорядкувати спецодяг.

## **Висновки**

Застосування вимог безпеки життєдіяльності, розробка конкретних планів, що стосується якості перевірки небезпечних факторів при експлуатації ґрунтообробного агрегату, все це буде сприяти зменшенню захворювання та травматизму обслуговуючого персоналу.

Внесені у конструкцію машини зміни не погіршили стану техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

## 5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Дані для розрахунків

Таблиця 5.1 - Вихідні дані

| № | Показник                           | Розмірність | Технологічна машина |               |
|---|------------------------------------|-------------|---------------------|---------------|
|   |                                    |             | серійна             | модернізована |
| 1 | Річний обсяг роботи                | га          | 300                 | 300           |
| 2 | Продуктивність                     | га/год.     | 1,03                | 1,14          |
| 3 | Витрати ПММ                        | кг/га       | 27,1                | 25,8          |
| 4 | Вартість:                          | грн.        |                     |               |
|   | - трактора                         |             | 980000              | 980000        |
|   | - плуга                            |             | 48000               | 49000         |
|   | - всього                           |             | 1028000             | 1029000       |
| 5 | Кількість обслуговуючого персоналу | <u>чол.</u> | 1                   | 1             |

Розрахунки техніко-економічних показників виконано у порівнянні з серійним плугом ПЛН-5-35.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{1,03} = 291,26 \text{ год.} & & K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{1,14} = 263,16 \text{ год.} \quad (5.1)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 \text{ВП} & & \\
 \text{Б} & & \text{П} \\
 V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 291,26 \cdot 1 = 291,26 \text{ год.} & & V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 263,16 \cdot 1 = 263,16 \text{ год.} \quad (5.2)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 \text{ЕВ} & & \\
 \Pi = \frac{C_T}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K, & & (5.3)
 \end{array}$$

де:  $C_T$ , грн/год;

$$K_1 = 1,2;$$

$K_2 = 1,375$  – коеф.

Б

$$\Pi = 60/1,03 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 96,11 \text{ грн./га}$$

П

$$\Pi = 86,84 \text{ грн./га}$$

АВ

Б

$$\text{Т: } A_{\text{ТР}} = \frac{980000 \cdot 25}{100 \cdot 1000 \cdot 1,03} = 237,86 \text{ грн/га} \quad A_{\text{ТР}} = \frac{980000 \cdot 25}{100 \cdot 1000 \cdot 1,14} = 214,91 \text{ грн/га}$$

$$\text{П: } A_{\text{М}} = \frac{48000 \cdot 15}{100 \cdot 500 \cdot 1,03} = 13,98 \text{ грн/га} \quad A_{\text{М}} = \frac{49000 \cdot 15}{100 \cdot 500 \cdot 1,14} = 12,89 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 251,84 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 227,8 \text{ грн/га}$$

В ПММ

Б

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot B_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 27,1 = 1626 \text{ грн./га}$$

П

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot B_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 25,8 = 1548 \text{ грн./га}$$

В на ТО, ТР, ЗБ

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}}, \quad (5.4)$$

де:  $B_B$ , грн;

Б

$$\text{Т: } B_{\text{ТР}} = \frac{980000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 291,26 \cdot 1,03} = 627,2 \text{ грн./га}$$

П

$$B_{\text{ТР}} = \frac{980000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 263,16 \cdot 1,14} = 627,19 \text{ грн./га}$$

Б

$$\text{П: } V_M = \frac{48000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 291,26 \cdot 1,03} = 13,12 \text{ грн/га}$$

П

$$V_M = \frac{49000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 263,16 \cdot 1,14} = 13,39 \text{ грн/га}$$

$$V_{\Sigma} = 640,32 \text{ грн/га}$$

$$V_{\Sigma} = 640,58 \text{ грн/га}$$

$V_{\Sigma}$  витрат на 1 га:

Б

$$E_B = 96,11 + 251,84 + 1626 + 640,32 = 2614,16 \text{ грн/га}$$

П

$$E_B = 85,84 + 227,8 + 1545 + 640,58 = 2502,22 \text{ грн/га}$$

$E_B$

Б

П

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CE3} = 2614,16 \cdot 300 = 784248 \text{ грн.} \quad E_{\Sigma} = 750666 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Б

П

$$\text{Т: } K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = \frac{980000}{300} = 3266,67 \text{ грн/га} \quad K_B = \frac{980000}{300} = 3266,67 \text{ грн/га}$$

$$\text{П: } K_B = \frac{48000}{300} = 160 \text{ грн/га} \quad K_B = \frac{49000}{300} = 163,33 \text{ грн/га}$$

Всього:

Б

П

$$K_B = 3266,67 + 160 = 3426,67 \text{ грн/га} \quad K_B = 3266,67,3 + 163,33 = 3430 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1га:

$$P_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Б

$$P_B = 2614,16 + 0,15 \cdot 3426,67 = 3128,16 \text{ грн./га}$$

П

$$P_B = 2502,22 + 0,15 \cdot 3430 = 3016,72 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Б

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 3128,16 \cdot 300 = 938448 \text{ грн.}$$

П

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 3016,72 \cdot 300 = 905016 \text{ грн.}$$

РЕ

$$E_E = 938448 - 905016 = 33432 \text{ грн.}$$

Окупність витрат

$$N = 0,1 \text{ року}$$

Таблиця 5.2 - Ефективність проекту

| №  | ПОКАЗНИКИ  | Варіант                                      |   |
|----|--|--|---|
|    |  | базовий                                      | проект                                      |
| 1  | Вид роботи   | Оранка                                       |   |
| 2  | Об'єм роботи, га   | 300  | 300   |
| 3  | Склад агрегата:<br>трактор<br>плуг   | Т-150<br>ПЛН-5-35                            | Т-150<br>ПЛН-5-35М                          |
| 4  | Продуктивність, га/год   | 1,03   | 1,14  |
| 5  | Кількість нормо-годин у обсязі робіт   | 291,26                                       | 263,16                                      |
| 6  | Кількість обслуговуючого персоналу<br>-трактористів-машиністів<br>-допоміжних працівників  | 1<br>-                                       | 1<br>-                                      |
| 7  | Витрати праці, люд.-год/га   | 291,26                                       | 263,16                                      |
| 8  | Тарифний розряд роботи   | V  | V   |
| 9  | Тарифна ставка, грн/год  | 60   | 60  |
| 10 | Норма витрати пального, кг/га  | 27,1   | 25,8  |
| 11 | Балансова вартість, грн:<br>трактора<br>плуга  | 980000<br>48000                              | 980000<br>49000                             |
| 12 | Комплексна ціна ПММ, грн/кг  | 60   | 60  |
| 13 | Експлуатаційні витрати, грн/га (грн)<br>у тому числі:<br>а. Основна і додаткова заробітна плата<br>б. Амортизаційні відрахування:<br>-всього<br>в. Витрати на ПММ<br>г. Витрати на ТО, ТР, зберігання: | 2614,16<br>96,11<br>251,84<br>1626<br>640,32 | 2502,22<br>85,84<br>227,8<br>1548<br>640,58 |
| 14 | Капітальні вкладення, грн/га   | 3426,67                                      | 3430  |
| 15 | Приведені затрати, грн/га<br>На весь обсяг роботи, грн   | 3128,16<br>938448                            | 3016,72<br>905016                           |
| 16 | Річний економічний ефект, грн  |  | 33432                                       |
| 17 | Строк окупності, років   |  | 0,1   |

## **Висновки**

Згідно приведеного розрахунку, запропонована модернізація конструкції дозволить отримати 33431грн. економії при окупності вкладень в 0,1 роки. Розрахунки засвідчують те, що було вірно обрано варіант удосконалення.

Як показують розрахунки, спроектований агрегат має хорошу ефективність і його можна рекомендувати до впровадження.

В основу організації виробництва покладений принцип, який забезпечує єдність технологічного циклу, та отримання високоякісного кінцевого продукту.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз показав, що спрямованість діяльності підприємства, наявність техніки та основні ґрунтово-кліматичні умови зумовили необхідність впровадження сучасної ґрунтообробної техніки. Незважаючи на існування великої кількості різноманітних технологічних засобів, встановлено, що проблема основного обробітку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог залишається актуальною і на сьогоднішній день. Для вирішення цієї проблеми пропонується розробка принципово нового плуга з точки зору відповідності вимогам агротехніки.

2. Приведені агротехнічні вимоги до основного обробітку ґрунту.

3. Проведений огляд показує, що існує досить велика кількість різноманітних конструкцій як самих плугів, так і корпусів до них. Всі конструкції вирішують вузьку задачу у межах конкретних ґрунтово-кліматичних умов. На підставі проведеного огляду сучасних конструкцій плугів нами прийнято рішення для ґрунтово-кліматичних умов Дніпропетровської області розробити конструкцію плуга, взявши за основу винахід № **49733**.

4. Перевагою запропонованої конструкції є можливість розширення технологічних можливостей роботи корпусу плуга, зменшення енергетичних витрат і покращення якості різання пласта ґрунту.

5. Приведені основні моменти використання модернізованого плуга. Висвітлені питання наладки та регулювання, підготовки до роботи.

6. Виконано розрахунки конструктивних параметрів.

7. Як показують результати розрахунків, введені зміни не погіршили умов міцності конструктивних елементів корпусу плуга. Модернізований корпус плуга можна комплектувати серійними стояками, що підвищує ступінь уніфікації конструкцій і значно здешевшує модернізацію.

8. Як показують результати тягового розрахунку, спроектований плуг може агрегатуватися з трактором Т-150, при цьому оранка буде відбуватися на



першій передачі. Теоретична швидкість – 8,28 км/год.

9. Нами розраховані основні експлуатаційні показники роботи запропонованого знаряддя. Використання модернізованої машини сприяє економії паливно-мастильних матеріалів і зменшенню затрат праці.

10. Як доводить аналіз умов експлуатації розроблених плугів, модернізація не погіршила умови праці трактористів і не потребувала додаткових заходів з охорони праці. Конструктивні зміни, внесені в конструкцію плуга, не погіршили стан охорони навколишнього середовища.

11. Згідно приведеного розрахунку, запропонована модернізація конструкції дозволить отримати 33431 грн. економії при окупності вкладень в 0,1 роки. Розрахунки засвідчують те, що було вірно обрано варіант удосконалення.

Як показують розрахунки, спроектований агрегат має хорошу ефективність і його можна рекомендувати до впровадження.

В основу організації виробництва покладений принцип, який забезпечує єдність технологічного циклу, та отримання високоякісного кінцевого продукту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Войтюк Д.Г., Барановський В.Н., Булгаков В.Н. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. – К.: Вища освіта, 2005. - 464 с.
2. Гапоненко В. С. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1993. – 448 с.
3. Головчук А. Ф., Марченко В. І., Орлов В. Ф., Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. проф. А. Ф. Головчука. Книга 2 – Комбайни зернозбиральні . – К.: Грамота, 2004 р. – 320 с.
4. Кобець А. С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 1999. – 204 с.
5. Кобець А. С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин: практикум / Кобець А. С. Кобець О. М., Пугач А. М. – Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2011. – 164 с.
6. Сільськогосподарські машини: підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.; За ред. Д. Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
7. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
8. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник для здобувачів професійної освіти / В.І. Скрипник. – Київ.: Літера ЛТД, 2019. – 256 с.
9. Головчук А. Ф., Марченко В. І., Орлов В. Ф., Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. проф. А. Ф. Головчука. Книга 3 – Машини сільськогосподарські . – К.: Грамота, 2005 р. – 576 с.

10. Комаристов В. Ю., Дунай М. Ф. Сільськогосподарські машини. – К.: Вища школа, 1987. – 486 с.
11. Антонишин Р. З., Козырев С. Н. Карты технологической наладки почвообрабатывающих и посевных машинно-тракторных агрегатов: Учеб. пособие. – К.: Вища школа, 1991. – 126 с.
12. Панченко А. Н. Практикум по сельскохозяйственным машинам. Раздел: мелиоративные машины. Днепропетровск, ДГАУ, 1993. – 102 с.
13. Паламарчук В. І., Проценко О. О., Козачук А. М. та ін. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків. За ред. О. О. Проценко. – К.: Урожай, 1987. – 240 с.
14. Погорелый Л. В. «Механизация производства сахарной свеклы», – К.: Урожай. 1981. – 172 с.
15. Рудич С. И. и др. Комплексная механизация орошения малых участков. – К.: Урожай, 1973. – 220 с.
16. Справочник по механизации кормопроизводства / Л. И. Грачева, А. В. Грачев, А. П. Вербицкий; Под ред. Л. И. Грачевой. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.
17. Тудель Н. В. и др. Индустриальная технология производства кукурузы. – К.: Урожай, 1985. – 168 с.
18. Масло І. П., Тимошенко С. П., Онуфриенко Ю. Ф. та ін. Механізація захисту рослин. – К.: Урожай, 1989. – 124 с.
19. Хоменко М. С., Зырянов В. А., Насонов В. А. Механизация посева зерновых культур и трав. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.
20. Тудель М. В., Козаченко Б. О., Герасимчик В. Г. та ін. Спеціальні комбайни. – К.: Урожай, 1988. – 463 с.
21. Практикум з технологічної наладки та усуненню несправностей сільськогосподарських машин. / Гаврилюк Г. Р., Живолуп Г. І., Короткевич П. С. та ін. За ред. Г. Р. Гаврилюка. – К.: Урожай, 1995. – 280 с.
22. Шикула Н. К. Почвозащитная система земледелия. – Харьков: Прапор, 1987. – 240 с.

23. Ярмашев Ю. М. та ін. Довідник комбайнера. – К.: Урожай, 1989. – 176 с.
24. Погорілець О. М., Живолуп Г. І. Зернозбиральні комбайни. – К.: Урожай, 1994. – 232 с.
25. Ромащенко М. І., Доценко В. І., Онопрієнко Д. М. Системи краплинного зрошення. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ, 2007. – 175 с.
26. Проектування сільськогосподарських машин / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк та ін. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О. В., 2010.
27. Панченко А. Н. Теория и расчет сельскохозяйственных машин. Лабораторный практикум. Днепропетровск: ДГАУ, 2002. – 396 с.
28. Погорелый Л. В., Татьянко А. В., Брей В. В. Свеклоуборочные машины: конструирование и расчет. – К.: Техника, 1989. – 168 с.
29. Сільськогосподарські машини. Частина 3. Посівні машини / Бакум М. В., Бобрусь І. С., Морозов І. В., Нікітін С. П. та ін.; за ред. М. В. Бакума. – Харків, 2005. – 332 с.
30. Бакум М. В. Сільськогосподарські машини: у 2-х т.: Ч.2. Машини для внесення добрив / М. В. Бакум, І. С. Бобрусь, А. Д. Михайлов та ін.; за ред. М. В. Бакума. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Т.1. – 285 с.
31. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин: Довід. / Г.Р. Гаврилук, Г.І. Живолуп, П.С. Короткевич та ін.. – К.: Урожай, 1988. – 256с.
32. Доценко В. І., Морозов В. В., Онопрієнко Д. М. Зрошення сільськогосподарських культур способом дощування: навчальний посібник / В. І. Доценко, В. В. Морозов, Д. М. Онопрієнко – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 448 с.

## ДОДАТКИ