

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

ПОГОДЖЕНО

Декан
механіко-технологічного
факультету, д.т.н, проф.

_____ В.В. Братішко
« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.
П.М. Василенка, к.т.н., доц.

_____ Ю.О. Гуменюк
« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

(пояснювальна записка)

**на тему: «Обґрунтування геометричних та конструктивних параметрів
удосконаленої полиці корпусу плуга ПЛН 3-35»**

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Магістерська програма: «Оптимізація процесів, параметрів і режимів
роботи техніки АПК»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н. доцент _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Курка Віталій Петрович
(ПІБ)

Виконав студент групи

_____ (підпис)

Яшкін Іван Миколайович
(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри с/г машин і
системотехніки ім. акад. Василенка
(назва кафедри)

Гуменюк Ю.О. к.т.н., доцент
(ПІБ, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Яшкін Іван Миколайович
(Прізвище, ім'я та по-батькові)

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Магістерська програма: «Оптимізація процесів, параметрів і режимів
роботи техніки АПК»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

**Тема роботи: «ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ ПОЛИЦІ
КОРПУСА ПЛУГА ПЛН 3-35»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від 13 листопада 2025р. № 2038
«С»

Термін подання студентом магістерської роботи 2025.11.18.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи – технічні характеристики корпусу
плуга, літературні джерела, патенти, креслення, нормативні документи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Розділ 1. Огляд технологій і машин при полицевому обробітку ґрунту.
2. Розділ 2. Передумови удосконалення плуга ПЛН 3-35.

3. Розділ 3. Обґрунтування та розрахунок конструктивних, геометричних та технологічних параметрів плуга.
4. Розділ 4. Охорона праці та навколишнього середовища.
5. Розділ 5. САПР
6. Розділ 6. Економічна ефективність .

Перелік графічного матеріалу (за потреби) _____

Дата видачі завдання «_____» _____ 2025р.

Керівник магістерської роботи _____
(підпис)

Курка Віталій Петрович
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Яшкін Іван Миколайович

ЗМІСТ:

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 4 |
| 1.АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ | 6 |
| 1.1 Механізація обробітку ґрунту | 6 |
| 1.2 Типи та конструкції полицевих ґрунтообробних робочих органів | 13 |
| 1.3 Огляд існуючих конструкцій плугів | 31 |
| 2.ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПЛУГА | |
| ПЛН-3-35 | 36 |
| 2.1 Агротехнічні вимоги та призначення плуга, що розробляється | 36 |
| 2.2 Теоретичні дослідження побудови поверхонь | 41 |
| 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ, ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ | 51 |
| 3.1 Обґрунтування конструктивних, геометричних та технологічних параметрів | 51 |
| 3.2 Розрахунок різьбових з'єднань | 60 |
| 3.3 Розрахунок різьбового з'єднання під дією сили зсуву | 63 |
| 3.4 Розподіл дотичних напружень при крученні стержня круглого (кільцевого) перерізу. Розрахунок на міцність | 64 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 66 |
| 4.1 Загальні вимоги | 66 |
| 4.2 Вимоги до робочих органів машин і знарядь | 69 |
| 4.3 Вимоги до робочих місць | 69 |
| 4.4 Протипожежні заходи | 71 |
| 5. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ | 70 |
| 6.ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ | 81 |
| ВИСНОВКИ | 87 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 88 |

ВСТУП

Економічні відносини в аграрному секторі України на сучасному етапі тісно пов'язані зі змінами в діяльності підприємств та організацій, основним видом діяльності яких є забезпечення сільських товаровиробників ресурсами та енергозберігаючими технологіями.

Основна проблема технічної політики в аграрному виробництві полягає в тому, щоб забезпечити виконання всіх технічних робіт відповідно до вимог агротехніки при одночасному зниженні витрат на матеріали, техніку, трудові та енергетичні ресурси.

Щоб вирішити цю проблему на практиці, кожному сільськогосподарському підприємству або фермерському господарству необхідно забезпечити оптимальне співвідношення між обсягом роботи та рівнем ресурсів.

Складність проблем, з якими сьогодні стикається сільське господарство, вимагає нового рівня інженерного мислення в розробці та впровадженні науково обґрунтованих механічних систем.

Система машин - це сукупність машин, взаємоузгоджених за технологічними процесами, техніко-економічними параметрами та продуктивністю, які використовуються для механізації виробничих процесів. Вони вдосконалюються, модифікуються і доповнюються на основі нових досягнень науки і техніки. Системи машин створюються для різних галузей, таких як рослинництво, тваринництво, меліорація, лісове і захисне лісове господарство.

Сільськогосподарські фахівці повинні мати достатні знання про специфіку сільськогосподарської техніки, необхідність суворого дотримання агротехнічних вимог і поєднання біологічних, технічних, економічних та організаційних умов.

Мета роботи: покращення якості обробітку ґрунту, а також зменшення витрат палива на обробіток ґрунту.

Задачі досліджень :

1. Зробити аналіз конструкцій полицевих плугів для обробітку ґрунту;
2. Знайти функціональні зв'язки геометричних та конструктивних параметрів полиці з режимами роботи корпусу плуга при обробітку ґрунту;
3. Виконати силовий аналіз конструкції корпусу плуга із покращеною полицею.
4. Обчислити економічну ефективність при впровадженні запропонованої полиці корпусу плуга.

Об'єкт дослідження - процес взаємодії полиці корпусу плуга з ґрунтом.

Предмет дослідження - зв'язки конструктивних і геометричних параметрів полиці з режимами роботи корпусу плуга та процесом обробітку ґрунту.

Наукова новизна: мною було представлено нову конструкцію полиці корпусу плуга, яка складається з декількох сегментів, що дозволяють виконати високу якість обробітку ґрунту та зробити конструкції більш найдійною, а також зменшити витрати на використання палива; обґрунтовано конструктивні і геометричні параметри удосконаленої полиці корпусу плуга з урахуванням режимів роботи плуга.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1 Механізація обробітку ґрунту

Плуги застосовують для основного обробітку ґрунту (оранки) з обертанням скиби або глибоким розпушенням ґрунту. Плуг під час роботи відрізує скибу, розпушує і перевертає її, переміщує рослинні рештки та верхній знеструктурований шар ґрунту в нижню частину орного горизонту.

Вони поділяються на плуги загального та спеціального призначення. Плугами загального призначення орють поля під зернові та технічні культури на глибину 20-35 см. Спеціальні плуги використовуються для оранки ґрунтів під сади і виноградники на глибину 60-90 см, а також для оранки пасовищ, водно-болотних угідь, лісів, зрошуваних ділянок і гірських схилів.

За типом, конструкцією робочих органів (корпусів) плуги бувають:

- лемішно-полицеві;
- безполицеві;
- плуги-розпушувачі – призначені для основного безполицевого обробітку ґрунту та поглиблення верхнього шару ґрунту до 40 см. Складається з підпружиненого дискового ножа з рифленою кромкою, розташованого перед розпушувачем;
- чизельні – оснащені стрілочастими та долотоподібними лапами для глибокого розпушування схилів;
- дискові – призначені для оранки перезвожених ґрунтів; плуг складається зі сферичних дисків, передплужників, розпушувачів, опорного колеса та рами;
- фронтальні плуги – призначені для гладкої оранки, з обертанням скиби на 180° та укладання її у власні борозни. з комбінованими робочими органами.

Найпоширеніші – лемішно-полицеві плуги. Вони бувають: однокорпусні, двокорпусні, трикорпусні, чотирьокорпусні, п'ятикорпусні, шести корпусні, семи корпусні, восьми корпусні, дев'яти корпусні, десяти корпусні і найсучасніші – до дванадцяти корпусів.

За технологією оранки плуги поділяють на плуги для гладкої оранки та оранки врозгін і всклад. Дискові плуги використовуються для оранки важких або перезволожених ґрунтів. Плуги можуть бути навісними, напівнавісними або причіпними, залежно від способу приєднання до трактора.

Основні агротехнічні вимоги до оранки:

- обробіток ґрунту здійснюється на певну глибину, яка строго визначається в кожному конкретному випадку, але допускається відхилення близько 5% від середнього значення;
- практично, всі види оранки, крім переоранки перед посівною кампанією, виконують плугами, обладнаними передплужниками;
- під час оранки відбувається повне обертання шарів. Виораний пласт подрібнюється завдяки загортанню поживних речовин, решток бур'яну, добрив мінерального й органічного походження;
- борозни під час оранки мають бути рівномірними і прямими. Всі корпуси плуга мають створювати однаково рівні шари;
- верхня частина зораного поля має бути ідеальна. На ній не повинно бути глибоких рознімних борозден і високими гребнями;
- горизонтально (в поперек) виорюють схили.

Якість обробки ґрунту і зниження витрати механічної енергії прямопропорційно залежить від правильного комплектування, ступеня підготовки поля до обробки і установки провідного агрегату, а також правильного розподілу робочої сили.

Агротехнічні вимоги до плугів. Лемішно-полицеві плуги мають забезпечувати обробіток ґрунту в основному на глибину 24-30 см, їх корпуси – повністю зрізати шари ґрунту, перевертаючи їх та укладати на підшву, та загортати у ґрунт рослинні рештки й добрива на глибину 12-15 см.

Передплужники мають зрізати 2/3 ширини скиби та складати верхній шар ґрунту на дно борозни, а глибина обробітку – має бути 8-12 см.

Скиби на поверхні поля повинні бути прямолінійними по довжині гону і щільно лягати одна на одну, поверхня виораного поля повинна бути рівною, без глибоких борозен та гребенів (висота гребенів і глибина борозен не більше 5 см). Виоране поле повинно бути подрібнене. Ширина захвату всіх корпусів плуга має бути ідентична. Відхилення від ширини захвату можливе, але не більше, як 10%. Основні агротехнічні вимоги до оранки відповідно до технологічних груп культур.

Культури I групи (озимі та ярові зернові колосові, багаторічні трави, зернобобові, круп'яні, льон-довгунець) оранку потрібно проводити глибиною 12-22 см, з 75% подрібненням ґрунту, а також загортанням рослинних решток на 95 % і гребінчастістю не більше 5 см.

Культури II групи (кукурудза, цукровий буряк, соняшник, картопля, овочі) глибина оранки повинна бути 25-35 см, повноцінне (100 %) загортання рослинних решток глибиною, більше, ніж 15 см за однакових з I групою вимог до подрібнення і утворення гребнів.

Оранка плугами основного призначення без передплужників не дає можливість повноцінно, на 180°, перекинути скиби. Рослинні рештки розташовуються в нахилених поперечних перерізах на всій глибині оранки — від підшви до поверхні. Неповноцінне обертання властиве також технологічному процесу оранки корпусами, укомплектоване кутознімами. В такому разі покращується загортання рослинних решток. Поліпшене загортання (95-100 %), а також більший кут обертання скиби характерний культурній оранці з передплужником. Але її неможливо ідеально виконувати за малої (12-18 см) та великої (30-35 см) глибини оранки. Оранка ромбічним корпусом дозволяє отримати широку та чисту борозну, але суттєво не відрізняється від оранки «зметом». Застосування гвинтових корпусів по староорних землях має низьку технологічну надійність через недостатню в'язкість ґрунту, а на в'язких – не надає потрібного подрібнення скиби. Забезпечити повне (100 %) і глибоке

(до 20 см) загортання рослинних решток можливо за допомогою ярусної оранки, проте вона виконується на глибину більше ніж 24 см.

Обробіток ґрунту плугом загального призначення зостається в системі відвального обробітку ґрунту універсальним варіантом оранки. Досконалішою є гладенька оранка, що здійснюється за допомогою оборотних, поворотних або фронтальних плугів. Якість оранки та ефективності вирощування сільськогосподарських культур підвищуються за допомогою удосконалення засобів механізації оранки, адаптація їх до сучасних умов і потреб, а також підвищення ефективності використання. Досягнути цього можливо завдяки поступовому переходу від однотипної оранки загального призначення до певної системи перспективних технологічних процесів оранки, які застосовуються диференційовано, відповідно до конкретних умов. Будова плуга складається з робочих органів: передплужник, корпус, дисковий ніж; допоміжних частини: рама, транспортний механізм, опорне колесо, пристрій регулювання глибини оранки, механізм навіски плуга на трактор.

Будова корпусу плуга (рис. 1.12.) складається з леміша, полиці, стовби, башмака та польової дошки. Його основними параметрами слугують ширина захвату і глибина обробітку. Під час оранки леміш підрізує шар ґрунту знизу, піднімаючи його та транспортує на полицю. За допомогою полиці скиба ґрунту піднімається, розпушується, обертається та спрямовується у відкриту борозну яка утворилася попереднім проходженням плуга, зміщуючи її в поперечному та поздовжньому напрямках. Даний рух скиби ґрунту створюється завдяки певній лемішно-полицевій поверхні корпусу, який відповідає заданому режиму роботи і співвідноситься з умовами виконання процесу. Безполицевий корпус (рис.1.13, в) подрібнює ґрунт без обертання скиби. Леміш корпусу підрізує скибу і пересуває її на розширювач, далі скиба опускається з його поверхні, падає на дно борозни і розпушується. Вирізний корпус (рис.1.13. г) призначений для оранки підзолистих ґрунтів з невеликим орним горизонтом, з синхронним поглибленням одного шару на 4-5 см. На корпусі розміщені два лемеші і полиця. Нижня частина скиби, що підрізується лемешем 11,

пересувається у проміжок між лемешами, подрібнюється та розпушується. Верхня частина скиби переміщується на полицю, обертається та падає на розпушений шар. Корпус з накладним долотом (рис. 1.13, д) застосовується для оранки твердих ґрунтів, які засмічені камінням. Долото, прикріплене до лемеша та передня частина якого виступає на 3-4 см, слугує добрим заглиблення корпуса та запобігає поломкам лемеша. Корпус із ґрунтопоглиблювачем (рис. 1.13, е) призначений для оранки підзолистих та каштанових ґрунтів із синхронним поглибленням орного шару. Ззаду корпуса розташована стрільчаста лапа, що розпушує підорний шар ґрунту на глибину до 15 см. Дисківий корпус (рис. 1.13, є) призначений для оранки тяжких перезволожених ґрунтів. Сферичний диск, слугує робочою частиною корпуса, встановленим під кутом 70° до дна борозни та $40-45^\circ$ до напрямку руху. Під час оранки диск обертає та відрізає скибу ґрунту. Вона рухається по вигнутій внутрішній поверхні диска, зміщується вбік, обертається та впадає в борозну. Діаметр диска буває – 71, 76 або 81 см. Комбінований корпус (рис. 1.13, ж) призначений для оранки тяжких ґрунтів з посиленням розпушенням скиби. Під час роботи корпуса скиба переміщується із полиці до ротора, що, обертаючись, подрібнює її, розпушує та відкидає у борозну. Після закінчення оранки поверхня поля залишається рівною та розпушеною.

1.2 Типи та конструкції полицевих ґрунтообробних робочих органів

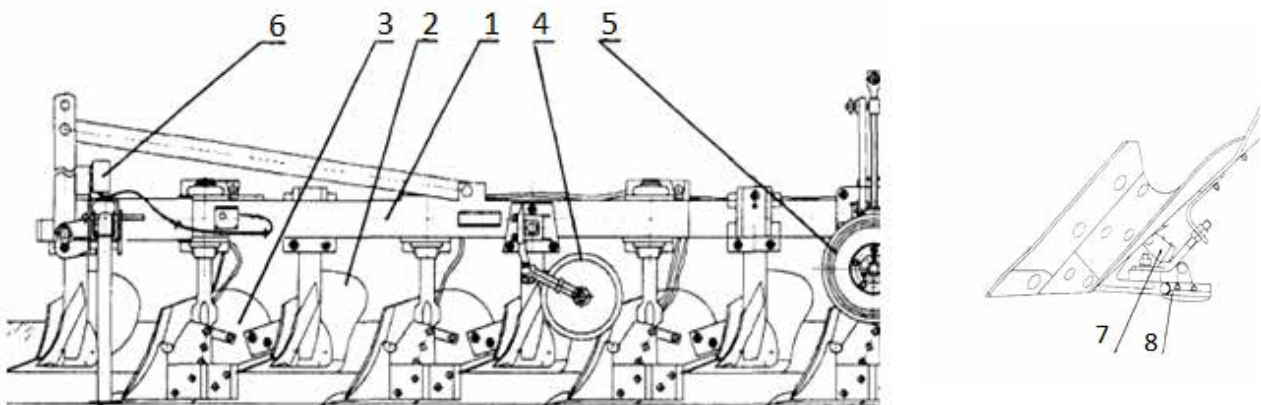


Рис. 1.1 Плуг з вібраційною підвіскою [10]

Будова плуга складається з рами (1), чотирьох корпусів (3) з польовими дошками (8), чотирьох передплужників (2), приводу

гідроциліндрів (2). До приводу гідроциліндрів (2) відноситься гідронасос (6), який за допомогою гідропровода нагнітає тиск рідини пульсуючого характеру до гідроциліндра (7). Опишемо технологічний процес роботи плуга з вібраційною підвіскою. Під час руху машиннотракторного агрегату трактор-плуг, крутний момент від ВВП, на схемі не показано, передається на гідронасос (6), який через гідропровід нагнітає робочу рідину, створюючи тиск в гідроциліндрі (7), шток якого здійснює зворотньо-поступальний рух з великою частотою, що відповідає частоті сколювання ґрунту, внаслідок цього виникає резонанс.

Польова дошка (8) за допомогою шарніра зв'язана з штоком гідроциліндра (7), за рахунок якого вона вібрує, а оскільки польова дошка (8) прикріплена до стояка корпусу, то вібрація більш-менш подається і на сам корпус, завдяки цьому створюється додаткова активна сила, що діє на ґрунт, наслідком якого є збільшення його кришення і сколювання, що відражається на покращенні якості обробітку ґрунту і зменшення енерговитрат.

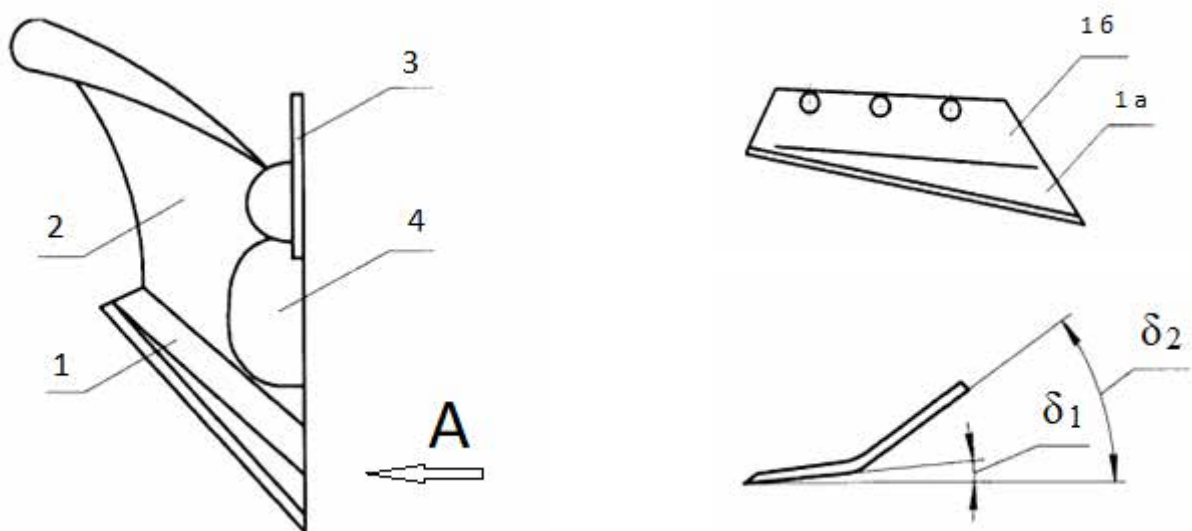


Рис. 1.2 Корпус плуга [13]

Будова корпусу плуга (рис. 1.2): леміш (1), полиця (2) і польова дошка (3), що кріпляться до стояка (4). Леміш (1) створений із двох

частин: передньої (1а) - з мінімальним кутом (δ_1) нахилу до дна борозни та задньої (1б) - з більшим кутом (δ_2) нахилу до дна борозни. Найбільшу довжину має район носка леміша частина (1а), а район п'яти леміша - найменшу довжину. Корпус плуга працює ось яким чином: переміщуючи корпус в ґрунті частина (1а) леміша підрізає ґрунт, направляючи його на горизонтальну частину (1а) леміша і лише через певний час потрапляє на задню частину (1б) леміша, після чого ковзає по полиці (2), в кінці якої за допомогою крила полиці скидається в борозну. При цьому опір переміщенню скиби у стартовий період - період зрізування та потрапляння на поверхню леміша майже не зростає і лиш згодом, після набору швидкості переміщення по горизонтальній частині (1а) леміша, з невеликим опором піднімається по похилій частині (1б) леміша, а скиба далі переміщується по полиці, розрихлюючись і розпушуючись.

Комбінований плуг (рис 1.3) складається з рами (1), начіпного пристрою (2), жорстко закріплених корпусів (3), стійки (4), вісі (5), маточини (6), сферичних дискових ножів (7), чистика (8) внутрішньої поверхні дискового ножа (7), пристрою (9) для зміни кута атаки та опорного колеса з гвинтовим механізмом (10).

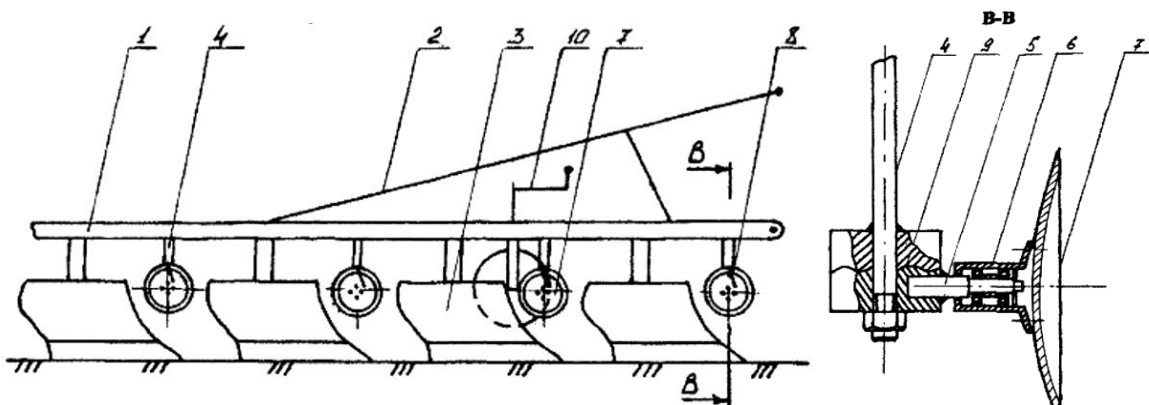


Рис. 1.3 Комбінований плуг [14].

Комбінований плуг працює ось таким чином: при переміщенні машини по полю, сферичні дискові ножі (7) заглиблюються у ґрунт

під кутом до напрямку руху агрегату. Диски, обертаючись за рахунок опору ґрунту, ріжучою частиною підрізають його по дузі та діючи своєю увігнутою поверхнею під час обертання, розпушують та ложать верхній шар ґрунту на дно борозни, виконуючи роль лемішних передплужників пасивної дії. Корпуси (3) плуга підрізають головні скиби в горизонтальній та вертикальній площинах, перевертають їх та ложать на скиби верхнього шару ґрунту.

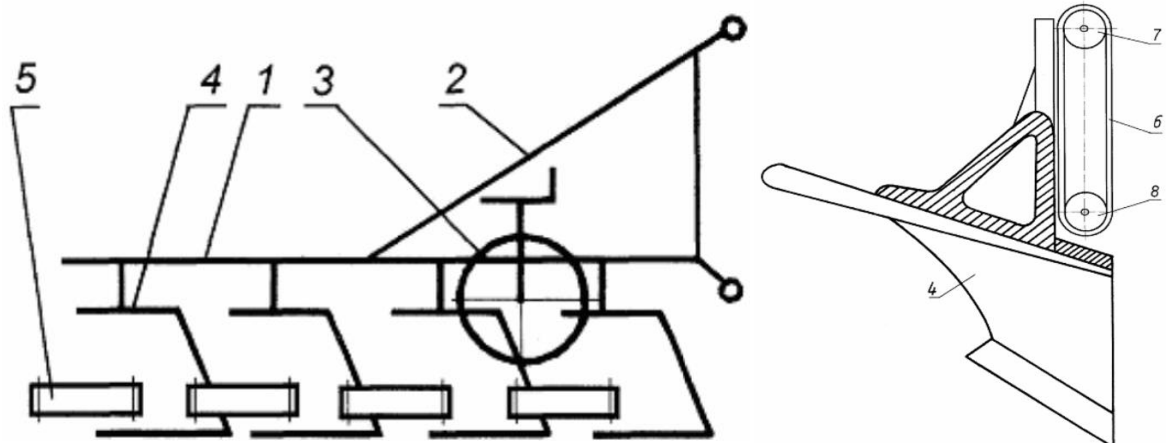


Рис. 1.4 Плуг з польовою дошкою закріпленою на роликах [8].

Плуг має з раму (1), з навісним пристроєм (2), опорне колесо (3) з механізмом регулювання глибини обробітку та закріплених на рамі (1) стійок плужних корпусів (4) польової дошки (5). Польова дошка (5) складається з нескінченної стрічки (6) і опорних роликів (7) і (8). Під час руху по полю в заглибленому положенні плужні корпуси (4) відрізають шар ґрунту, кришать його та обертають в борозну, що залишилася від попереднього проходу плуга. В цей час польова дошка (5) взаємодіє зі стіною борозни. В процесі руху переміщення стрічки відносно стінки борозни є мінімальним та в ідеальному випадку дорівнює 0. Сила тертя ковзання є відсутня.

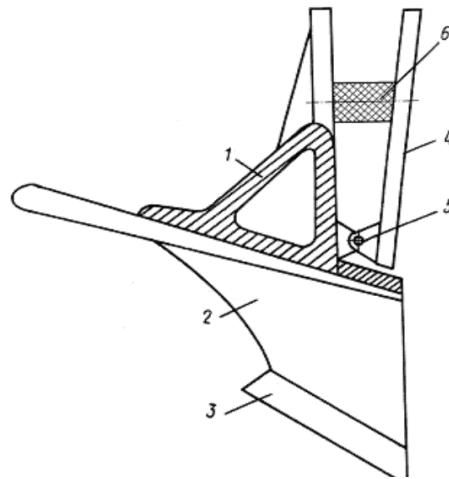


Рис. 1.5. Корпус плуга з підпружиненою польовою дошкою [15].

Корпус плуга (рис. 1.5) має будову: стійка (1), відвал (2), леміш (3) і шарнірно зв'язаної зі стійкою польової дошки (4), шарнір (5). Польова дошка (4) в кінцевій частині спирається на гумовий демпфер (6). Робочий орган культиватора працює таким чином. Заглиблений у ґрунт корпус плуга лемішем (3) вирізає та частково кришить пласт, а відвалом (2) здійснюється подальше кришення, обертання та вкладання пласта до борозни. Польова дошка (4) сприймає бокове навантаження від пласта ґрунту, при цьому завдяки шарніру (5) та демпферу (6) польова дошка робить коливання в горизонтальній площині, що мінімізує спрацювання її робочої поверхні. Польова дошка не втрачає працездатності, так як не забивається рослинними рештками та ґрунтом.

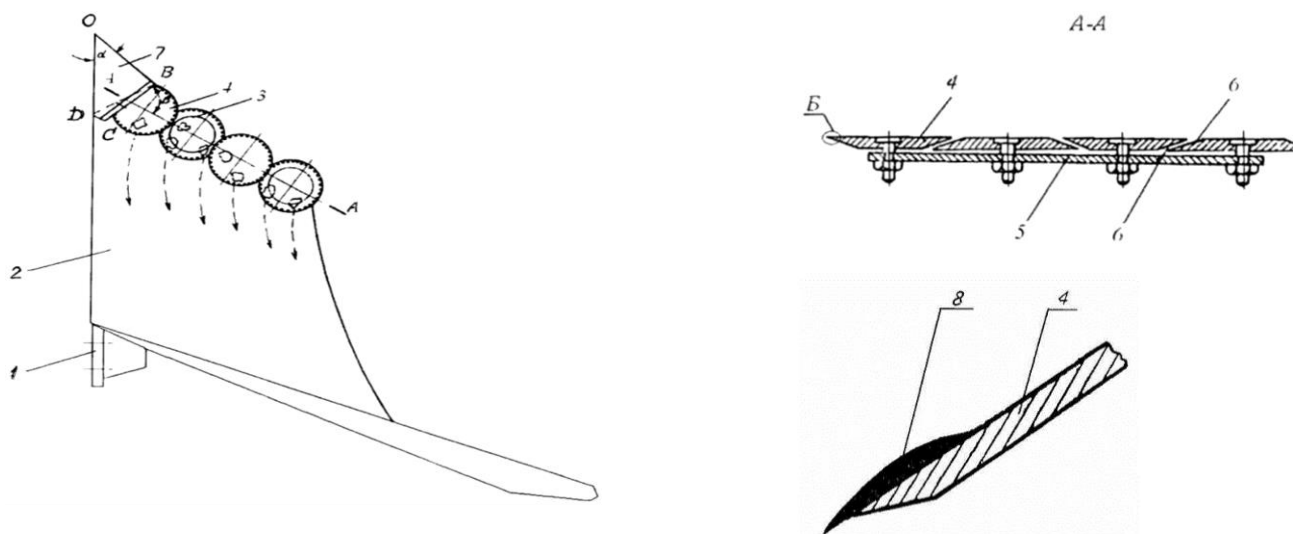


Рис. 1.6 Корпус плуга з лемешем у вигляді дисків [7].

Корпус плуга (рис. 1.6) має стійку (1) та закріплений відвал (2) з леміхом (3), при цьому леміш (3) виконаний у формі дисків (4), що довільно обертаються, встановлених в одній площині (5) із чергуванням загострень (6). Носок леміша (7) має вид трапеції DOBC зі скосом BC в сторону дисків (4), в якому грань OB є лезом та підрізає пласт в горизонтальній площині, а грань DC є спиною. Окрім того, грані OD та OB утворюють клиновидний кут, а грань BC розміщена під кутом до осі симетрії диска (4). На робочу поверхню диска (4) нанесено шар зі зносостійкої матерії (8) у вигляді виступів та западин. Корпус плуга працює ось таким чином. При заглибленні корпусу плуга та його переміщенні у ґрунті, диски (4) за рахунок дотичної складової сили реакції ґрунту обертаються та переміщують ґрунт на відвал (2). Тоді як носок (7) леміша (3) виконує функції чистика диска (4), що виключає налипання ґрунту на поверхню диска (4), тим самим мінімізуючи тяговий опір корпусу плуга. Окрім того, сукупне розташування леміша (3) та відвалу (2) забезпечує більш посилене кришення пласта, за рахунок чого підвищується якість кришення ґрунту. Наявність шару зносостійкої матерії (8) збільшує ресурс найбільш навантажених елементів.

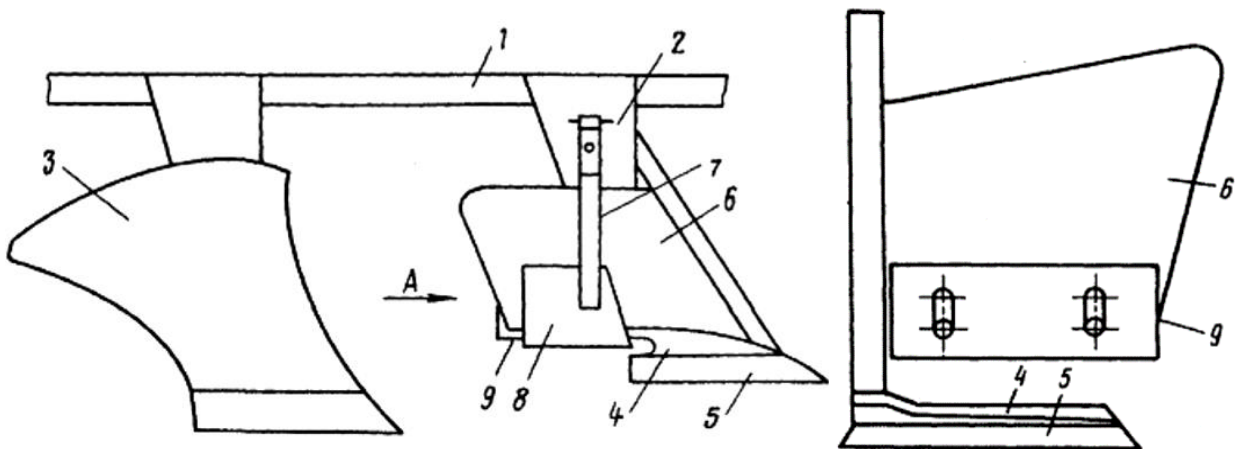


Рис. 1.7 Двоярусний плуг [12]

Двоярусний плуг (рис. 1.7) має раму (1), плужний корпус верхнього ярусу (2) та плужний корпус нижнього ярусу (3). Плужний корпус верхнього ярусу (2) складається з горизонтальної пластини (4), встановленої між лемішем (5) і полицею (6), та вертикальний криволінійний щиток (7), прикріплений до стояку (8) за допомогою підпружиненого кронштейна зі сторони п'яти (10) леміша (5) при цьому утворюючи щитка (7) паралельні утворюючим полиці (6). Зпереду полицею (6) зі сторони його польового зрізу встановлений ніж (11).

Під час руху корпус верхнього ярусу (2) підрізає продуктивний пласт ґрунту вертикально ножем (11), горизонтально - лемішем (5). Відрізаний пласт надходить на горизонтальну пластину (4) та полицею (6) переміщується в борозну, яка створилася від попереднього проходу плуга. Переміщення пластини проходить з мінімальними деформаціями, так як зазор між полицею (6) та щитком (7) відповідає ширині відрізаного пласту, при цьому щиток (7) запобігає падінню пласта на бік та його руйнуванню. Монтаж щитка (7) на підпружиненому кронштейні (9) виключає забивання пласта в просторі між полицею (6) і щитком (7). Корпус (3) зрізає пласт Б, що містить природний меліорант, переміщує його на верх та ложить на пласт. За для проходу першої борозни перед початком роботи застосовується стандартний плантажний плуг.

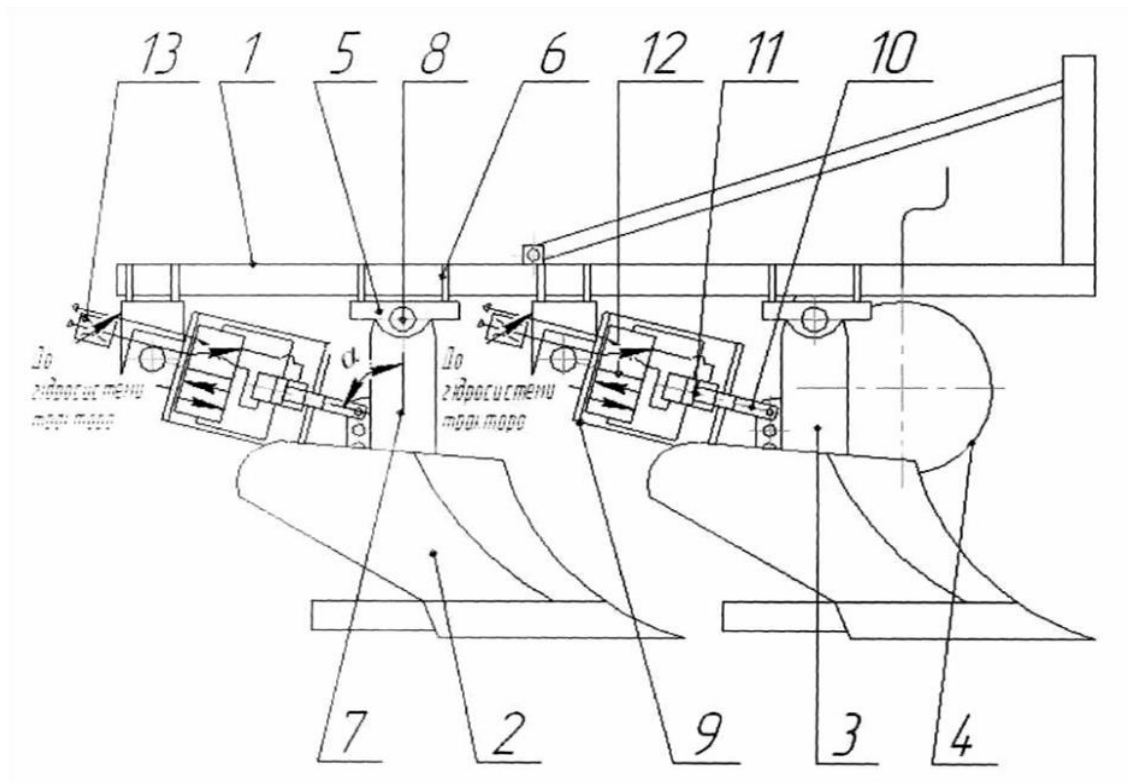


Рис. 1.8 Віброплуг [9]

Будова віброплуга (рис. 1.8): рама (1), корпус (2), стійка корпуса (3), опорне колесо (4). Стійка кожного з корпусів розрізана на дві частини, які шарнірно з'єднані між собою. Верхня частина стійки (5) – з'єднана хомутом (6) до рами плуга (1), а нижня (7) - з'єднана шарнірно (8). На рамі плуга (1), під змінним кутом, пріпиться вібратор (9), який штоком (10) з'єднаний з нижньою частиною стійки корпуса (7). Зміна амплітуди вібрації досягається зміною кута α , який регулюється отворами в нижній частині стійки. Вібратор (9) складається із поршня (11), який виготовлений разом зі штоком (10), та золотника (12). Порожнина вібратора (9) з'єднана з гідросистемою трактора. Дроселем (13) відбувається регулювання частоти коливань вібратора (9).

Перед стартом роботи, дроселем (13) установлюється частота коливань вібратора (9). Перестановкою штока вібратора (10) в змінні отвори нижньої частини стійки корпуса (7), установлюється кут і амплітуда вібрації, залежно від типу і стану ґрунту.

Під час оранки, олива від гідросистеми трактора під тиском нагнітається у нижню порожнину корпусу вібратора (9). А в цей час верхня порожнина корпусу вібратора (9) сполучена зі зливом. Поршень (11) разом із золотником (12) переміститься вгору. Олива під тиском подається під золотник (12). Золотник (12) рухається вгору відносно поршня (11), з'єднує верхню порожнину корпусу вібратора (9) із напірною лінією, а нижню порожнину корпусу вібратора (9) зі зливом. Поршень (11) рухається вниз. Верхня порожнина корпусу вібратора (9) з'єднується зі зливом. Золотник (12) переміщується вниз повторюючи процес зворотньо-поступального руху поршня (11).

Примусові коливання передаються нижній частині стійки (7) корпусу плуга (2) за допомогою штока (10), виготовленим разом з поршнем вібратора (11), у відповідності з фазами деформації та руйнування ґрунту. Нижня частина стійки (7) обертається навколо шарніра (8), таким чином верхня частина стійки (5), а отже і рама плуга (1) ізолювана від коливань.

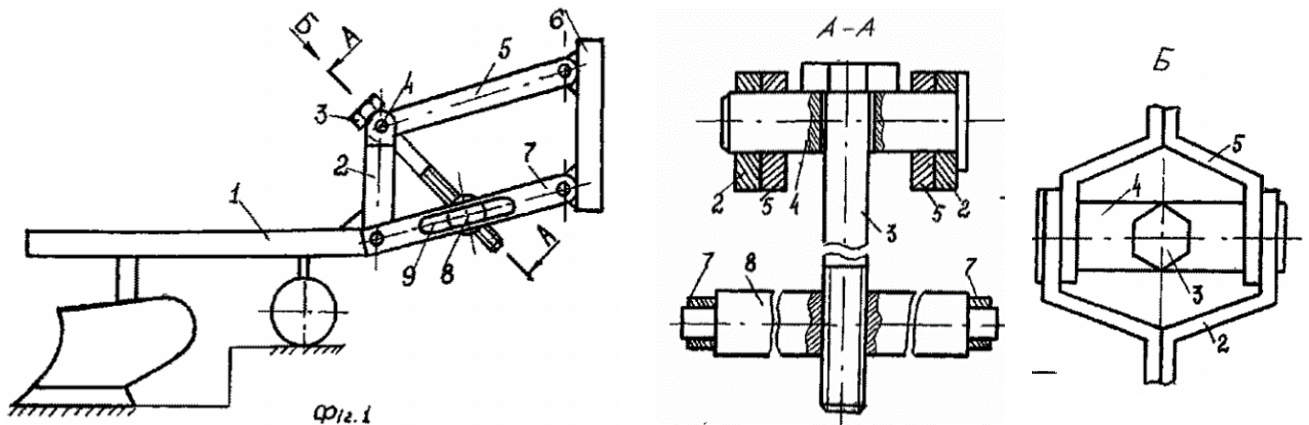


Рис. 1.9 Фронтальний плуг [1]

Фронтальний плуг має раму (1), на якій закріплено стояк (2). У верхній частині він шарнірно (за допомогою валу (4)) з'єднаний з додатковою центральною тягою (5), яка другим своїм кінцем за допомогою шарніра з'єднується із замком автоматичної зчипки (6).

До рами (1) також шарнірно кріпляться паралельні як між собою, так і по відношенню до центральної тяги (5), додаткові нижні тяги (7). Іншими своїми кінцями вони, як і центральна тяга, шарнірно з'єднуються із замком (6). Нижні тяги мають у своїй будові продовгуваті поздовжні пази (9), в яких розміщений вал (8). Середня його частина має різьбовий отвір через нього, а також через циліндричний отвір валу (4) проходить гвинт (3).

Центральна (5) і нижні (7) тяги, маючи однакову довжину, разом зі стояком (2) та замком (6) утворюють шарнірний паралелограм. Фронтальний плуг наструюється наступним чином. Знаряддя навішується на трикутник автоматичної зчіпки, з'єднаної з центральною і нижніми тягами ПНМ трактора. За для збільшення вертикального навантаження на передньому мосту енергетичного засобу гвинт (3) провертають за годинниковою стрілкою. Вал (9) переміщається при цьому уверх (як гайка) по гвинту (3) та ліворуч (як повзун) по пазах (9) нижніх тяг (7). Таким чином останні повертаються проти годинникової стрілки та піднімають уверх замок та трикутник автоматичної зчіпки. Трикутник встановлює центральну і нижні тяги ПНМ трактора у таке положення, яке сприяє підвищенню вертикального навантаження на його передньому мосту. Так як це приводить до збільшення зчіпної маси, то в кінцевому результаті мінімізується буксування рушіїв трактора та питомі витрати палива, поліпшується керованість та стійкість його руху.

Ярусний плуг (рис. 1.10) складається з начіпного пристрою (1), раму (2) з встановленим на ній опорним колесом (6), корпусами верхнього (3) та нижнього (4) ярусів, у напрямку руху перед кожним корпусом (3) верхнього ярусу розміщено конструктивно дисковий подрібнювач (5), вісь (7), якого встановлено паралельно до леміша (8) корпусу (3) верхнього ярусу, а ширина захвату дискового

подрібнювача (5) однакова ширині захвату корпусу (3) нижнього ярусу.

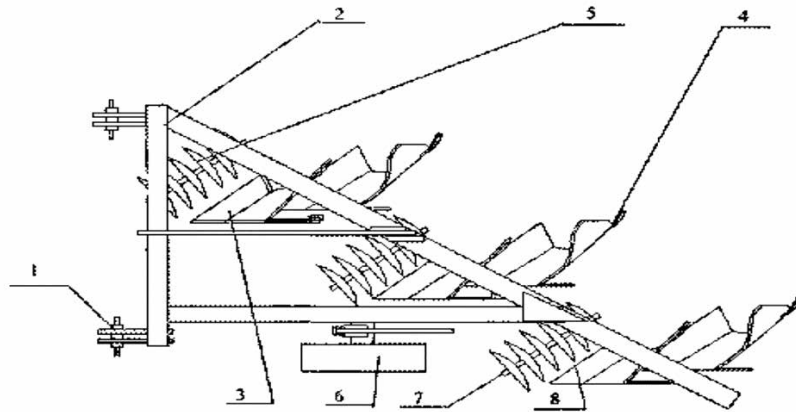


Рис. 1.10 Ярусний плуг [11]

Під час руху плуга дискові подрібнювачі (5) подрібнюють та частково приорюють рослини сидеральної культури. Розміщені за дисковими подрібнювачами (5) у напрямку руху корпуси (3) верхнього ярусу зрізають верхню скибу ґрунту разом з рослинною масою, яка знаходиться на ній, обертають, розпушують і укладають на дно повної борозни, яка утворилася попереднім корпусом (4) нижнього ярусу. Затім корпус (4) нижнього ярусу зрізає нижню, відділену від рослинних решток, скибу ґрунту, обертає, розпушує та ложить її на перевернуту раніше верхню скибу, остаточно завершуючи процес заорювання сидеральної культури.

Конструкція корпусу плуга (рис. 1.11) складається з леміша (1), полиці (2) та польової дошки (3), які з'єднані з відливом стояка (4). Причому, леміш (1) приєднано до відливу стояка (4) через з'єднувальні елементи (5) у вигляді плоских пружин, які можуть забезпечити переміщення леміша (1) у 2-ох взаємно перпендикулярних площинах. Окрім того, з'єднувальні елементи (5) одним кінцем закріплено на леміші (1), а іншим до відливу стояка (4) через конструктивно виконане в ньому компенсаційне вікно (6). Корпус плуга працює ось таким чином.

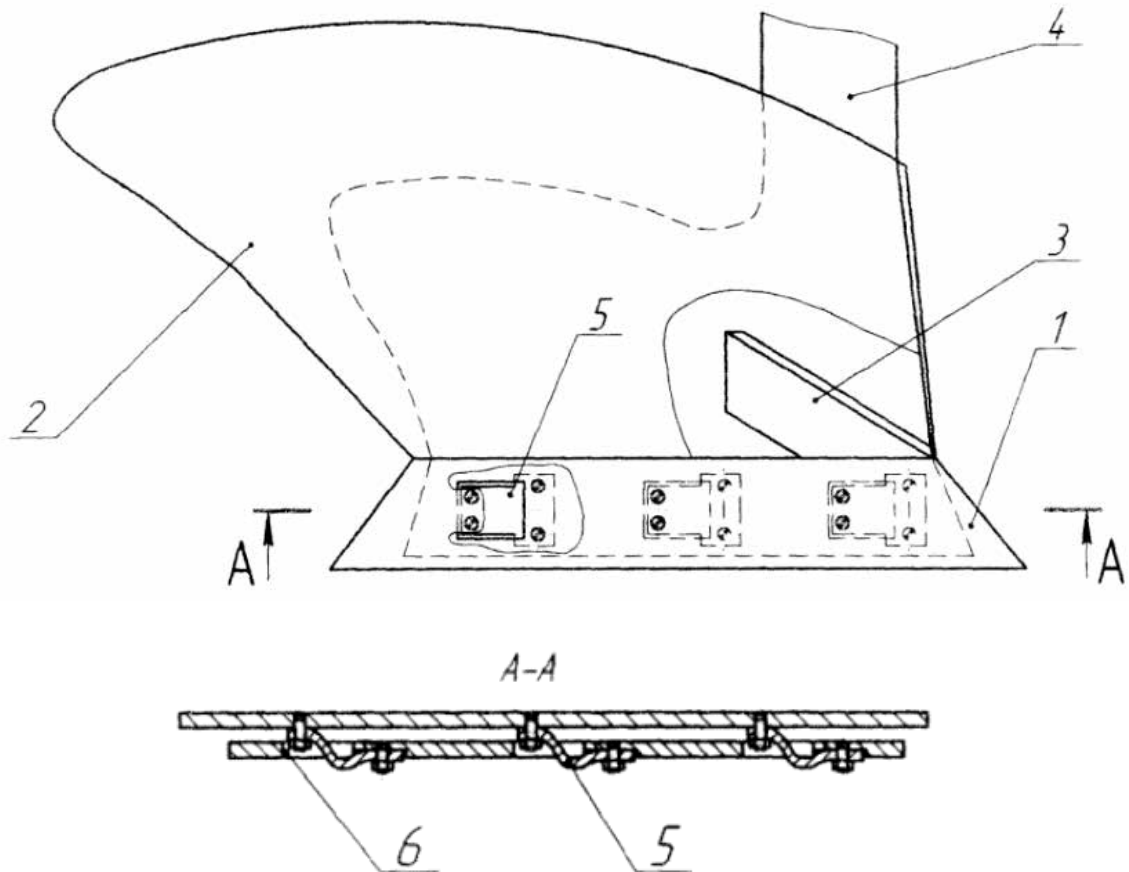


Рис. 1.11 Корпус плуга з підпружиненим лемішем [6]

У розвантаженому стані, коли технологічний процес не здійснюється, так як немає тиску пласта ґрунту на поверхню леміша (1), приєднувальні елементи (5) як плоскі пружини відводять його вгору та вперед (за заданою траєкторією руху цих елементів). А коли йде виконання технологічного процесу, то тиск пласту ґрунту на поверхню леміша (1) створює силу, деформуючи приєднувальні елементи (5), переміщаючи леміш (1) до відливу стояка (4). При цьому з'єднувальні елементи (5) ховаються у виконаних компенсаційних вікна (6), не створюючи зазору між лемішем (1) та відливом стояка (4).

Так як руйнування або сколювання пласта ґрунту - це процес циклічний, тобто йде нарощування та розвиток тріщин в елементарній скибі до повного руйнування (відділення від

основного пласта). Це відбувається на невеликій відстані під час переміщені корпуса плуга в орному шарі. Відстань ця залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, технічного стану леміша (1) і т.д. Цей процес потім повторюється.

В плані створення тиску пластом ґрунту це виглядає так. При стисканні пласта (зародження і розвиток тріщин) сила дії леміша 1 на приєднувальні елементи 5 зростає, переміщуючи їх у компенсаційні вікна 6, при цьому і леміш 1 переміщається до відливу стояка 4. Коли ж настає момент критичного розвитку тріщин ця елементарна скиба руйнується, а тиск зовнішнього пласта різко падає. В той момент за рахунок сил пружності приєднувальних елементів 5 відбувається зворотний рух леміша 1 в "миттєво розріджений" або псевдорозріджений шар ґрунту. Леміш 1 набирає високої швидкості, оскільки опір ґрунту є мінімальним. За час його "вільного" переміщення машина (орний агрегат) теж проходить певну відстань і тому закінчення цього руху супроводжується співударенням розігнаного леміша 1 з новою елементарною скибою. Далі тиск пласта ґрунту зростає, деформуються пружні приєднувальні елементи 5, переміщуючи леміш 1; настає руйнування елементарної скиби; знову леміш 1 відводиться пружними приєднувальними елементами 5 і т.д. Тобто проходить почергове накопичення і перетворення потенціальної енергії деформації пружних приєднувальних елементів 5 в кінетичну енергію леміша 1, яка витрачається на процес деформування і, відповідно, руйнування пласта ґрунту.

Якщо цей процес розглядати на макрорівні, то леміш 1 здійснюватиме вібраційний рух, який збуджується почерговим руйнуванням елементарних скиб пласта ґрунту. Такий рух леміша 1 дозволить покращити процес його самоочищення від рослинних решток чи налипання частинок ґрунту за рахунок різниці

швидкостей точок його робочої поверхні та відповідних точок тих об'єктів, які з ним контактують.

Корпус плуга (рис. 1.12) складається із стійки 1, полиці 2, лемеша 3 і польової дошки 5, що закріплена шарнірно і спирається на гумовий демпфер 6. Між полицею 2 і стійкою 1 встановлені пружні елементи 4. Робочий орган працює в такий спосіб. Заглиблений у ґрунт корпус плуга лемешем 3 підрізає і частково кришить пласт ґрунту, а відвалом 2 здійснює подальше кришення, обертання і вкладання пласта в борозну. Завдяки наявності пружних елементів 4 на полицю стохастичні автоколивання, які збуджуються при переміщенні робочого органа. Автоколивання покращують процес обертання і кришення шару ґрунту, зменшується сила опору, що діє на полицю, тим самим зменшується загальний тяговий опір агрегату.

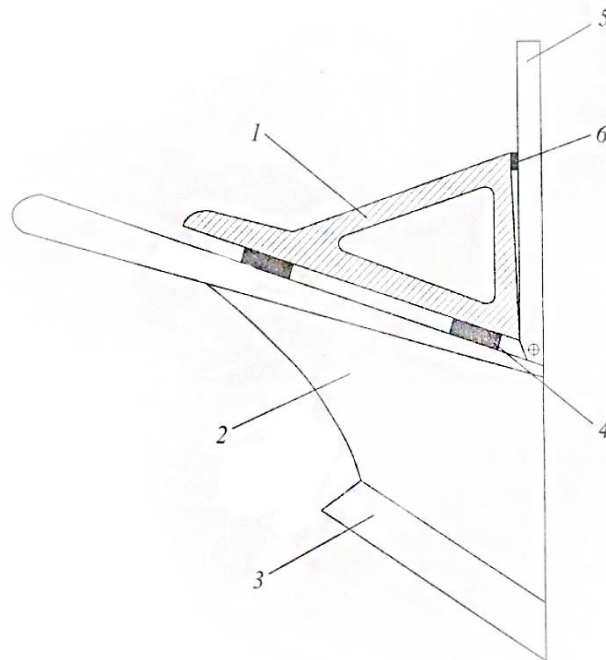


Рис. 1.12 Корпус плуга з підпружиненою польовою дошкою [5]

Корпус плуга (рис. 1.13) містить стійку 1, леміш 3, відвал 5, польову дошку 4, деталі кріплення 2. Відмінність корисної моделі

від прототипу полягає в тому, що на поверхні відвала 5 у напрямі руху пласта проштамповані отвори 6, діаметр яких збільшується від лемеша вгору з одночасним зменшенням відстані між ними, а також на хвостовику відвала виштампувані 35 різальні зубці клиноподібної форми 7, які відігнуті під кутом 90° до поверхні відвала.

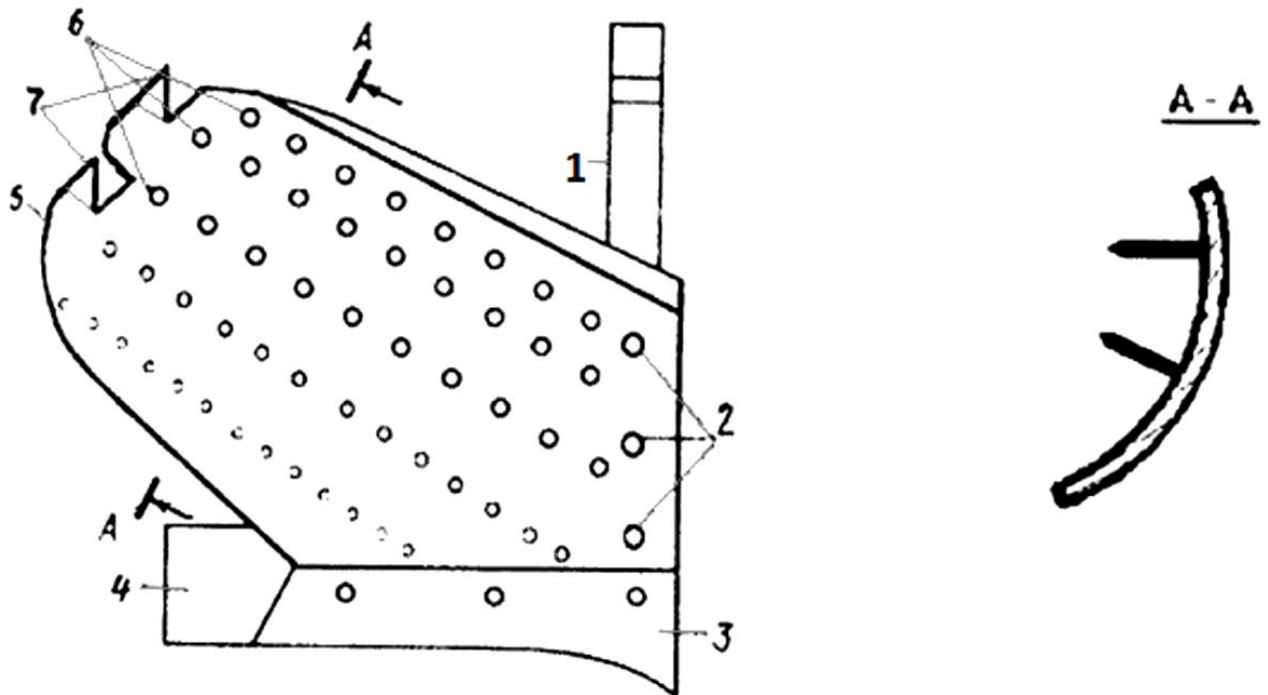


Рис. 1.13 Корпус плуга [4]

Корпус плуга працює наступним чином: при русі пласта по поверхні відвала виникає мінімальне тертя за рахунок того, що повітря з-під наскрізних отворів попадає між пластом і відвалом. Це зменшує силу прилипання (адгезію) пласта і тим самим тертя пласта по поверхні відвала. Особливо ефект зменшення прилипання пласта до відвала виявляється на 40 перезволожених і мокрих ґрунтах при весняній та осінній оранках.

Для функціонування енергетичного засобу (трактора) з плугом (рис. 1.14) з гнучкою бороною та з голчастими дисками задіяні трактор 1, механізм навіски 2, передні опори 3, передня плита 4, 5 опорне колесо 5, гряділь 6, ножі 7, хребтова балка 8, плужні корпуси

9, голчасті диски 10, додаткова балка 11, задні опори 12, ланцюговий модуль 13, задня плита 14. До гряділя 6 хребтової балки 8 жорстко прикріплена втулка, в отвір якої вільно входить і фіксується за допомогою стопорного болта в певному положенні стійка опорного колеса 5.

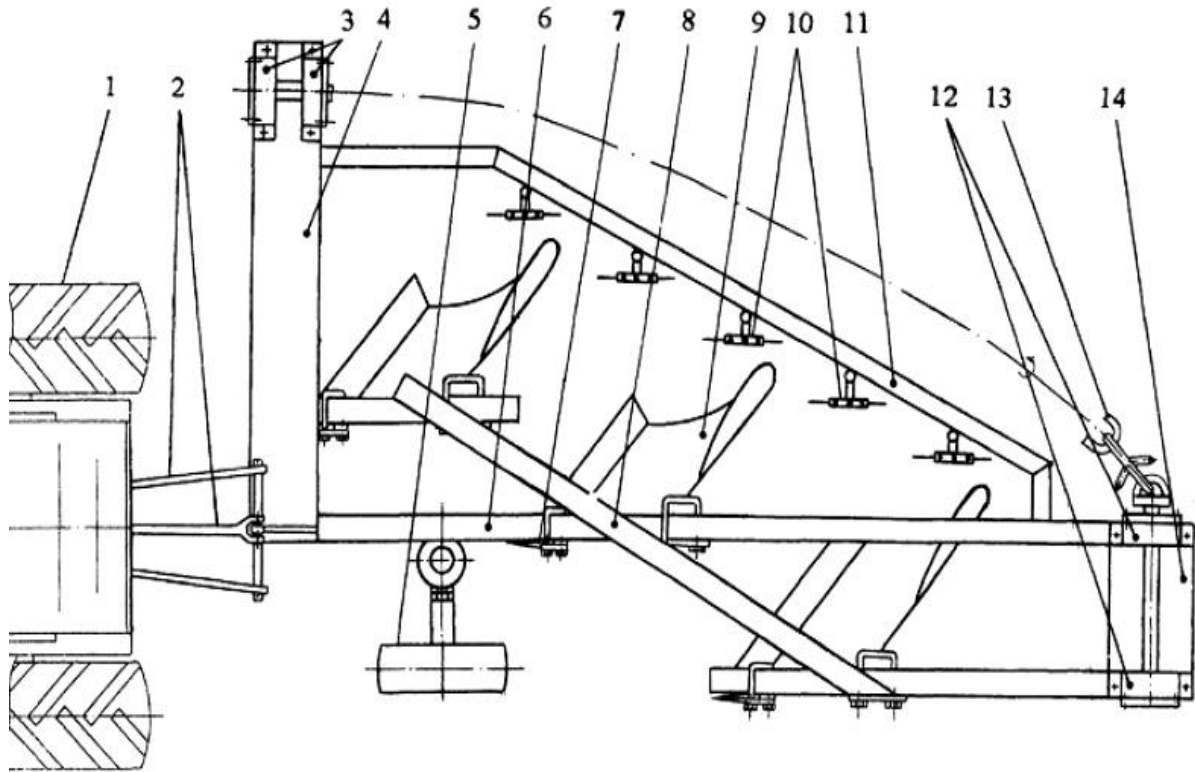


Рис. 1.14 Плуг з гнучкою бороною та з голчастими дисками [3]

Задній вал сидить вільно на задніх опорах 12, наприклад, корпусах підшипників, які жорстко 10 встановлені на задній плиті 14, яка кріпиться на гряділях 6 хребтової балки 8. До вихідного кінця заднього вала прикріплений один кінець ланцюгового модуля 13, другий кінець якого прикріплений до переднього вала, який сидить вільно на передніх опорах 3, наприклад, корпусах підшипників, які жорстко встановлені на передній плиті 4, яка кріпиться на гряділях 6 хребтової балки 8. На гряділях 6 хребтової балки 8 кріпляться також ножі 7 і плужні корпуси 9. До передньої плити 4 одним кінцем і до гряділя 6 другим кінцем кріпиться,

наприклад, приварюється, додаткова балка 11, до якої жорстко прикріплені втулки, в отвір кожної з яких вільно входить і фіксується за допомогою стопорного болта в певному положенні стійка, до якої вільно кріпиться голчастий диск 10.

Даний плуг з гнучкою бороною та з голчастими дисками за допомогою механізму навіски 2 приєднується до трактора 1. Плуг з гнучкою бороною та з голчастими дисками працює таким чином. Перед початком роботи в залежності від зовнішніх умов встановлюють необхідну висоту опорного колеса 5 і, відповідно, необхідну глибину занурення плужних корпусів 9 в ґрунт. Встановлюється необхідна глибина занурення в ґрунт голчастих дисків 10. Також голчасті диски 10 встановлюються таким чином, що вони обертаються в площині, що співпадає з напрямком руху агрегата. Далі механізмом навіски 2 трактора 1 плуг з бороною гнучкою та з голчастими дисками опускається на ґрунт і агрегат починає рухатись. При русі агрегата за рахунок зчеплення з ґрунтом і його реакцій ланцюговий модуль 13 і голчасті диски 10 починають обертатись. Також при русі агрегату скиби ґрунту від плужних корпусів 9 починають потрапляти на голчасті диски 10, де вони частково руйнуються і після цього далі потрапляють до ланцюгового модуля 13, де відбувається їх кінцеве руйнування.

Таким чином, відбувається інтенсивний обробіток (подрібнення, розпушування) скиб ґрунту, які потрапляють до голчастих дисків 10 і ланцюгового модуля 13 від плужних корпусів 9. Оскільки голчасті диски 10 обертаються в площині, що співпадає з напрямком руху агрегату, то вони створюють реакції, які дещо компенсують бокові реакції від плужних корпусів 9 та від ланцюгового модуля 13 і ця обставина сприяє стабілізації напрямку руху агрегату. Встановлення голчастих дисків 10 між плужними корпусами 9 і ланцюговим модулем 13 забезпечує додаткове руйнування скиб ґрунту, зменшує

налипання вологого ґрунту і забивання ланок і зубів рослинними рештками, полегшує самоочищення всіх робочих органів, зменшує негативні бокові реакції і, відповідно, сприяє підвищенню тягового зусилля агрегату.

Корпус плуга (рис. 1.15) складається з польової дошки 1, відвалу 2, лемеша 3 і стійки 4. В лемеші 3 виконані отвори 5, до яких, з внутрішньої сторони, приєднані трубки 6, що з'єднані з розподільником 7. Розподільник 7 жорстко приєднується до штуцера 8, на який вставляється шланг 9 для стиснутого повітря.

При русі корпус плуга відокремлює ріжучою кромкою лемеша 3 з отворами 5 і польовою дошкою 1, відвалом 2, що закріплені на стійці 4, пласт від ґрунту, піднімає його, зміщує вперед і в бік пахоти лемішно-полицевою поверхнею і укладає в борозну. В отвори 5 подається стиснуте повітря, яке проходить по трубках 6 через розподільник 7 і штуцер 8. В штуцер 8 вставлений шланг 9, який під'єднаний через ресивер до компресора, що приводиться в дію від вала відбору потужності трактора, таким чином у системі створюється стиснуте повітря.

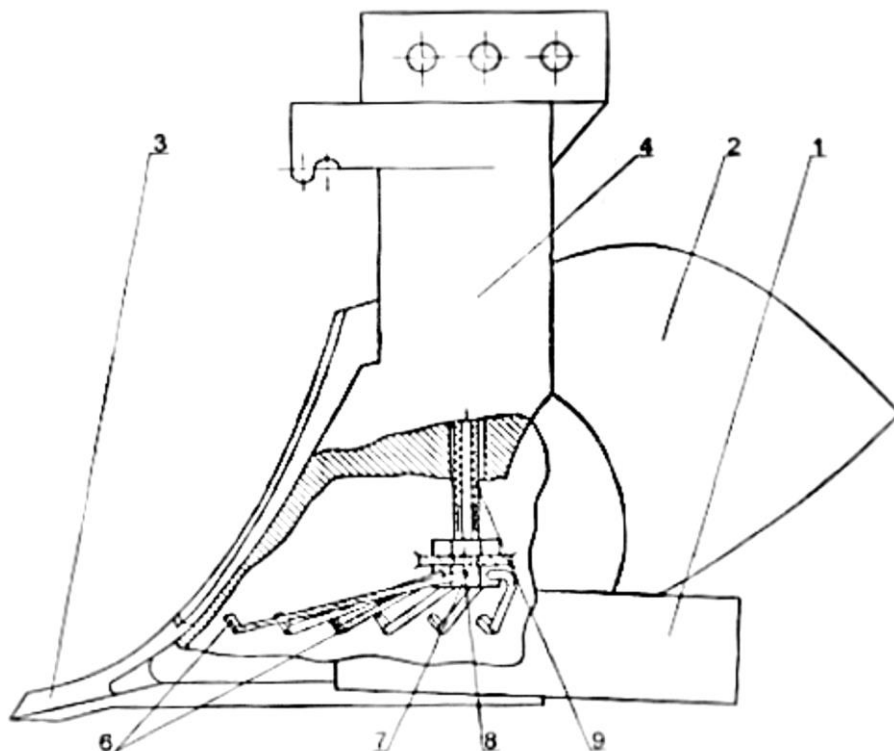


Рис. 1.15 Корпус плуга [2]

В період роботи корпусу плуга стиснуте повітря створює повітряний прошарок і тим самим зменшує коефіцієнт тертя між ґрунтом і поверхнею леміш-полиця та виключає налипання ґрунту на робочій поверхні корпусу плуга. Це дозволить збільшити швидкість агрегату і кількість корпусів плугів при обробці, та покращить фізичні показники ґрунту.

1.3 Огляд існуючих конструкцій плугів

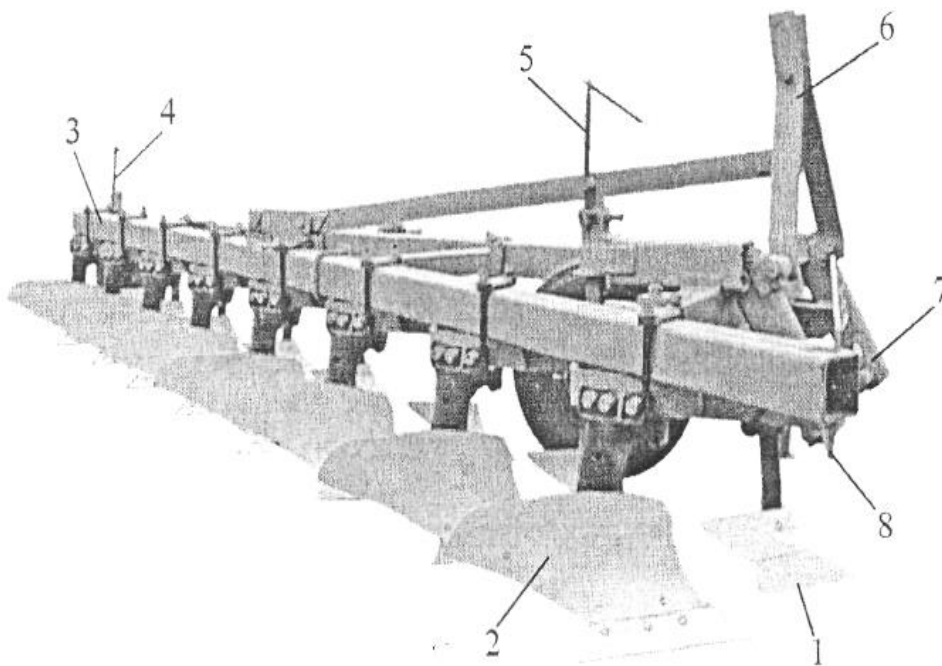


Рис. 1.16 Плуг ПЛН-8-40

1 – передплужник; 2 – корпус плуга; 3 – рама; 4 – гвинтовий механізм заднього опорного колеса; 5 – гвинтовий механізм переднього опорного колеса; 6 – начіпний пристрій; 7 – кронштейн; 8 – підставка.

Плуг восьмикорпусний навісний призначений для оранки ґрунту підзернові і технічні культури на глибину до 30см не засміченого камінням, плитняком, іншими перешкодами, з питомим опором до 0,09Мпа і твердістю до 4,0Мпа.

Технічна характеристика:

Плуг агрегується з тракторами : К - 700 , К - 700А

Ширина захвату корпусу - 40 см

Ширина захвату плуга - 3,2 м

Глибина оранки - 20-30 см.

Продуктивність - 2,24-2,88 га /год

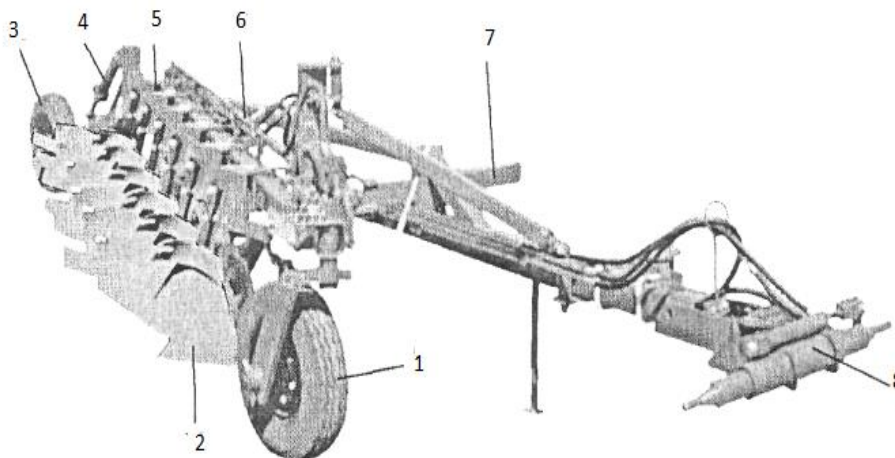


Рис. 1.17 Плуг ПНУ-6-40

1 – переднє опорне колесо; 2 – корпус з кутознімачем; 3 – заднє опорне колесо;
4 – гідроциліндр; 5 – рама; 6 – механізм регулювання ширини захвату плуга;
7 – поперечна вісь; 8 – начіпний пристрій.

Плуг шестикорпусний напівнавісний універсальний з регульованою шириною захвату призначений для оранки ґрунту під зернові та технічні культури на глибину до 35 см, не засміченого камінням, плитняком та іншими перепонами, з питомим опором до 0,09 МПа і твердістю до 4,0 МПа. Плуг агрегується з тракторами потужністю 160-200 к. с.

Технічна характеристика:

Агрегатують з тракторами потужністю 118-147 кВт.

Ширина захвату корпусу - 350-500 мм

Ширина захвату плуга - 2,1-3,0 м

Глибина оранки - 18-35 см.

Продуктивність - 1,6-2,4 га/год.

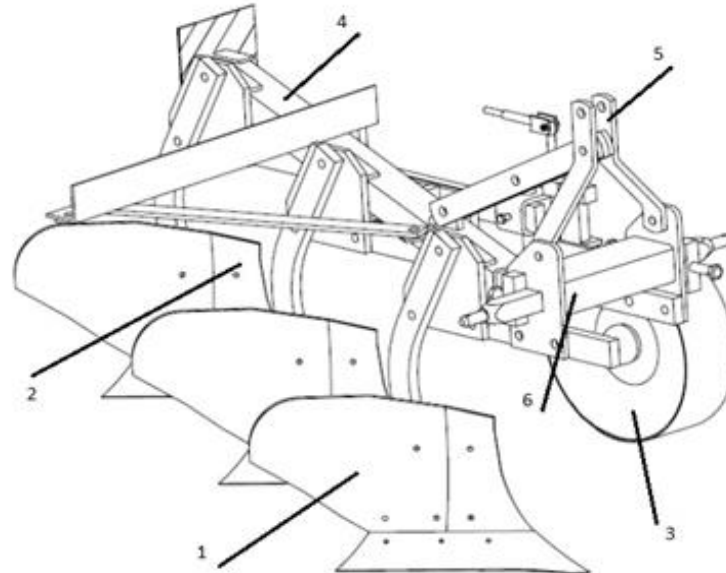


Рис. 1.18ПМУ-3-40

1 – корпус плуга; 2 – кутознімач; 3 – опорне колесо з гвинтовим механізмом;
4 – рама; 5 – начіпний пристрій; 6 – вісь з цапфами

Плуг модульний універсальний навісної з регульованою шириною захвату призначений для оранки під зернові й технічні культури на глибину до 30 див ґрунтів, не засмічених каменями, плитняком і іншими перешкодами, з питомим опором ґрунту до 0,09 Мпа й твердістю до 4,0 Мпа. Агрегується із тракторами: МТЗ-82, ЮМЗ-82. централізована установка робочої ширини захвату від 35 до 45 см на кожний корпус; при кожній зміні робочої ширини захвату автоматичне припасування всіх інших робочих органів, а так само опорного колеса до нової робочої ширини; стійки корпусів постачені зрізним запобіжником; збільшений просвіт під рамою виключає забивання плуга на засмічених полях.

Технічна характеристика:

Плуг агрегується з тракторами: МТЗ-80; Т-150

Ширина захвату корпусу - 350-450 мм.

Ширина захвату плуга - 1,05-1,35 м.

Глибина оранки 18-30 см.

Продуктивність - 0,84-1,08 га/год.

Маса плуга – 535 кг.

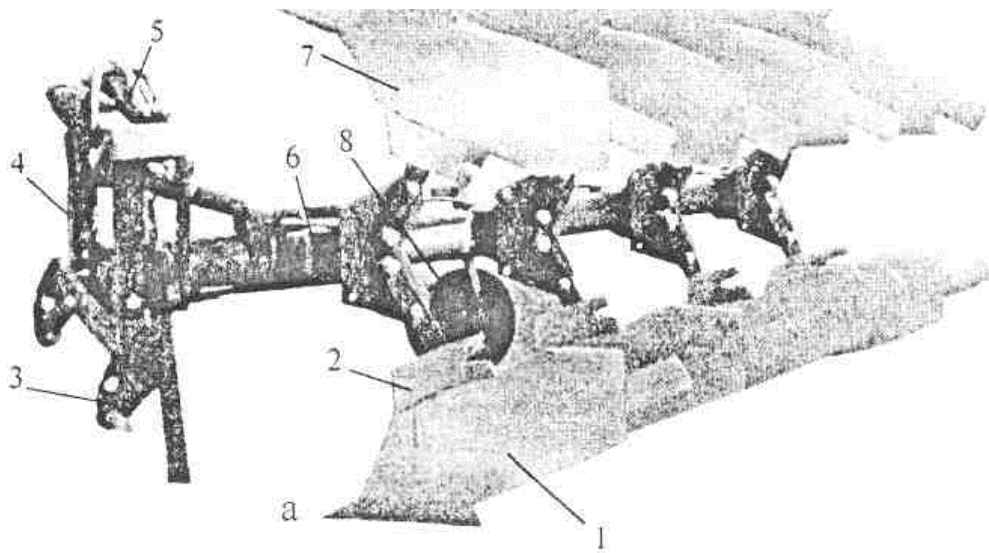


Рис. 1.19 Плуг ПО-4-40

1 – корпус лівого обертання; 2 – кутознімач; 3 – кронштейн; 4 – начіпний пристрій; 5 – механізм повороту; 6 – рама; 7 – корпус правого обертання; 8 – опорне колесо.

Плуг чотирьокорпусний обертовий навісний призначений для гладкої оранки ґрунту (під зернові та технічні культури, на глибину до 30 см), не засміченого камінням, плитняком та іншими перепонами, з питомим опором до 0,09 МПа і твердістю до 3,5 МПа. Плуг агрегується з тракторами Т-150К та ХТЗ-17021.

Технічна характеристика:

Плуг агрегується з тракторами: Т-150К, ХТЗ-17021 ХТЗ-161

Ширина захвату корпусу - 350-450мм.

Ширина захвату плуга – 1,4-1,8м.

Глибина оранки - 30 см.

Продуктивність - 0,98-1,8 га/год.

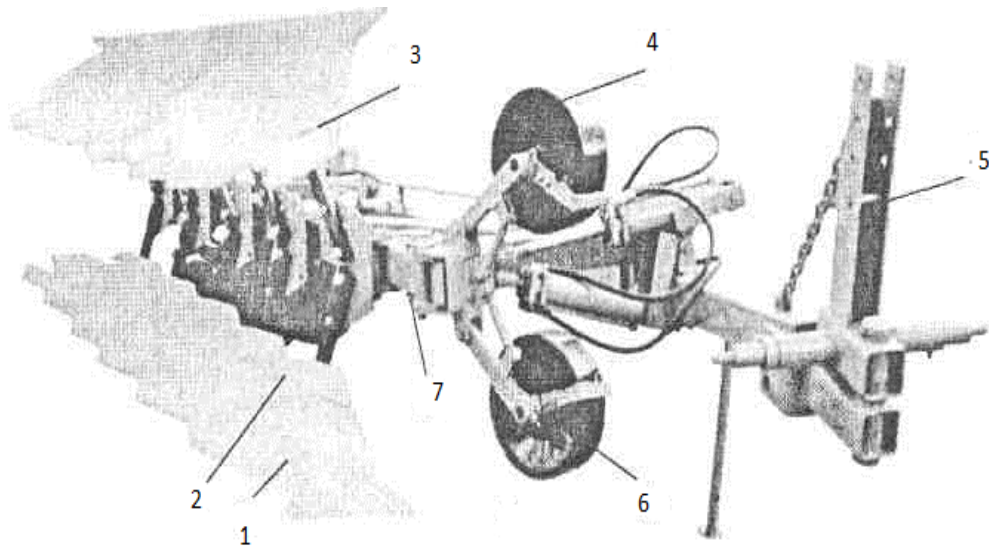


Рис. 1.20 Плуг ПОН-5-40

1 – корпус правого обертання; 2 – кутознімач; 3 – корпус лівого обертання;
4,6 - опорне колесо; 5 – начіпний пристрій; 7 – рама.

ПОН-5 (з регульованою шириною захвату) призначений для гладкої оранки на глибину до 30 см, що не засмічений камінням, плитняком та іншими включеннями ґрунтів, з питомим опором до 0,09 МПа. Гладка оранка дозволяє забезпечити обробку ґрунту без гребенів, звалищ і розвальних борозен, зручний для роботи сівалок, комбайнів, тракторів та іншої техніки. Відмінною особливістю цього плуга є східчаста регульована ширина захвату корпусу з 4-ма положеннями 28, 32, 36 і 40 см. Вологість ґрунту 12-23%.

Технічна характеристика:

Плуг агрегатується з тракторами: Т-150К, ХТЗ-17021 ХТЗ-161

Ширина захвату корпусу - 350-480мм.

Ширина захвату плуга - 1,75-2,4 м.

Глибина оранки - 35 см.

Продуктивність - 0,98-1,8 га/год.

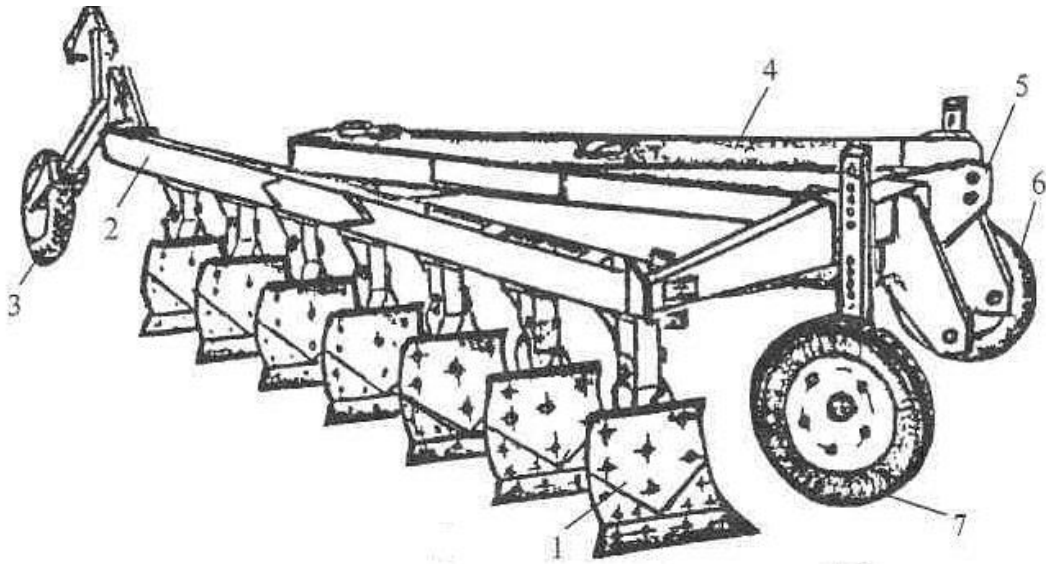


Рис. 1.21 Плуг ППН – 7-45

1 – корпус; 2 – рама плуга; 3,6,7 – опорні колеса; 4 – нерухома рама;
5 – начіпний пристрій.

Плуг поворотний напівнавісний призначений для рівної оранки ґрунту під посів зернових та технічних культур. Плуг складається з: рами основної; рами додаткової; робочих органів; опорних коліс; гідравлічної системи навісного пристрою. Рама основна складається з двох зварених між собою балок. Балки – прямокутного перетину розміром (100 x 200) мм. До основної рами за допомогою зварних з'єднань приєднані кронштейни для кріплення на них корпусів та заднього опорного колеса, а також встановлена поворотна вісь, за допомогою якої кріпиться додаткова рама. Спереду на основній рамі встановлені дві втулки. Додаткова рама являє собою зварну конструкцію прямокутного перетину розміром (100x200) мм. За допомогою зварних з'єднань закріплені кронштейни для приєднання гідроциліндра і передніх опорних коліс. Передні колеса і заднє опорне колесо – на пневматичному ході марки 6.50/88*16. Заднє опорне колесо обладнано гвинтовим механізмом регулювання глибини обробітку ґрунту. Гідравлічна система складається з гідроциліндра та рукавів високого тиску і слугує для переведення корпусів з транспортного положення в робоче і навпаки. Робочі органи плуга – сім корпусів, які

складаються із стояка, башмака, однієї полиці, двох груднин полиці та одного лемеша.

Технічна характеристика:

Плуг агрегується з тракторами класу : 5,0.

Ширина захвату корпусу - 45 см

Ширина захвату плуга - 3,3 м

Глибина оранки – 26,5 см.

Продуктивність - 2,8 га /год

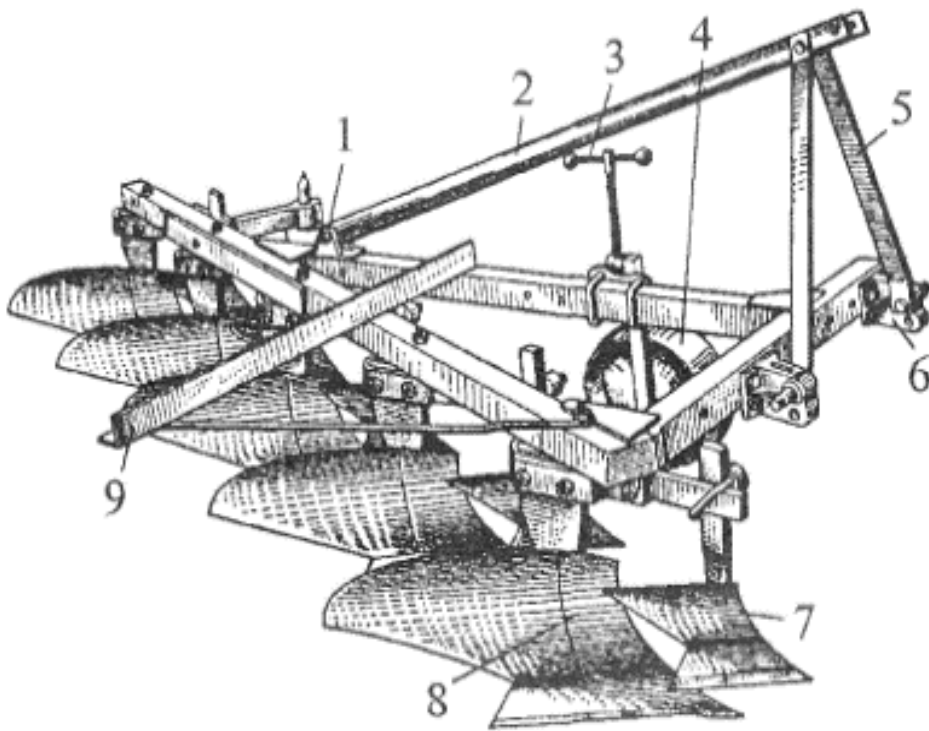


Рис. 1.22 Плуг ПЛН – 5-35

1 – рама; 2 – розкіс; 3 – гвинт; 4 – опорне колесо; 5 – стояк; 6 – кронштейн;
7 – передплужник; 8 – корпус; 9 – причіпний пристрій для борін

Призначені для оранки різних ґрунтів після збирання зернових, технічних культур, багаторічних трав на глибину 18-30 см. Універсальні корпуси забезпечують відвальний обробіток ґрунту на швидкостях, характерних для сучасних тракторів. Робочі органи оснащені змінними елементами (лемеші,

відвали і т.д.), що уніфіковані для всіх плугів загального призначення. Агрегатуються з тракторами класів від 0,6 до 5.

Технічна характеристика:

Плуг агрегатується з тракторами класу : 3,0.

Ширина захвату корпусу - 35 см

Ширина захвату плуга - 1,75 м

Глибина оранки – 30 см.

Продуктивність – 0,8 – 1,4 га /год

РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПЛУГА ПЛН - 3- 35

2.1 Агротехнічні вимоги та призначення плуга, що розробляється

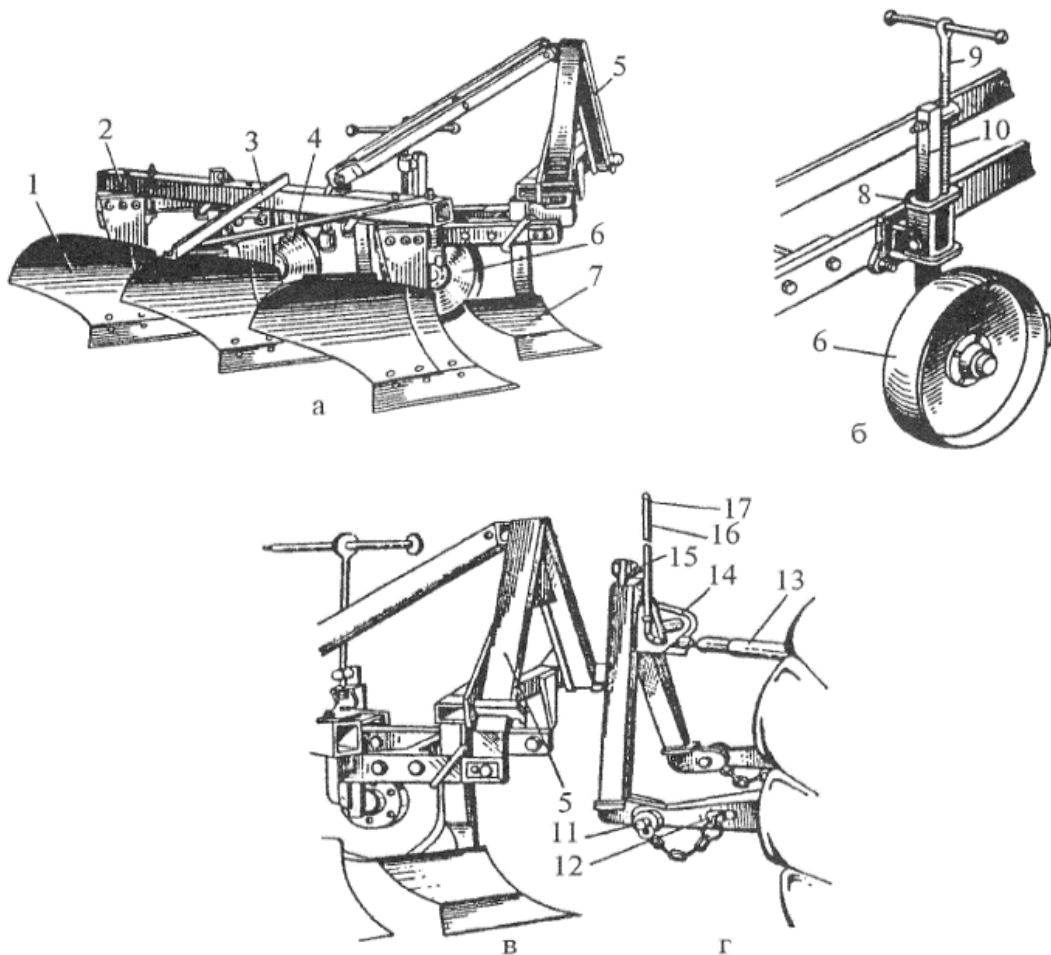


Рис. 2.1 Начіпні плуги :

а – ПЛН -3-35; б – опорне колесо з гвинтовим механізмом; в – замок СА-1; г – рамка начіпного механізму; 1 – корпус плуга; 2 – рама; 3 – причіп для борони; 4 – дисковий ніж; 5 – замок автозчіпки; 6 – опорне колесо; 7 – передплужник; 8 – кронштейн; 9 – гвинт; 10 – стійка; 11 – палець; 12 – нижня тяга начіпного механізму трактора; 13 – верхня тяга; 14 – заскочка; 15 – ролик; 16 – рукоятка; 17 – шнур

Плуг трьохкорпусний навісний ПЛН-3-35 (рис. 2.1) призначений для оранки під зернові і технічні культури на глибину до 30 см різних ґрунтів, не засмічених камінням, плитняком та іншими перешкодами, з питомим опором до 0,09 МПа (0,9 кг/см²).

Плуг призначений для використання при позитивній температурі ґрунту. Плуг агрегується з тракторами класу 1,4 (МТЗ-80, МТЗ-82) та комплектується корпусами з культурною робочою поверхнею і кутознімач для роботи на швидкостях 7-9 км/ч. Плуг може застосовуватися на полях із нахилом до 80.

Плуг (рис. 2.2) складається з наступних основних складальних одиниць: навісного пристрою 1, рами 2, опорного колеса 3, плужних корпусів 4. Рама плуга являє собою зварену конструкцію з труб квадратного перерізу, утвореного з куточків зварених між собою і посилених в місцях з'єднання накладними косинками з листової сталі.

Корпус з кутознімачем складається із стійки з черевиком, на якому кріпляться леміш 1, відвал 2, і польова дошка 3. Над верхньою частиною відвалу встановлений кутознімач 4, призначений для більш повної і глибокої закладення бур'янів та пожнивних залишків. Стійки 5 корпусів кріпляться до кронштейнів несучого бруса рами болтами.

Колесо опорне служить для встановлення і регулювання глибини оранки. Стійка колеса закріплюється в кронштейні встановленому на рамі з допомогою двох драбин. Регулювання глибини оранки здійснюється з по-міццю гвинтового пристрою.

Навісний пристрій служить для приєднання плуга до тягам заднього навісного пристрою трактора. Технологічний процес оранки виконується наступним чином. Корпус плуга з кутознімачем підрізає шар ґрунту лемешем і при русі агрегата підрізаний пласт переміщаючись по отвалу перевертається. Ґрунт при цьому кришиться і розсипається на пласт і дно борозни йде попереду корпусу. Кутознімач плужного корпусу скидає верх пласт з рослинними і пожнивними залишками на дно борозни під пласт основної маси ґрунту.



Рис. 2.2 Плуг навісний трьохкорпусний ПЛН-3-35 (вид спереду зліва).
1 – навісний пристрій; 2 – рама; 3 – опорне колесо; 4 – корпус.



Рис. 2.3 Плуг навісний трьохкорпусний ПЛН-3-35 (вид ззаду праворуч).

Табл. 2.1 Технологічна характеристика

| Показник | Значення показника | |
|---|--------------------|----------------------|
| | по ТУ | по даним випробувань |
| 1 | 2 | 3 |
| Тип виробу | Навісний | Навісний |
| Агрегується (тяговий клас и марка трактора) | Трактори класу 1,4 | МТЗ-82 |
| Робочі швидкості, км/ч | 7 – 9 | 7,5 - 8,8 |
| Ширина захвату, см: | | |
| - конструктивна | - | 105 |
| - робоча | 1,05 ±0,05 | 130 |
| Транспортна швидкість, км/ч | До 20 | До 20 |
| Продуктивність в час, га: | | |
| - основного часу | 0,73 – 0,94 | 1,0 |
| - експлуатаційного часу | 0,55 – 0,70 | 0,73 |
| Кількість обслуговуючого персоналу | 1 тракторист | 1 тракторист |
| Габаритні розміри машини, мм : | | |
| - довжина | 2590 ± 100 | 2520 |
| - ширина | 1380 ± 50 | 1400 |
| - висота | 1270 ± 50 | 1240 |
| Габаритні розміри агрегату, мм | | |
| в робочому положенні : | | |
| - довжина | - | 6630 |
| - ширина | Те ж | 1920 |
| - висота | -"- | 2765 |
| в транспортному положенні: | | |
| - довжина | -"- | 6480 |

Продовження табл.2.1

| | | |
|--|--------------|-------|
| - ширина | -" | 1920 |
| - висота | -" | 2765 |
| Дорожній просвіт, мм | Не менше 300 | 310 |
| Маса машини, кг: | | |
| - конструктивна | 467 ± 20 | 365 |
| - експлуатаційна | - | 365 |
| Розподіл маси по опорам, кг: | | |
| - передня вісь трактора | То же | 1020 |
| - задня вісь трактора | -" | 3070 |
| Мінімальний радіус повороту агрегату, м: | | |
| - по крайній зовнішній точці (зовнішній) | -" | 6,1 |
| - по сліду зовнішнього колеса (внутрішній) | -" | 4,6 |
| Необхідна ширина поворотної полоси, м | -" | 4,6 |
| Ширина колії трактора, мм | 1500 | 1400 |
| Межі регулювання робочих органів по глибині оранки, см | До 30 | До 30 |
| Трудоемкість дозбирання, чол.-г | Нема даних | 1,26 |
| Трудоемкість складання агрегату, чол.-г: | | |
| - для роботи | Те ж | 0,1 |
| - для транспортування | -" | 0,01 |
| Кількість точок мащення, всього | 2 | 2 |
| в тому числі: | | |
| - кожної зміни | Нема | Нема |
| - періодичні | Нема | Нема |
| - сезонні | 2 | 2 |
| Число сортів масел и змазок | 1 | 1 |

продовження табл.2.1

| <u>Другі показники які відповідають ТУ и НД</u> | | |
|---|---------------------|-------------------|
| <u>Кількість плужних корпусів, шт.</u> | <u>3</u> | <u>3</u> |
| <u>Тип робочої поверхні полиці</u> | <u>Культурний</u> | <u>Культурний</u> |
| <u>Відстань від опорної поверхні корпусів до нижньої площини рами, мм</u> | <u>Не менше 610</u> | <u>640</u> |
| <u>Ширина захвату корпуса конструкційна, см</u> | <u>35 ± 2</u> | <u>35</u> |
| <u>Відстань між корпусами по ходу агрегату, мм</u> | <u>790 ± 20</u> | <u>785 – 790</u> |
| <u>Колесо опорне:</u> | | |
| <u>- тип</u> | <u>Металеве</u> | <u>Металеве</u> |
| | | |
| <u>- діаметр колеса, мм</u> | <u>-</u> | <u>480</u> |
| <u>- ширина колеса, мм</u> | <u>Те ж</u> | <u>170</u> |

2.2 Теоретичні дослідження побудови поверхонь

Оскільки циліндроїдальна поверхня полиці корпуса плуга утворюється переміщенням твірної по одній чи двох направляючих кривих, тому для побудови твірних потрібно задати форму і розміщення в просторі двох направляючих кривих I-I і II-II, професор Н.В. Сладков в 1918 р. розробив цей графічний метод побудови циліндроїдальних полиць переміщенням горизонтальної твірної по двох направляючих параболах [**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**].

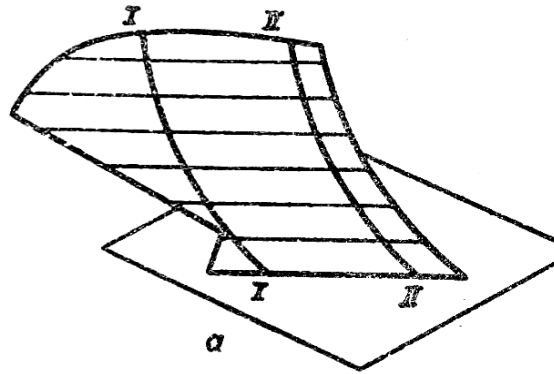


Рис. 2.4 Побудова лемішно-полицевої поверхні по методу Сладкова Н.В.

Пізніше Н.В. Щучкіним був розроблений метод побудови циліндроїдальної поверхні лемеша і полиці, згідно якого поверхня розміщена в системі координат $XOYZ$ (рис. 2.5) і утворюється переміщенням прямолінійної горизонтальної твірної DE по направляючій кривій BC , розміщеній в площині N , яка перпендикулярна лезу лемеша AB . Твірна DE утворює із стінкою борозни XOZ кут γ , цей кут змінюється від γ_0 для леза лемеша, яке являється нижньою твірною, до кута γ_n для верхньої твірної. Згідно методу запропонованого Шмельовим Б.М., всі твірні гвинтової поверхні паралельні вертикальній площині, перпендикулярній до стінки борозни. Ребро BO косої клина являється початковою твірною гелікоїда. Переміщуючи нижній кінець по направляючій BB_1 , паралельно стінки борозни, твірна обертається навколо цієї прямої і описує гвинтову поверхню $BOFB_1$. Передня частина поверхні – косий клин AOB з кутами $\beta=20^\circ$ і $\gamma=35-40^\circ$, середня частина поверхні $BOFB_1$ – гвинтова поверхня, задня частина – поверхня, утворена

переміщенням твірної по просторовій кривій змінної кривини B_1E .

Методи побудови робочих поверхонь полиць ґрунтообробних робочих органів:

- рівномірним обертанням і переміщенням кривої вертикального січення по сліду [Помилка! Джерело посилання не знайдено.];
- по одній направляючій кривій і заданому закону зміни кута твірної з стінкою борозни [Помилка! Джерело посилання не знайдено.];
- запропонований Московським інститутом інженерів сільськогосподарського виробництва [Помилка! Джерело посилання не знайдено.];
- професором Л.В. Гячевим [18] було виведено диференціальне рівняння траєкторії середньої точки пласту. В цьому рівнянні він визначає форму відносної траєкторії середньої точки пласту в залежності від таких факторів: ваги, в'язкості ґрунту, швидкості обробітку, сили стиснення пласту. В результаті верхньою границею траєкторії пласту, при необмеженому зростанні швидкості обробітку, являється одна з геодезичних ліній поверхні.
- Машинний алгоритм дослідження форми плужних корпусів. Для профілювання заданої поверхні складалася таблиця значень координат x , y , z , а також використовувався координатор системи Горячкіна. Вихідна поверхня представлена у вигляді дискретного каркасу точок. Щоб формалізувати її використовувався метод апроксимації, з допомогою якого відбувалося наближення заданого дискретного каркасу до будь-якої функції другого порядку [12].

Тищенко С.С. запропонував дві моделі поверхонь ґрунтообробних робочих органів [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]. Перша з них базується на двох кривих

$$\begin{aligned} (L_1) : x_1 &= x(u), y_1 = y(u), z_1 = z(u); \\ (L_2) : x_2 &= x(v), y_2 = y(v), z_2 = z(v), \end{aligned} \quad (1)$$

де u та v - деякі параметри, і в узагальненому вигляді має рівняння

$$\left| \begin{array}{c} Y_1 Z_1 \\ Y_2 Z_2 \end{array} \right|^2 + \left| \begin{array}{c} X_1 Z_1 \\ X_2 Z_2 \end{array} \right|^2 + \left| \begin{array}{c} X_1 Y_1 \\ X_2 Y_2 \end{array} \right|^2 = (X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2)(X_2^2 + Y_2^2 + Z_2^2)$$

де X, Y, Z - відповідні різниці координат початку та кінця вектора.

$$\begin{aligned} X_1 &= x_2 - x_1; & Y_1 &= y_2 - y_1; & Z_1 &= z_2 - z_1; \\ X_2 &= x_2' - x_1; & Y_2 &= y_2' - y_1; & Z_2 &= z_2' - z_1, \end{aligned}$$

а штрихом позначено першу похідну.

В якості кривих можуть виступати траєкторії руху ґрунту.

Друга модель базується на одній направляючій кривій і закону руху прямолінійної твірної. У цьому випадку прямолінійна твірна задається своїми проекціями

$$\begin{aligned} y &= p(u)x + c(u), \\ z &= q(u)x + d(u), \\ z &= \kappa(u)y + b(u), \end{aligned}$$

де величини $p(u), c(u), q(u), d(u), \kappa(u), b(u)$ є параметрами розміщення твірної і є функціями параметра u .

Направляюча крива задається у параметричному вигляді, і є також функціями параметра u

$$(L): x = x(u), y = y(u), z = z(u).$$

Прямолінійна твірна задається точкою інцидентності A з напрямною кривою та кутами нахилу γ на площині Oxy , кутом β на площині Oyz і кутом δ на площині Oxz (рис. 2.8 та рис. 2.9).

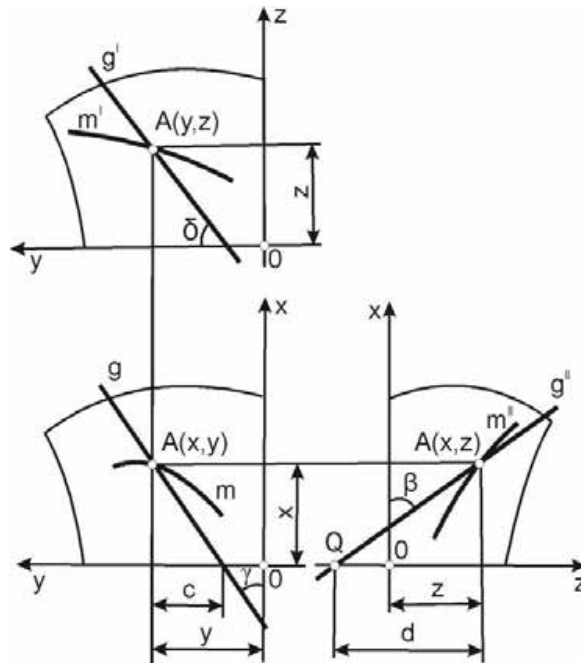


Рис. 2.8 Схема утворення поверхні за однією напрямною та законом руху твірної

Для утворення поверхні на параметри положення твірної накладається умова

$$\frac{dc(u)}{du} \cdot \frac{dp(u)}{du} - \frac{db(u)}{du} \cdot \frac{dk(u)}{du} = \lambda, \quad (2)$$

де λ - коефіцієнт кривини поверхні. Якщо $\lambda = 0$ то поверхня буде розгорнутою.

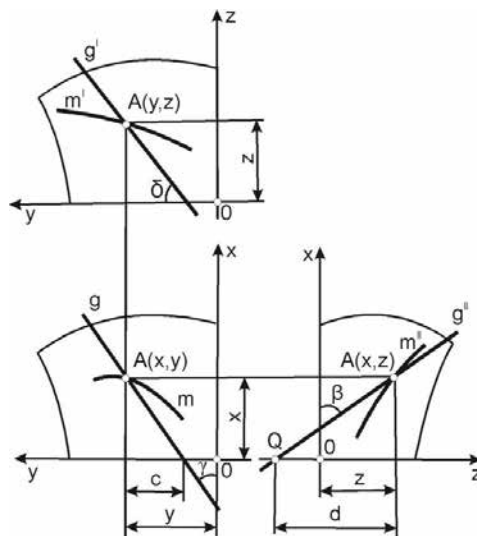


Рис. 2.9 Схема утворення поверхні за однією напрямною та законом руху твірної

Виходячи з умови (2) маємо диференціальне рівняння положення твірних

$$\frac{d}{du} \operatorname{tg} \beta(u) \left[\frac{dy(u)}{du} - \frac{dx(u)}{du} \cdot \operatorname{tg} \gamma(u) - x(u) \cdot \frac{d}{du} \operatorname{tg} \gamma(u) \right] - \frac{d}{du} \operatorname{tg} \gamma(u) \cdot \left[\frac{dz(u)}{du} - \frac{dx(u)}{du} \cdot \operatorname{tg} \beta(u) - x(u) \cdot \frac{d}{du} \operatorname{tg} \beta(u) \right] = \frac{d}{du} \operatorname{tg} \gamma(u) \cdot \frac{d}{du} \operatorname{tg} \beta(u) \cdot \lambda.$$

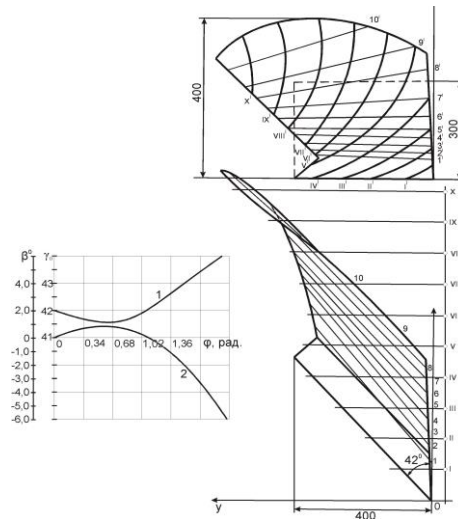


Рис. 2.10 Поверхня культурного корпусу плуга і графіки кутів нахилу твірної

На базі вказаної моделі спроектовано поверхню культурного корпусу плуга поверхня якого і графіки кутів представлені на рисунку 2.10.

Культурний корпус має наступні параметри: кут встановлення лемеша до дна борозни $\alpha_p = 28^\circ$; кут встановлення лемеша до стінки борозни $\gamma_0 = 42^\circ$; ширина захвату $b = 400$ мм; глибина оранки $a = 220 - 300$ мм.

Оранка плугами загального призначення без передплужників («зметом») не забезпечує повного (180°) обертання скиби. Рослинні рештки розміщуються в нахилених поперечних перерізах по усій глибині обробітку – від дна борозни до поверхні. Неповний оберт характерні також технологічному процесу оранки корпусами, обладнаними кутознімачами. В цьому випадку покращується ступінь заробки рослинних решток.

Кращий ступінь заробки (95...100%) та більший кут обертання скиби властивий культурній оранці з передплужником. Однак, глибина заробки

рослинних решток (7...12 см) недостатня для ефективної боротьби з багаторічними бур'янами. Підрізання бур'янів в 1,5...1,67 рази більше, ніж однократне. При даному технологічному процесі відмічається перемішування верхнього та нижнього шарів, що не рекомендується.

Технологічний процес оранки корпусами з ромбовидним перерізом скиби, де кут оберту скиби при тій же глибині оранки збільшується, покращується ступінь заробки рослинних решток. При глибині обробітку біля 35 см стійкість скиби порушується. Таким чином, одноярусне розміщення корпусів обмежує область використання регулярних технологічних процесів оранки по глибині при постійній ширині захвату скиби, що знижує ефективність застосування плугів загального призначення на глибокій оранці.

Використання плугів з гвинтовидними поверхнями на цілих з міцним трав'янистим пластом землях дозволяє провести близький до повного (150° і більше) обертання скиби[12]. Однак на староорних землях в Чорноземній зоні цей технологічний процес має низьку технологічну надійність через недостатню зв'язність ґрунту, а на зв'язних – не забезпечує необхідного розпушування ґрунту.

Більш вдалим визнано технологічний процес ярусної оранки. Зауважимо, що культурна оранка з передплужником – це окремий випадок ярусної, коли корпус верхнього ярусу підрізає скибу шириною, рівною 2/3 ширини нижнього. Ярусна оранка може забезпечити повну (100%) і глибоку (до 20 см) заробку рослинних решток[**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**].

Незважаючи на появу нових технологій обробки ґрунту (безполицева, мінімальна тощо), полицева оранка як і раніше залишається актуальною і важливою операцією, тому що вона забезпечує якісну підготовку ґрунту під посів і посадку сільськогосподарських культур на найрізноманітніших фонах і типах ґрунтів.

Спостереження за динамікою об'ємної маси ґрунту перед посівом, весною до початку вегетації і перед збиранням озимої пшениці показали відсутність значних відмінностей по цьому показнику при різних способах

основного обробітку ґрунту після гороху. В шарі ґрунту 0 – 30 см вона була оптимальною для рослин озимої пшениці на протязі всієї вегетації. При проведенні постійної плоскорізної обробки на 20 – 22 см і поєднанні її з поверхневою обробкою на 6 – 8 см ґрунт не переущільнювався і об'ємна маса була в межах 1,13 – 1,32 г/см³, а при постійній полицевій обробці – 1,11 – 1,28 г/см³. Всі способи основного обробітку ґрунту які вивчались при проведенні їх в мінімальній кількості сприяли доброму зберіганню структури. Агрономічно цінних агрегатів (до 0,25 мм) в шарі ґрунту 0 – 10 см був вміст 90 – 94 %, в шарі 10 – 20 см до 93 – 96 %. [17]

Результати структурно – агрегатного аналізу показали, що різні способи основного обробітку ґрунту по-різному впливали на цей показник. У варіантах із застосуванням плоскорізного поверхневого способів вміст брилистих агрегатів (>10 мм) у шарах ґрунту 0—10 і 10—20 см був меншим, ніж після звичайної оранки. Ця закономірність чіткіше виявилася у варіанті з плоскорізним обробітком. Важливим показником структурного стану є вміст пилюватої фракції (<0,25 мм).

За обох цих обробітків в усі роки досліджень спостерігалась тенденція зростання кількості пилу в шарах 0-10 см порівняно з оранкою. У глибших шарах (10-20, 20-30 см) вміст пилюватих агрегатів перебував приблизно на однаковому рівні для всіх варіантів основного обробітку ґрунту. Щодо кількості агрономічно корисних структурних агрегатів діаметром від 0,25 до 10 мм, то мало місце значне зростання їх у варіанті із плоскорізним способом [12].

Одним з способів зниження тягового опору корпусу плуга, як показує світова практика, являється застосування зубчастих лемешів. За даними досліджень, дані лемеші дозволяють знизити тяговий опір плуга в залежності від глибини обробітку на темно – каштанових ґрунтах вологістю 6 – 10 % на 8 – 54 %, підвищити продуктивність (восьмикорпусного орного агрегату) на 39 % і зменшити використання пального на 25 %[19].

Дослідженнями встановлено, що заміна тертя ковзання шару ґрунту, що зрізається, по полиці плуга на тертя кочення дає можливість знизити опір плуга на 15 – 20 %**[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]**.

3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ, ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

3.1 Обґрунтування конструктивних, геометричних та технологічних параметрів

Для оцінки енергоємності процесу оранки розглянемо повний шлях ґрунтової частинки — від моменту її потрапляння на полицю ґрунтообробного робочого органу до її сходження з цієї полиці. Використаємо рис. 3.1 для того, щоб:

- потрібно відобразити та описати сили, які ґрунт чинить на полицю плуга в процесі оранки;
- дослідити, як конструкція та робота полиці плуга зумовлює зміни фізичного стану ґрунту під час обробітку і як вона впливає на транспортування ґрунтового шару;
- проаналізувати, як геометричні та кінематичні параметри робочого органу впливають на траєкторію вільного польоту частинок ґрунту після їх сходження з полиці та на процес заповнення борозни.

Площина $\xi\eta$ у системі координат $O_{\xi\eta\zeta}$ визначає поверхню поля. Вісь $O\xi$ відповідає напрямку руху ґрунтообробного робочого органу, вісь $O\eta$ — перпендикулярна цьому напрямку, а вісь $O\zeta$ задає глибину обробітку.

Напрямок осей Ax та Ay системи координат A_{xyz} відповідає напрямкам осей $O\xi$ та $O\eta$, а напрямок осі Az протилежний напрямку осі $O\zeta$. Система координат A_{xyz} описує положення полиці корпусу плуга відносно площини поля і зміщена по осі $O\zeta$ на вектор h . В точці A розташований початок системи координат A_{xyz} який збігається з носом полиці ґрунтообробного робочого органу.

Для опису траєкторії польоту частинки ґрунту після сходження з полиці корпусу плуга вводиться додаткова система координат $A_{1x_1y_1z_1}$, напрямки осей якої збігаються з осями системи координат A_{xyz} , зміщеної відносно неї на вектор A_{xyz} на вектор q .

Рівняння траєкторії частинки ґрунту по поверхні полиці ґрунтообробного робочого органу будемо задавати рівнянням із трьома невідомими:

$$F(x, y, z) = 0$$

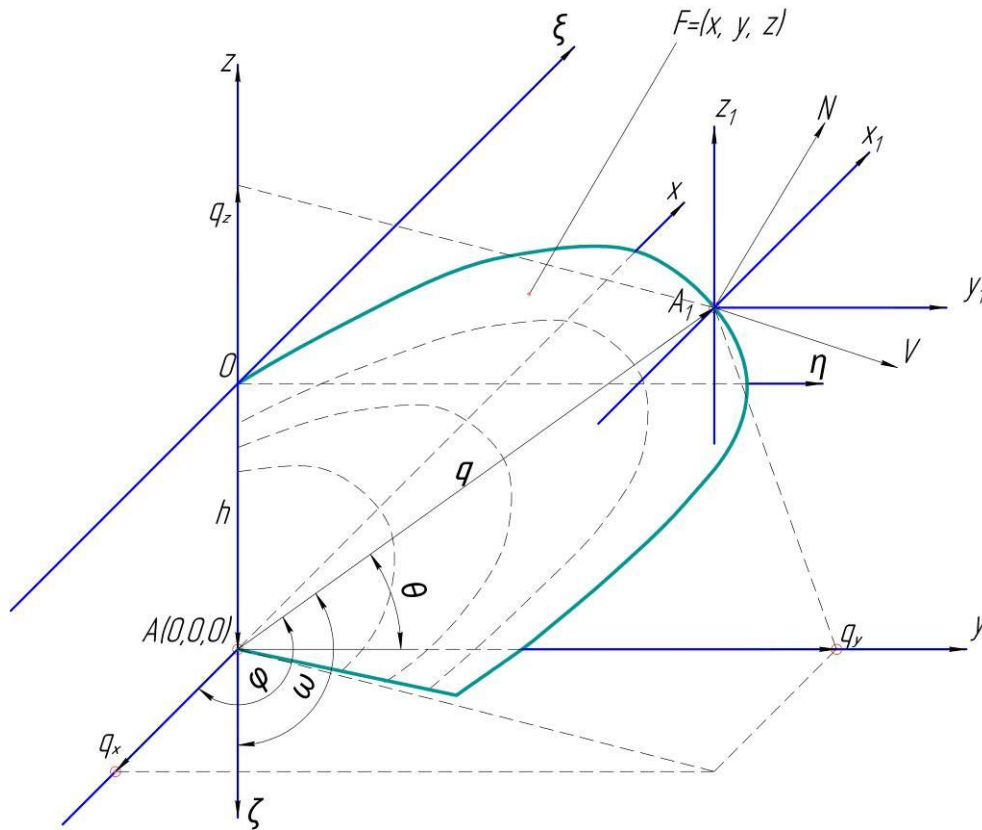


Рис. 3.1 Положення полиці корпусу плуга щодо поверхні поля

Рівняння одиничного вектора нормалі до траєкторії частинки по поверхні записується у вигляді:

$$\bar{n} \left\{ \frac{q_x}{\Delta F}, \frac{q_y}{\Delta F}, \frac{q_z}{\Delta F} \right\}, \quad \Delta F = \sqrt{q_x^2 + q_y^2 + q_z^2};$$

$$\text{де } q_x = \frac{\partial F}{\partial x}; \quad q_y = \frac{\partial F}{\partial y}; \quad q_z = \frac{\partial F}{\partial z}$$

Проекції вектора q , що з'єднує носок полиці з точкою вильоту частинки з полиці, на осі AX , AY , AZ запишемо у такому вигляді:

$$q_x = q \cos \varphi; \quad q_y = q \cos \theta; \quad q_z = q \cos \omega$$

Координати вектора V , що визначає напрямок швидкості частинки ґрунту в момент її сходу з полиці, у системі координат $A_{1x_1y_1z_1}$ запишемо у такому вигляді:

$$V_{x_1} = V \cos \alpha; V_{y_1} = V \cos \beta; V_{z_1} = V \cos \gamma; \quad (3.1)$$

Компоненти швидкості частинки після сходу з полиці визначимо, склавши рівняння вільного польоту частинки у проєкціях на осі координат OX' , OY' та OZ' .

$$m \ddot{x} + k \dot{x} = 0, \quad m \ddot{y} + k \dot{y} = 0, \quad -m \ddot{z} - k \dot{z} - m g = 0 \quad (3.2)$$

$$x_1 = -\frac{e^{-\frac{kt}{m}} m C_1}{k} + C_2, \quad y_1 = -\frac{e^{-\frac{kt}{m}} m C_3}{k} + C_4, \quad (3.3)$$

$$z_1 = -\frac{gmt}{k} - \frac{e^{-\frac{kt}{m}} m C_5}{k} + C_6$$

де m – маса частинки, кг;

k – коефіцієнт опору повітря;

t – час вільного падіння частинки, сек.;

g – коефіцієнт прискорення вільного падіння, м/с²;

$C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ – постійні інтегрування.

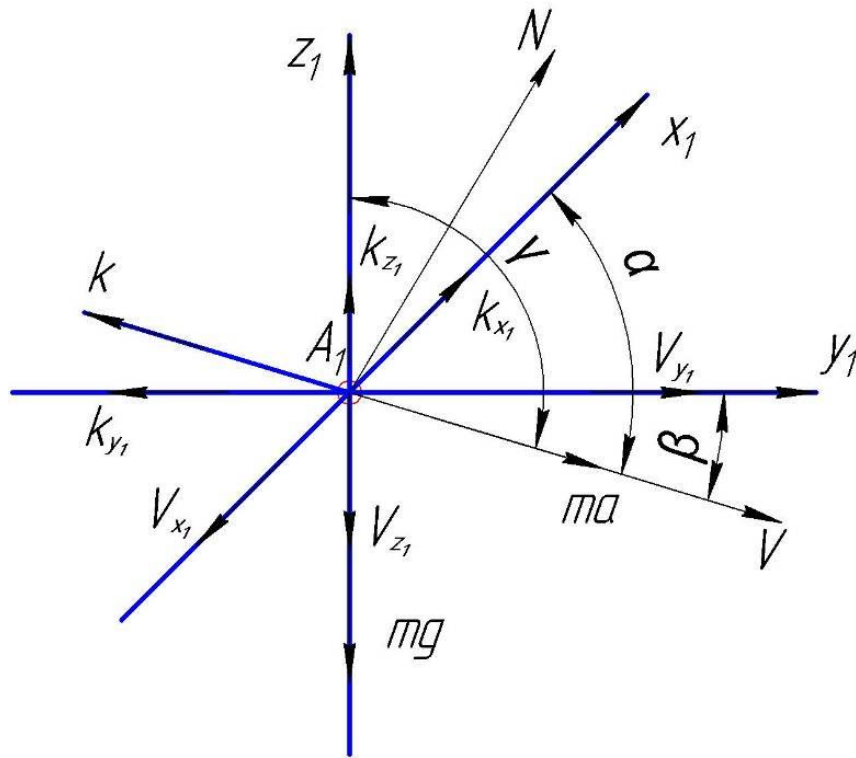


Рис. 3.2 – Сили та геометричні параметри, що враховуються під час аналізу траєкторії польоту частинки ґрунту

Для визначення сталих інтегрування задаються такі початкові умови:

$v_{x_1} = v_{x_0}$, $v_{y_1} = v_{y_0}$, $v_{z_1} = v_{z_0}$, $t=0$, тобто відповідно до значень (1), тоді величини $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ прийматимуть такі значення:

$$C_1 = v_0 \cos \alpha, \quad C_2 = \frac{-kx_0 - mv_0 \cos \alpha}{k}, \quad C_3 = v_0 \cos \beta,$$

$$C_4 = -\frac{-ky_0 - mv_0 \cos \beta}{k}, \quad C_5 = -\frac{-gm - kv_0 \cos \gamma}{k}, \quad C_6 = z_0 - \frac{m(-gm - kv_0 \cos \gamma)}{k^2}$$

Підставивши сталі інтегрування у вирази (3.3) та спростивши отриманий результат, координати руху частинки, відносно координатних осей, після сходу з полиці задаються наступними рівняннями:

$$x_1 = \frac{(1 - e^{-\frac{kt}{m}})mv \cos \alpha}{k}; \quad y_1 = \frac{(1 - e^{-\frac{kt}{m}})mv \cos \beta}{k}; \quad (3.4)$$

$$z_1 = \frac{m(gm - gkt + kv \cos \gamma - e^{-\frac{kt}{m}}(gm + kv \cos \gamma))}{k^2}$$

Значення часу t у виразах (3.4) відповідає часу польоту частинки до зіткнення з перешкодою. Час можна визначити з виразу z_1 , прирівнявши його до h – глибина падіння частинки ґрунту

$$\frac{m(gm - gkt + kv \cos \gamma - e^{-\frac{kt}{m}} (gm + kv \cos \gamma))}{k^2} = h \quad (3.5)$$

V_{x_1} , V_{y_1} , V_{z_1} - проекції швидкості вильоту частинки з полиці плуга відповідно на осі A_1X_1 , A_1Y_1 , A_1Z_1 , м.

α , β , γ – кути між напрямком вильоту частинки з полиці плуга, в системі координат $A_{1x_1y_1z_1}$, і додатніми напрямками осей A_1X_1 , A_1Y_1 , A_1Z_1 відповідно, рад;

x_i , y_i , z_i – координати траєкторії точки, по яких переміщується частинка, м.

Розкладаємо рівняння (5) у ряд Маклорена до другого порядку. Отримуємо два розв'язки — два значення часу t . Оскільки час t не може бути від'ємним, залишається лише один розв'язок.

$$t = \frac{m v \cos[\gamma] + \sqrt{(m(-2ghm + v \cos[\gamma])(-2hk + m v \cos[\gamma]))}}{gm + kv \cos \gamma} \quad (3.6)$$

Для побудови графіків залежності польоту частинки, в системі координат $A_{1x_1y_1z_1}$, були використані такі параметри:

$\alpha=2$ рад, $\beta=1$ рад, $m=0.1$ кг, $g=9.8$ м/с², $h=-0.3$ м, $k=0.1$, $v=2$ м/с, $\gamma=1.8$ рад

Підставивши у рівняння (6) наступні значення параметрів:

$m=0.1$ кг, $g=9.8$ м/с², $h=-0.3$ м, $k=0.1$, $v=2$ м/с, $\gamma=1.8$ рад отримуємо наступну залежність:

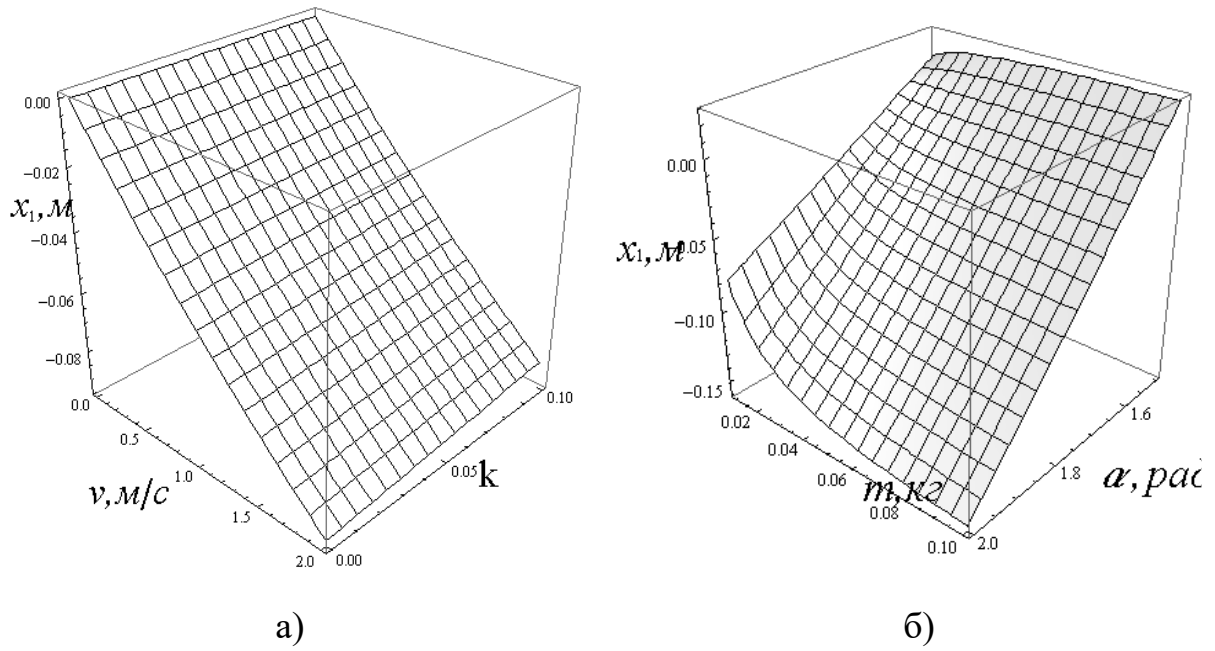


Рис. 3.3 – Переміщення частинки ґрунту відносно осі A_1X_1 залежно від маси та кута α (рис. 3.3а), швидкості вильоту та коефіцієнта опору (рис. 3.3б)

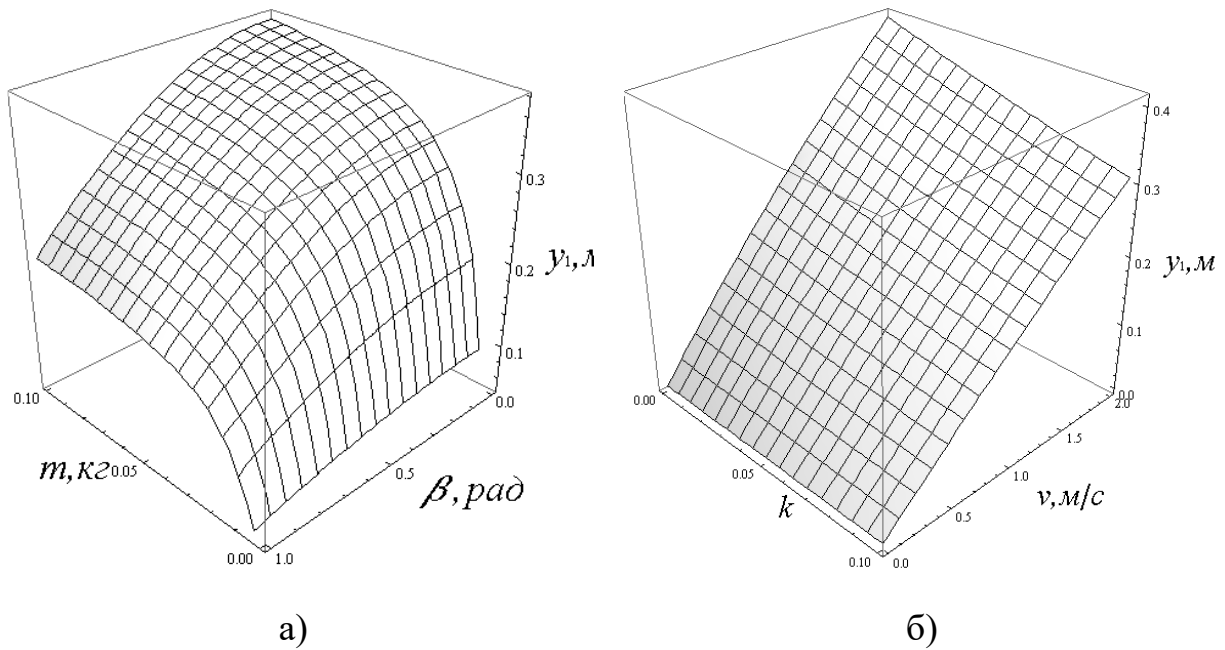


Рис. 3.4 – Переміщення частинки ґрунту відносно осі A_1Y_1 залежно від маси частинки та кута β (рис. 3.4а), швидкості вильоту та коефіцієнта опору повітря(рис. 3.4б)

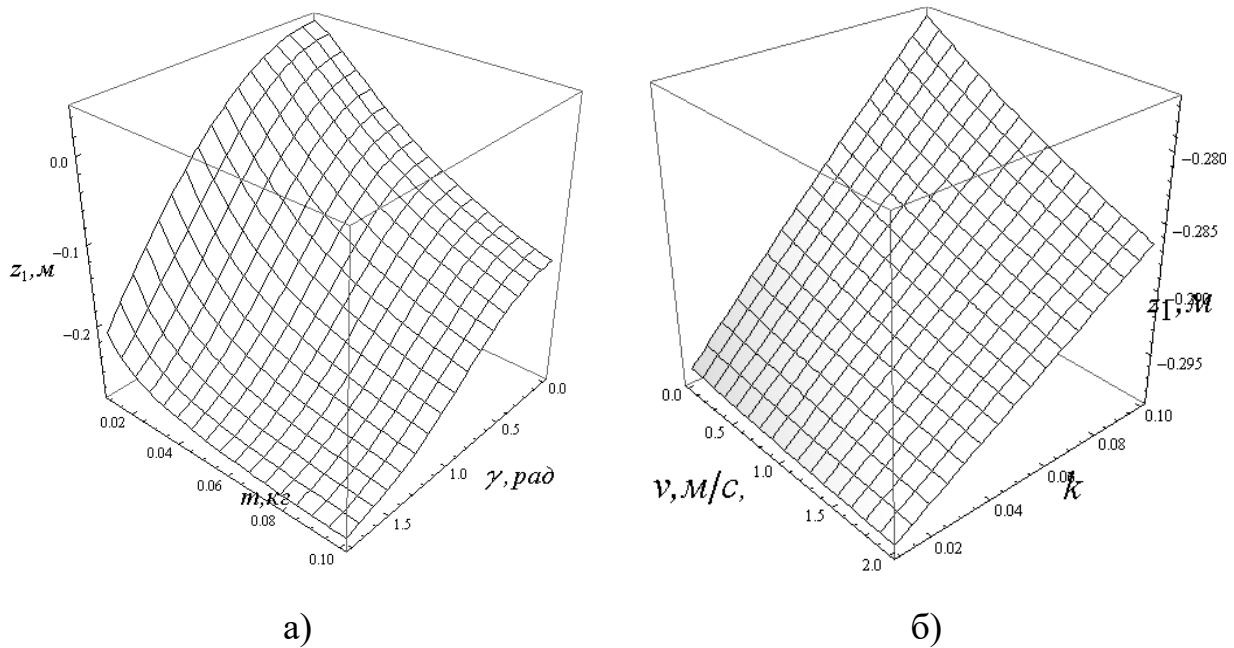


Рис. 3.5 – Переміщення частинки ґрунту відносно осі A_1Z_1 в залежності від маси частинки ґрунту і кута γ (рис. 3.5а) і швидкості вильоту та коефіцієнта опору (рис. 3.5б)

Проведений аналіз та наведена графічна інтерпретація дозволяють зробити висновок про вплив параметрів під час сходження частинки ґрунту з кінцевої частини полиці корпусу плуга на створення оптимальних умов для встановлення кінцевих умов крайової задачі:

- зі збільшенням швидкості сходження частинки ґрунту з полиці плуга дальність польоту відносно осей AX_1 і AU_1 зростає;
- збільшення маси частинки ґрунту відповідає більшим максимальним переміщенням відносно координатних осей;
- збільшення коефіцієнта опору призводить до зменшення переміщень частинки ґрунту відносно AX_1 AU_1 AZ_1 ;

Переміщення відносно осі AX_1 :

- зі збільшенням кута α дальність польоту зростає;
- зі збільшенням кута γ дальність польоту зменшиться.

Переміщення відносно осі AU_1 :

- зі збільшенням кута β дальність польоту зменшується;
- зі збільшенням кута γ дальність польоту зменшується.

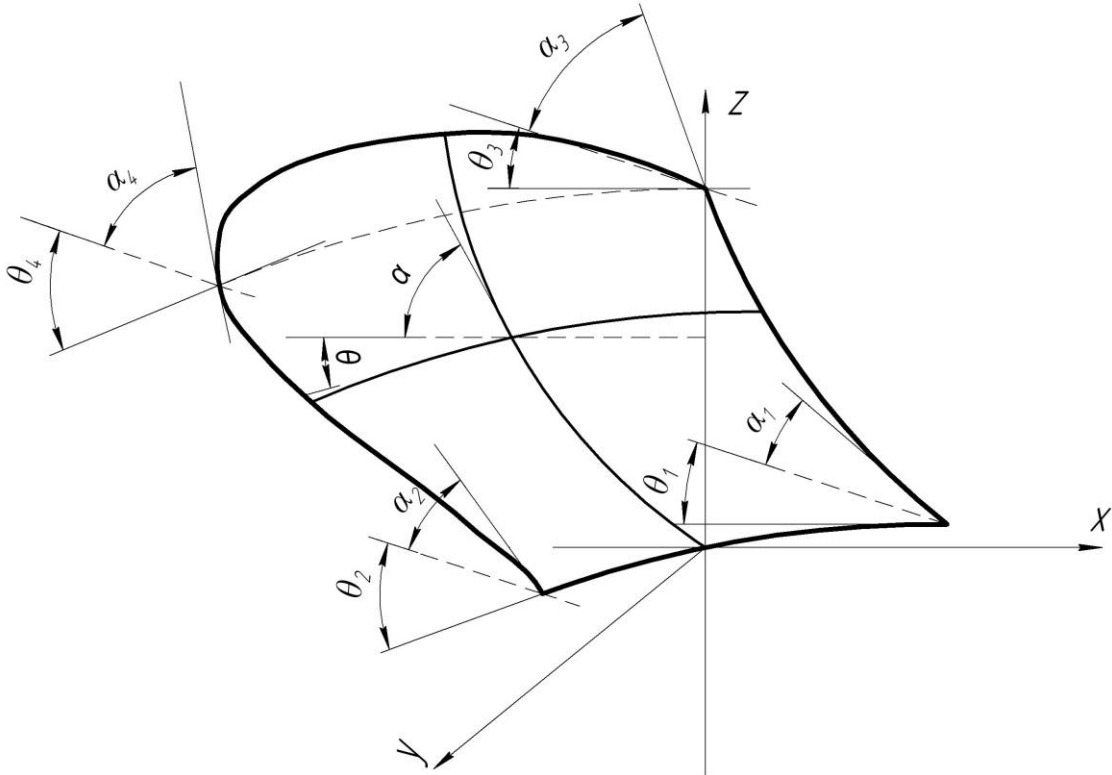


Рис. 3.6 – Кути постановки полиці відносно стінки та дна борозни

- $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – кути постановки полиці відносно дна борозни.
- $\theta, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ – кути постановки полиці відносно стінки борозни.
- Початкові значення кута α_1 при переході з лемежа на полицю змінюються по висоті полиці до значень α_3 у межах $24^\circ - 73^\circ$. Значення кутів α_2 та α_4 , розташованих у площині, паралельній стінці борозни, що проходить через кінець нижньої частини полиці корпусу плуга, змінюються від 24° до 87° .
- Кути постановки полиці зі стінкою борозни у нижній частині полиці змінюються від θ_1 до θ_2 у межах $31^\circ - 73^\circ$. У верхній частині полиці значення кута θ_3 змінюється по ширині полиці до θ_4 у межах $31^\circ - 69^\circ$.

3.2 Розрахунок різьбових з'єднань

Для різьбового з'єднання характерне розташування різьбового стрижня (гвинта, болта, шпильки) в отворі деталі з зазором. У такому випадку зовнішнє зсувне навантаження сприймається силами тертя в стику деталей, при цьому

сила тертя формується розтягуючим зусиллям стрижня. За цих умов основним навантаженням для стрижня є осьова сила, що його розтягує. Якщо з'єднання виконане стандартними різьбовими деталями зі стандартною різьбою (міцність різьби гарантована стандартом) та дотримані норми глибин закручування гвинтів і шпильок, критерієм працездатності з'єднання буде міцність різьбового стрижня на розтяг у місці, ослабленому різьбою. Тому розрахунок різьбового з'єднання умовно проводять на розтяг стрижня, а специфічні особливості його навантаження враховують при виборі розрахункового навантаження.

Приймаючи в якості розрахункової умови

$$\sigma_p \leq [\sigma]_{рб}$$

маємо формулу для розрахунку напруження

$$\sigma_p = \frac{F_{розр}}{A} \cong \frac{4F_{розр}}{\pi d_1^2} \quad (3.7)$$

$$\sigma_p = \frac{4 * 500}{3,14 * 0.008647^2} = 8,518 \text{ МПа}$$

Після підстановок і перетворень одержимо:

$$\sigma_p = \frac{F_{розр}}{A} = \frac{4F_{розр}}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]_{рб}$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4F_{розр}}{\pi[\sigma]_{рб}}} \quad (3.8)$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4*500}{3,14*55}} = 3,4 \text{ мм}$$

де σ_p - умовне напруження розтягу в різьбовому стрижні, МПа;

$F_{розр}$ - прийняте для розрахунку осьове навантаження, Н;

A - мінімально можлива площа перерізу різьбового стрижня в різьбовій частині, мм^2 ;

$[\sigma]_{рб}$ - прийняте для розрахунку допустиме напруження, МПа;

d_1 - мінімально можливий діаметр різьбового стрижня в місці, ослабленому різьбою, мм.

На підставі розрахунку призначається стандартна різьба з параметрами, найближчими до розрахункових, після чого обираються стандартні різьбові деталі з цією різьбою.

Вибір допустимих напружень при розрахунку різьбових деталей залежить від характеру навантаження з'єднання, механічних властивостей матеріалу деталей, номінальних розмірів різьби, а також від наявності та контролю попереднього затягування.

При статичному навантаженні допустимі напруження розраховуються за формулою

$$[\sigma]_{рб} = \frac{\sigma_T}{S}, \quad (3.9)$$

$$[\sigma]_{рб} = \frac{220}{4} = 55 \text{ МПа}$$

де σ_T - границя текучості матеріалу, МПа;

S - необхідний запас міцності, рекомендується приймати в залежності від номінального розміру різьби.

Неконтрольоване затягування:

- $S = 5 \dots 4$ - для різьб М6... М16;
- $S = 4 \dots 2,5$ - для різьб М16... М30;
- $S = 2,5 \dots 1,7$ - для різьб вище М30.

3.3 Розрахунок різьбового з'єднання під дією сили зсуву

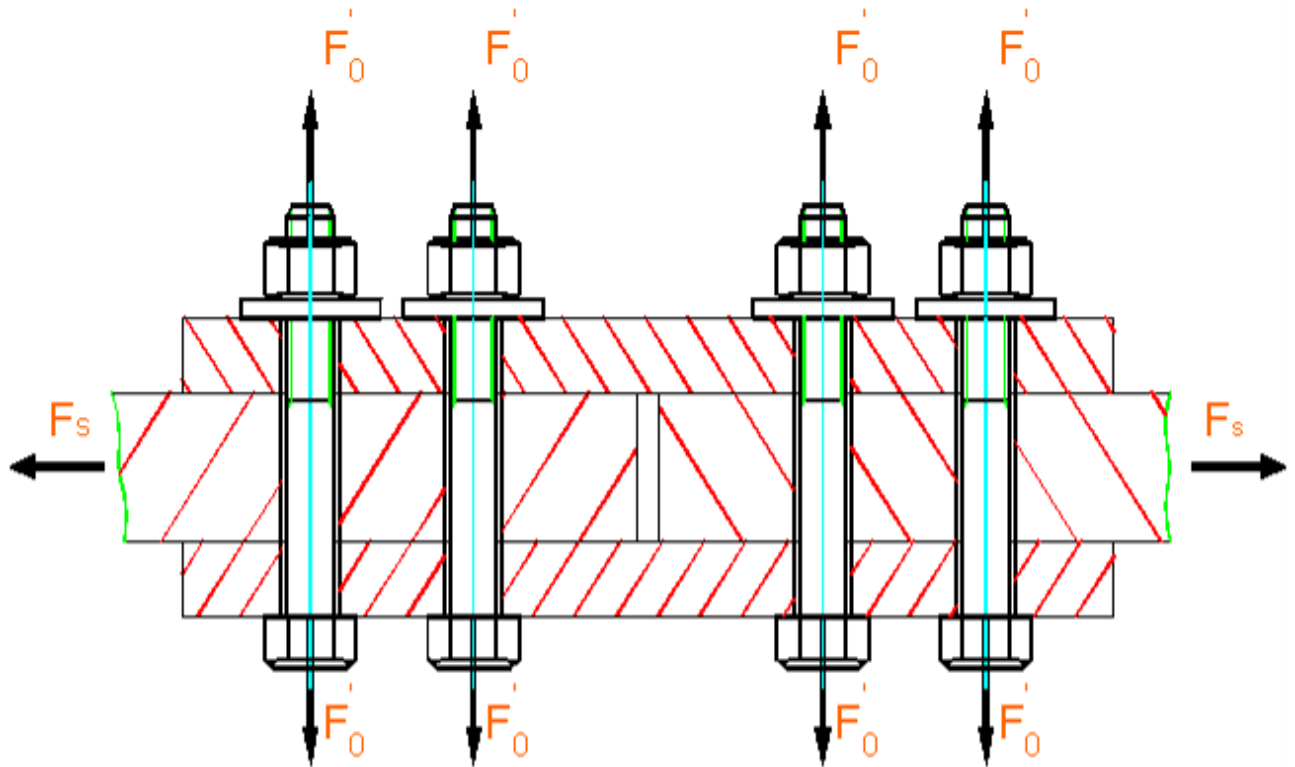


Рис. 3.10 Розрахункова схема з'єднання болтами

При затягуванні болтів завдяки тертю в різьбі тіло болта піддається кручінню, у ньому виникають дотичні напруження крутіння, додатково до напружень розтягу. Уточнені розрахунки стандартних болтів у складному двохосьовому напруженому стані показують, що еквівалентне нормальне напруження залежить від діаметра болта, параметрів різьби, коефіцієнта тертя в різьбі та перевищує напруження розтягу приблизно в 1,25–1,45 разів. Звідси узвичаєна рекомендація: при розрахунках різьбових з'єднань, які відповідають деформації чистого розтягу, варто збільшувати розрахункове навантаження у відповідне число разів.

Болтові з'єднання на стійці плуга використовують для фіксації ножа. У всіх випадках на болти діють сили зсуву та сили зминання.

При з'єднанні ножа, для подрібнення рослинних решток, це зусилля намагається зсунути провусини одна від одної та зрізати болти по площині $m-n$.

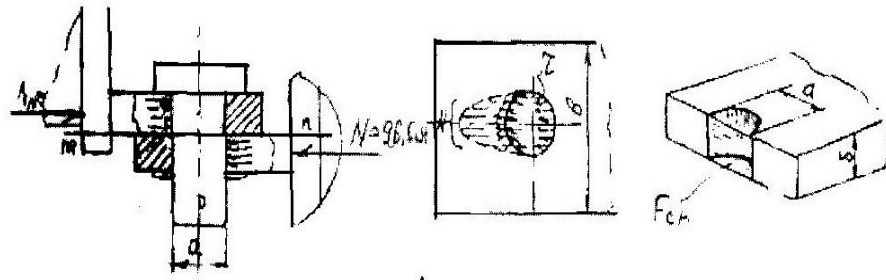


Рис. 3.11 Зріз болта по площині m-n

Оскільки дотичне напруження зрізу розподілено рівномірно та дорівнює:

$$\tau = \frac{N_{AC}}{F} , \quad (3.10)$$

тоді умова міцності болта на зріз буде:

$$\tau = \frac{N_{AC}}{\frac{\pi d^2}{4} \times n \times k} \leq [\tau]_{cp}$$

Де N – зусилля по осі навіски, $N = 0,5$ кН;

n – число болтів, $n = 3$;

k – число зрізів, $k = 3$.

$[\tau]_{cp}$ – напруження, що допускається, на зріз при розрахунку точених болтів,

$[\tau]_{cp} = 120$ МПа.

$$\tau = \frac{500}{\frac{3,14 \times 2^2}{4} \times 3 \times 1} = 51,5 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2}$$

$$\tau \leq [\tau]_{cp}$$

$$5,15 \text{ МПа} \ll 120 \text{ МПа.}$$

Умова міцності болтів на зминання буде :

$$\sigma_{зм} = \frac{N}{n \times F_{зм}} \leq [\sigma]_{зм}$$

Де N – зусилля по осі навіски, $N = 0,5$ кН,

n – число, $n = 3$;

$F_{зм}$ – площа зминання.

$[\sigma]_{зм}$ – напруження, що допускаються, на зминання при розрахунку точених

болтів, $= 3200 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2} = 320$ МПа.

$$\sigma_{зм} = \frac{500}{3 \times 6} = 27,8 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2}$$

$$27,8 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2} < 3200 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2}$$

<

При розрахунку болтового з'єднання кріплення ножа маємо іншу схему навантаження.

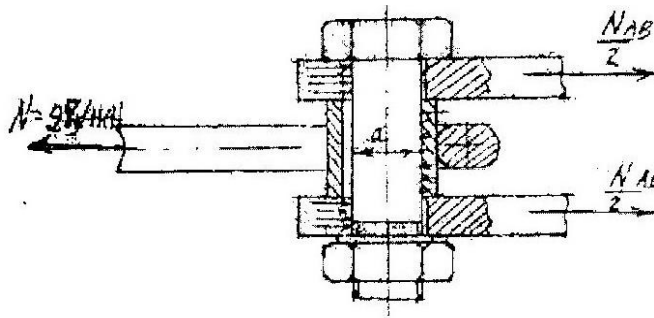


Рис. 3.12 Схема навантаження болтового з'єднання

Дотичне напруження на зріз болта визначаємо по формулі:

$$\tau = \frac{N_{AB}}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot n \cdot k} \leq [\tau], \quad (3.11)$$

де N_{AB} N_{AB} – зусилля по осі, $N_{AB} N_{AB} = 0,25$ кН;

d – внутрішній діаметр різьблення болта, $d = 1,6$ см;

n – число болтів, $n = 3$;

k – число зрізів, $k = 1$.

$$\tau = \frac{250}{\frac{3,14 \times 1,6^2}{4} \times 3 \times 1} = \frac{250}{3,14 \times 2,56 \times 1} = 31,1 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2}$$

$$\tau \leq [\tau], \quad 31,1 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2} < 3200 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2}$$

Умова міцності болтів дотримується.

3.4 Розподіл дотичних напружень при крученні стержня круглого (кільцевого) перерізу. Розрахунок на міцність.

Дотичні напруження по радіусу перерізу поширюються лінійно (рис. 5). Як видно з наведених на рис. 5 епюр дотичних напружень, максимальні дотичні напруження виникають у крайніх точках перерізу, де $\rho = \rho_{\max}$:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\text{к}}}{I_{\text{р}}} \cdot \rho_{\max}$$

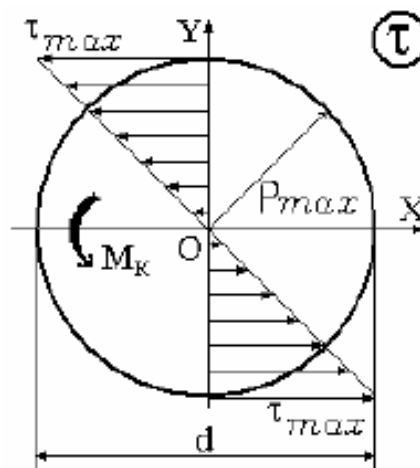


Рис. 3.13 Дотичні напруження по радіусу перерізу

З огляду на те, що величина

$$\frac{I_{\text{р}}}{\rho_{\max}} = W_{\text{р}}$$

є полярним моментом опору перерізу, умова міцності при крученні виглядає ось так:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\text{к}}}{W_{\text{р}}} \leq [\tau],$$

де $[\tau]$ – допустиме дотичне напруження, обумовлене відношенням межі текучості матеріалу до коефіцієнта запасу міцності n_{τ} , тобто:

$$[\tau] = \frac{\tau_{\text{Т}}}{n_{\tau}}. \tag{3.12}$$

$$[\tau] = \frac{300}{430} = 0,7 \text{ МПа}$$

З умови міцності полярний момент опору повинен бути обраний за формулою:

$$W_p \geq \frac{M_k}{[\tau]} \quad (3.13)$$

$$W_p \geq \frac{80}{0,7} = 114,9$$

Значення полярного моменту опору для вала круглого перерізу:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \approx 0,2 \cdot d^3 \quad (3.14)$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 10^3}{16} = 196,25$$

Діаметр перерізу для круглого вала обчислюється за формулою:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot [\tau]}} \approx \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2 \cdot [\tau]}}; \quad (3.15)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{80}{0,2 \cdot 0,7}} \approx 8,3 \text{ мм}$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Сільськогосподарські машини повинні бути безпечними в експлуатації. При їх конструюванні слід особливу увагу приділяти тому, щоб робота на машині не шкодила здоров'ю обслуговуючого персоналу та була максимально безпечною. Через специфічні умови експлуатації виконати ці вимоги складно. Наприклад, неможливо огородити робочі органи плугів, дискових лушпильників, ножові ріжучі апарати косарок та збиральних машин. Сільськогосподарські машини працюють у польових умовах, і під час дощу або підвищеної вологості на робочих площадках і підніжках може налипати бруд, що впливає на безпеку. Багато операцій здійснюється з використанням отрутохімікатів: внесення добрив, обпилювання, обприскування, аерозольна обробка.

Покращення умов праці досягається правильним розташуванням і проектуванням робочого місця, зменшенням коливань і вібрацій, зниженням рівня шуму, спрощенням управління, механізацією регулювань, спрощенням обслуговування машини та рядом інших заходів. Всі ці заходи не лише забезпечують безпеку роботи, а й підвищують продуктивність праці, оскільки зменшують втомлюваність і сприяють підтриманню працездатності.

4.1 Загальні вимоги

Всі приводні елементи повинні бути змонтовані в машині так, щоб виключити контакт персоналу з ними під час роботи. Обслуговування має бути простим і безпечним. Якщо ці вимоги не можуть бути виконані, необхідно застосовувати постійно діючі захисні пристрої.

В окремих випадках допускається використання тимчасово діючих захисних пристроїв. Пристрої не повинні виходити за габарити машини, і забороняється застосовувати захисні пристрої, що обертаються разом з валами. Всі захисні пристрої повинні бути пофарбовані в жовтий колір. Виступаючі та вільні кінці валів повинні бути повністю загороджені. Карданні вали між трактором і приводною машиною повинні бути повністю захищені кожухом.

Карданний вал і захисний кожух повинні легко розбиратися та збиратися одним робітником.

Трактори та сільськогосподарські машини слід конструювати так, щоб під час роботи вони не могли перекинутися. Якщо ці вимоги забезпечуються, необхідно передбачити пристрої, що запобігають перекиданню. У випадках, коли це неможливо виконати, слід застосовувати пристрої, що гарантують безпеку персоналу при перекиданні.

4.2 Вимоги до робочих органів машин і знарядь

Конструкція робочих органів повинна забезпечувати безпечну експлуатацію та запобігати травмуванню обслуговуючого персоналу як під час роботи, так і у разі поломки.

Доступ до робочих органів, а також до місць для очищення, обслуговування та монтажу має бути безпечним. Обертові робочі органи та їх деталі, а також деталі кріплення, повинні бути надійними і гарантувати повну безпеку у випадку поломки. Як додатковий захід безпеки передбачаються загородження, що запобігають пробиванню їх частинами деталей або іншими предметами. Також слід передбачити щербінковий захист, який затримує відкидані камені.

Конструкція робочих органів для внесення добрив та хімічного захисту рослин повинна виключати довільне підтікання, розбризкування та розпилювання матеріалів. Усі з'єднання необхідно ретельно ущільнювати.

4.3 Вимоги до робочих місць

З робочого місця повинна забезпечуватися достатня видимість робочих органів машини, які потребують спостереження. Якщо спостерігати за ними безпосередньо неможливо, слід передбачити допоміжні засоби: сферичні дзеркала площею не менше 200 см², маркерні пристрої тощо.

Потрібно забезпечити достатнє освітлення при роботі вночі. Всі робочі органи, за якими потрібно спостерігати, мають освітлюватися з інтенсивністю не менше 2 лк, а найбільш важливі об'єкти — не менше 20 лк.

Розташування робочих місць і конструкція машин повинні бути такими, щоб забруднення повітря пилом, газами, парами або крапельним туманом не впливало негативно на здоров'я та не порушувало нормальних умов роботи.

Максимально допустима концентрація пилу рослинного і тваринного походження на робочих місцях — 0,2–0,4 мг/м³. Для дотримання цих норм слід передбачити пристрої для огороження джерел забруднення, відсмоктування або уловлювання забрудненого повітря до потрапляння на робоче місце, або змінення напрямку руху повітря від джерела. Якщо ці заходи не забезпечують допустимі концентрації шкідливих речовин, машини необхідно обладнати закритими кабінами з вентиляцією, що забезпечує достатній повітрообмін.

Робочі місця, що не потребують кабін, слід забезпечити водонепроникним знімальним навісом. При температурі зовнішнього повітря вище +18°C температура на робочому місці не повинна її перевищувати. У спекотних умовах рекомендується використовувати пристрої для обдування робітника повітрям.

При розробці машини необхідно передбачити можливість зниження коливань і вібрацій. Тривалість поштовху має перевищувати 0,03 с, прискорення допускається не більше 30 см/с², а при передаванні струсів на руки робітника — не більше 400 см/с².

Необхідно також зменшити рівень шуму. При нормальному положенні тіла робітника шум не повинен перевищувати встановлених значень.

Вимірювання шуму проводиться у горизонтальній площині на відстані 100 мм від вуха людини на робочому місці.

На мобільних машинах місця управління, що не мають сидінь, слід виконувати у вигляді площадок. Площадка повинна забезпечувати безпечне пересування без ковзання та мати розмір, що гарантує зручне виконання роботи. Підніжки або платформи слід розташовувати так, щоб забезпечити

правильне положення тіла працюючого. Платформи не повинні виступати за зовнішні габарити машин і знарядь.

Всі площадки слід надійно огороджувати. Висота огороження має бути 1200 мм, додатково встановлюються планка на висоті 600 мм і планка шириною 100 мм в основі площадки. Якщо огороження не гарантує безпеку, площадку слід обладнати допоміжними поручнями.

4.4 Протипожежні заходи

Двигуни внутрішнього згорання тракторів і сільськогосподарських машин повинні мати надійні вихлопні труби, розташовані так, щоб вихлопні гази не контактували з легкозаймистими матеріалами.

При встановленні двигунів з повітряним охолодженням на машинах для збирання колосових культур слід запобігти контакту легкозаймистих матеріалів з нагрітими частинами двигуна.

Сушильні установки необхідно обладнати надійними димоходами. Привідні елементи та робочі органи повинні бути сконструйовані так, щоб виключити можливість намотування на них соломи та інших матеріалів під час роботи.

На тракторах і сільськогосподарських машинах з двигунами внутрішнього згорання в легкодоступних місцях слід встановлювати вогнегасники. Самохідні та стаціонарні зернозбиральні і зерноочисні машини повинні додатково оснащуватися вогнегасниками з рідиною ємністю не менше 10 л.

РОЗДІЛ 5. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

За допомогою силового аналізу модуля АРМ FEM можна вирішувати лінійні задачі:

- напружено-деформованого стану (статичний розрахунок);
- статичної міцності зборки;
- стійкості;
- термопружності;
- стаціонарної теплопровідності.

Динамічний аналіз дозволяє:

- визначати частоти і форми власних коливань, в тому числі для моделей з попередніми навантаженням.

За результатами розрахунків:

- розподіл еквівалентних напружень та їх складових, а також головних напружень;
- розподіл лінійних, кутових та сумарних переміщень;
- розподіл деформацій за елементами моделі;
- карти та епюри розподілу внутрішніх зусиль;
- значення коефіцієнта запасу стійкості та форми втрати стійкості;
- розподіл коефіцієнтів запасу та числа циклів за критерієм втомної міцності;
- розподіл коефіцієнтів запасу за критеріями текучості та міцності;
- розподіл температурного та термонапруженого полів;
- координати центра ваги, вага, обсяг, довжина, площа поверхні, моменти інерції моделі, а також моменти інерції, статичні моменти та площі поперечних перерізів;
- реакції в опорах конструкції, а також сумарні реакції, наведені до центру ваги моделі.

Максимальна довжина сторони елемента це величина, якою характеризує розмір кінцевого елемента (тетраедра) в мм. Слід підбирати

значення максимальної довжини сторони елемент, виходячи з характерних частин конструкції. Для найточнішого розрахунку потрібно «густіша» сітка.

Максимальний коефіцієнт згущення на поверхні цей коефіцієнт розраховує, наскільки (за для необхідності) наступний елемент можна зменшити. Тобто, при переході до дрібніших частин конструкції, генератор KE-сітки має право відтворювати кінцевий елемент в k разів менше, в порівнянні з попереднім KE. Коли маємо значення 1 ми отримуємо так звану «неадаптивну» (рівномірну) розбивку. Тоді елементи конструкції з меншими, ніж встановлена максимальна довжина розмірами будуть заокруглюватися. Завдання значення більше 1 веде до генерації «адаптивної» розбивки. Тоді KE-сітка буде максимально точно відображати геометрію «вузьких місць». Зворотною стороною точності стане збільшення загальної кількості KE та часу розрахунку.

Коефіцієнт розрідження в обсязі це ступінь збільшення або зменшення сторони тетраедра при генерації сітки вглиб обсягу моделі з твердого тіла. Як найближче до значення 1 - то більш однорідними стають шари KE. При 1 більше, внутрішні KE стають більшими порівняно з тими, що у поверхні. Цей процес веде до зменшення загальної кількості KE, в обхід зниження точності розрахунку. Діапазон зміни: 0,7 - 5. За для контролювання якості звичайно-елементного розбиття елемент сітки може бути прихований за допомогою встановлення глибини перегляду. Стало, площа розрізу збігається із площиною виду. Модель потрібно повернути для установки користувальницької площині розрізу так, аби планована площа розрізу зійшлася із площиною поточного виду та натиснути кнопку «Встановити площину розрізу». Глибину перегляду регулюють за допомогою прокрутки.

Параметри KE-сітки в APM FEM однакові для всіх деталей, які входять до збірки. Більш широке завдання параметрів KE-сітки є в модулі APM Studio. До розширених можливостей роботи з KE-сітками в APM Studio можна віднести:

- задання точок на ребрах;
- вказування точок, навколо яких слід виконати додаткове згущення;

- задання різної сітки на гранях задання однієї деталі;
- задання різного кроку для різних деталей.

Статичний розрахунок.

Методичний підхід до розв'язання системи рівнянь дає змогу обрати найбільш придатний спосіб обчислення. LDL-метод полягає у факторизації матриці жорсткості ансамблю кінцевих елементів із поданням її у формі $[L]^T[D][L]$.

Frontal-метод розрахунку застосовується для конструкцій, що містять велику кількість кінцевих елементів. Особливість підходу полягає в тому, що матриця жорсткості ансамблю не формується повністю в оперативній пам'яті комп'ютера, а розв'язання системи рівнянь здійснюється «фронтним» способом за всіма ступенями свободи. При цьому глобальна матриця зберігається на диску. Наступні поля *Розмір оперативної пам'яті* (розмір робочої області пам'яті виділяється для обробки «фронту») і *Розмір файлу для зберігання матриці* (встановлюється в залежності від типу операційної та файлової систем) відносяться тільки до фронтального методу рішення. Характерною рисою MT_Frontal є застосування багатоядерних можливостей процесора.

Sparse — це удосконалений метод обробки розріджених матриць, який забезпечує підвищення швидкості обчислень. Під час використання методу Sparse у матриці жорсткості зберігаються лише ненульові значення, а проміжні файли розташовуються на жорсткому диску. Метод призначений для моделей із великою кількістю кінцевих елементів та значною напівшириною матриці жорсткості. За замовчуванням застосовується саме метод Sparse.

Для розрахунку стійкості є можливість вибору методу рішення.

Ітерації Арнольді — це підхід до розв'язання узагальненої задачі на власні значення, який дає змогу визначити коефіцієнт запасу з порівняно малими витратами обчислювальних ресурсів. Проте цей метод не підходить для отримання результатів у системах із великою кількістю ступенів свободи.

Пошук коренів детермінанта є методою, що потребує більше ресурсів, проте дає змогу отримувати розв'язання для систем великої розмірності. Параметри «Тестування максимальний зафіксований показник запасу стійкості», «Розмір оперативної пам'яті для роботи алгоритму» та «Розмір файлу для зберігання матриці» визначають відповідно діапазон пошуку розв'язку, обсяг оперативної пам'яті, виділеної алгоритму, а також розмір файлів, що створюються на жорсткому диску під час виконання. Підсумковий обсяг цих файлів залежить від розмірності задачі та її топології. Для розрахунку великих моделей доцільно використовувати метод

Пошук коренів детермінанта (Sparse), адаптований для роботи з розрідженими матрицями.

Метод Ланцоша так само пристосований до роботи з розрідженими матрицями й виявляється ефективним під час аналізу моделей великої розмірності. Він дає можливість у межах одного обчислення визначити кілька форм втрати стійкості. Додатково метод дозволяє обчислювати власні значення, розташовані поблизу наперед заданого (користувачем) значення. Він також демонструє добру продуктивність у випадку погано зумовлених матриць.

Метод FEAST. Набір високопродуктивних чисельних процедур для вирішення стандартних симетричних $Ax = \lambda x$ або узагальнених симетрично-певних завдань $Ax = B\lambda x$ знаходження всіх власних значень λ і власних векторів x в заданому діапазоні пошуку $[\lambda_{\min}, \lambda_{\max}]$.

Метод **FEAST** обчислює пари власних розв'язків за допомогою чисельно ефективної техніки контурного інтегрування, що широко застосовується в квантовій механіці. При цьому основним етапом є розв'язання кількох незалежних СЛАУ вздовж контуру, після чого виконується розрахунок зведеної задачі на власні значення та власні вектори.

Власні коливання.

Метод ітерацій підпросторів зазвичай застосовують для розв'язання невеликих задач. Для моделювання великих систем доцільно використовувати модифікований варіант — Ітерації підпросторів (Sparse), призначений для

роботи з розрідженими матрицями. Такий підхід дає змогу в межах одного розрахунку отримати кілька форм власних частот.

Метод Ланцоша так само пристосований для роботи з розрідженими матрицями та є ефективним при аналізі великих моделей. Він дає змогу отримувати кілька форм втрати стійкості в межах одного обчислення. Крім того, цей підхід добре справляється з матрицями, що мають погану обумовленість.

Під час обґрунтування конструктивних параметрів полиці корпусу плуга було застосовано систему автоматизованого проєктування КОМПАС-3D. За її допомогою створено тривимірну модель конструкції, виконано конструкторську й технологічну частини роботи, а також проведено силовий аналіз окремих деталей і всього корпусу плуга. Це дозволило виявити можливі недоліки та перевірити міцність конструкції під час взаємодії ґрунтообробного робочого органу з ґрунтом.

Таблиця 5.1 - Середні значення складових сил результуючої сили опору

| Швидкість при оранці, км/год | Ширина захвату, см | Глибина оранки, см | Поздовжня складова результуючої сили опору, Н | Бокова складова результуючої сили опору, Н | Поздовжня складова результуючої сили опору, Н |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--|---|--|
| 5,8 | 30 | 15 | 1061 | 64 | 198 |
| 7,4 | 30 | 15 | 1189 | 117 | 318 |
| 9,1 | 30 | 15 | 1573 | 287 | 337 |
| 6,1 | 30 | 20 | 1415 | 86 | 402 |
| 7,5 | 30 | 20 | 1586 | 156 | 424 |
| 9 | 30 | 20 | 2097 | 383 | 450 |

| | | | | | |
|-----|----|----|------|-----|-----|
| 5,9 | 30 | 25 | 1769 | 107 | 510 |
| 7,4 | 30 | 25 | 1982 | 195 | 530 |
| 9,2 | 30 | 25 | 2622 | 478 | 562 |

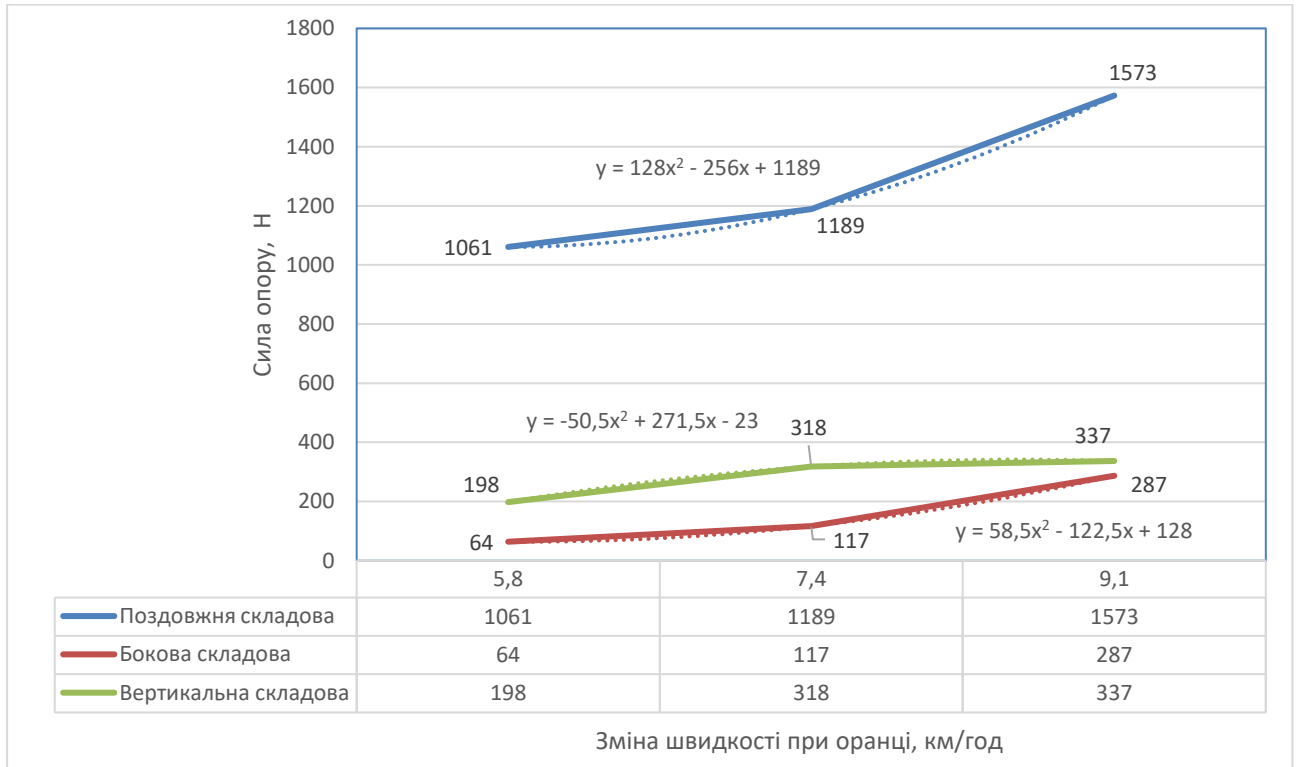


Рис. 5.1 Зміна складових сил опору в залежності від швидкості оранки при глибині обробітку 15 см та ширині захвату 30 см

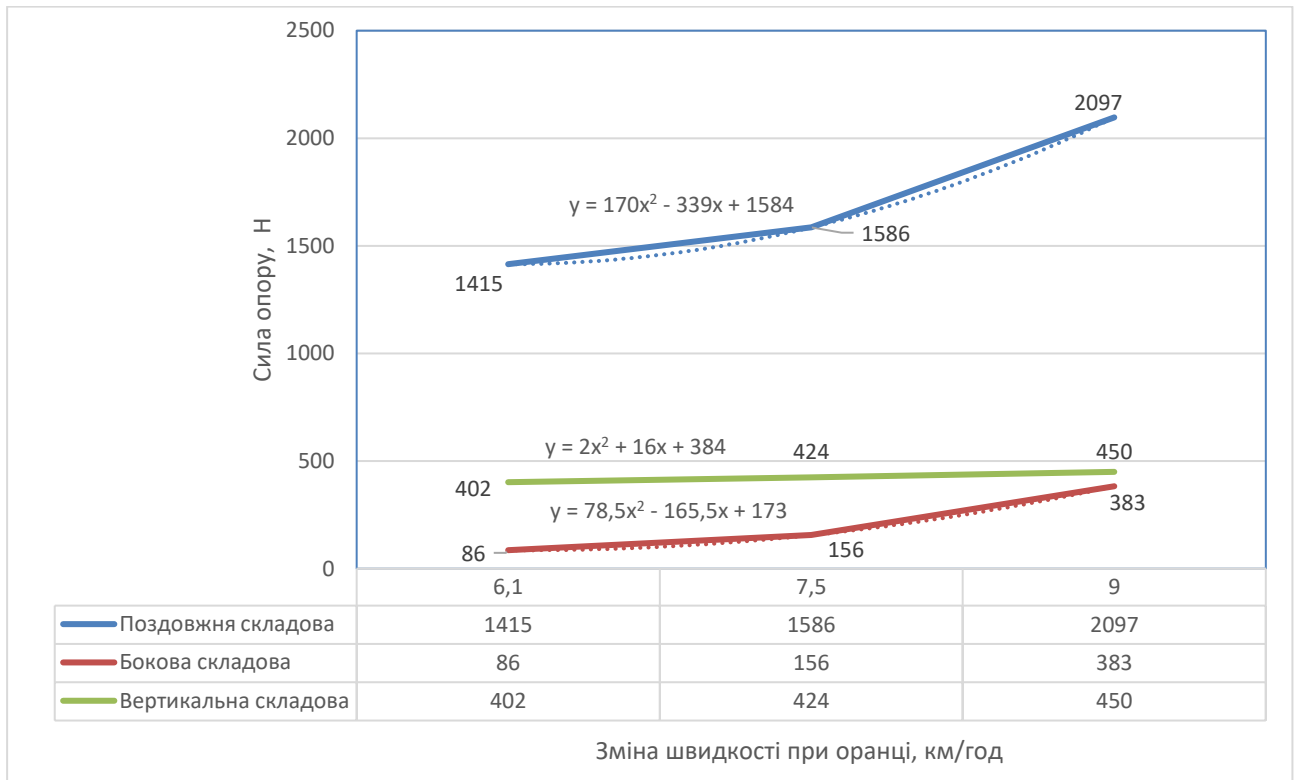


Рис. 5.2 Зміна складових сил опору в залежності від швидкості оранки при глибині обробітку 20 см та ширині захвату 30 см

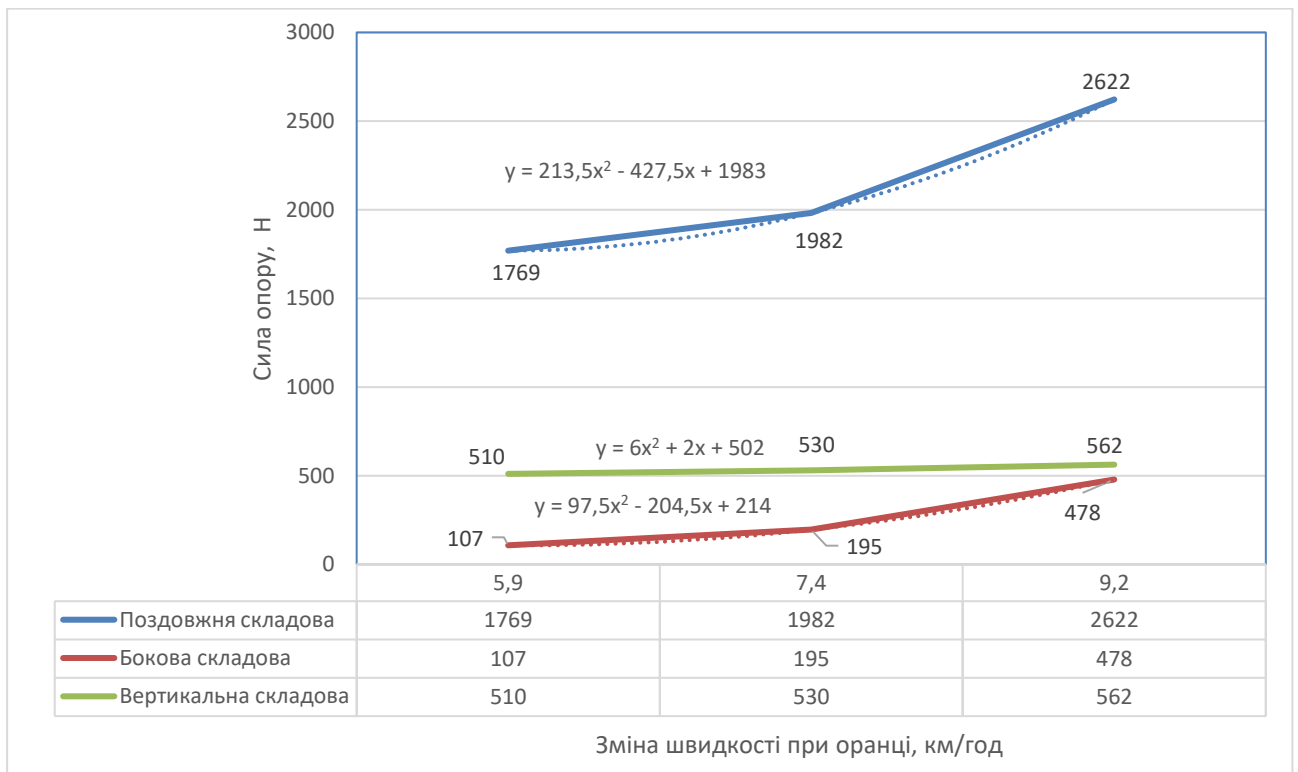


Рис. 5.3 Вплив швидкості оранки на складові сили опору при глибині обробітку 25 см та ширині захвату 30 см.

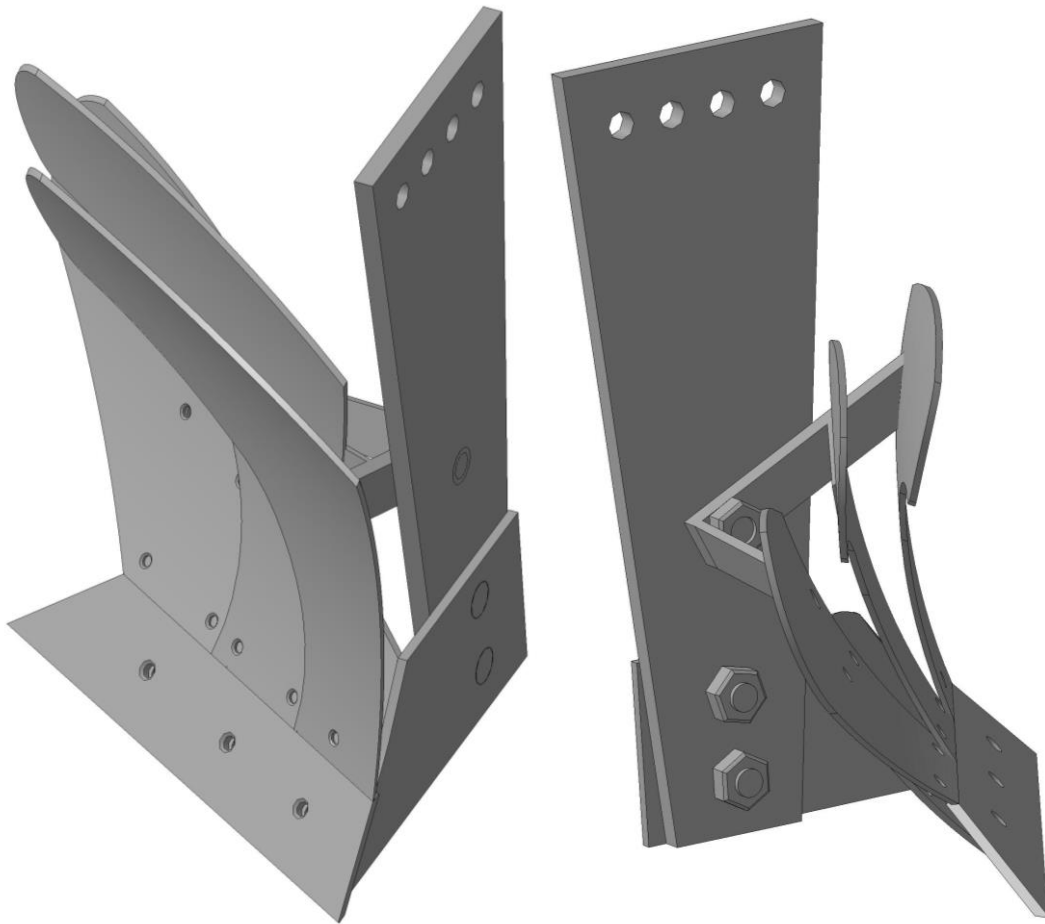


Рис. 5.4 Об'ємна модель удосконаленої конструкції корпусу плуга

Для проведення силового аналізу застосовувався модуль АРМ FEM у КОМПАС-3D, який дає змогу розв'язувати задачі напружено-деформованого стану (статичного розрахунку).

Для проведення аналізу об'ємну модель корпусу плуга закріплювали в місці кріплення стійки до рами. Потім на лемішно-полицеву поверхню прикладали результуючу силу опору. Величина цієї сили задавалась шляхом застосування трьох складових сил опору, що діють на лемішно-полицеву поверхню корпусу плуга.

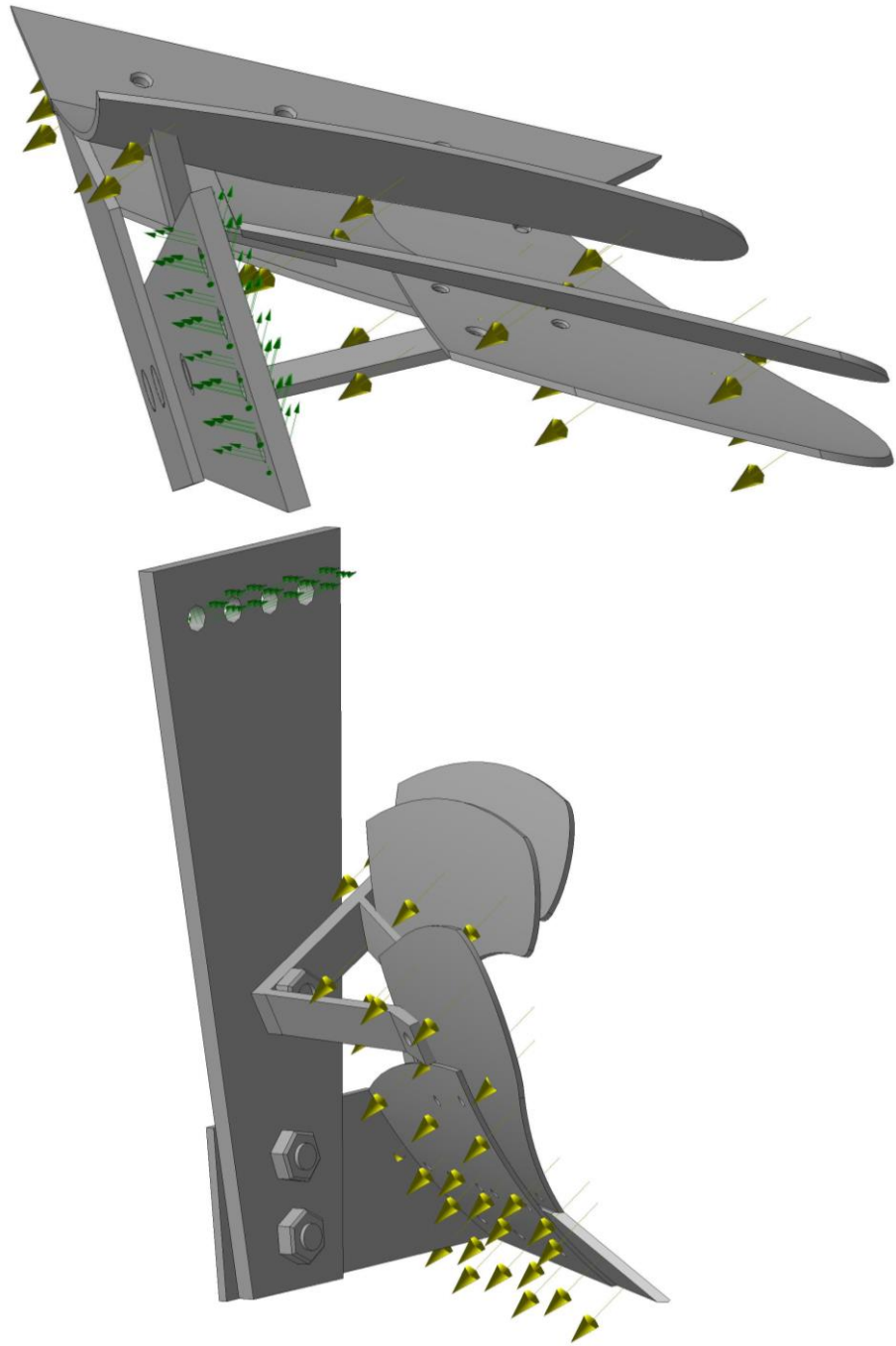


Рис. 5.5 Прикладання результуючої сили опору до корпусу плуга

Для виявлення недоліків конструкції, а також перевірки її міцності та надійності, сила прикладалася в діапазоні від 1 до 2 кН.



Рис. 5.6 Параметри і результати розбивання кінцево-елементної сітки

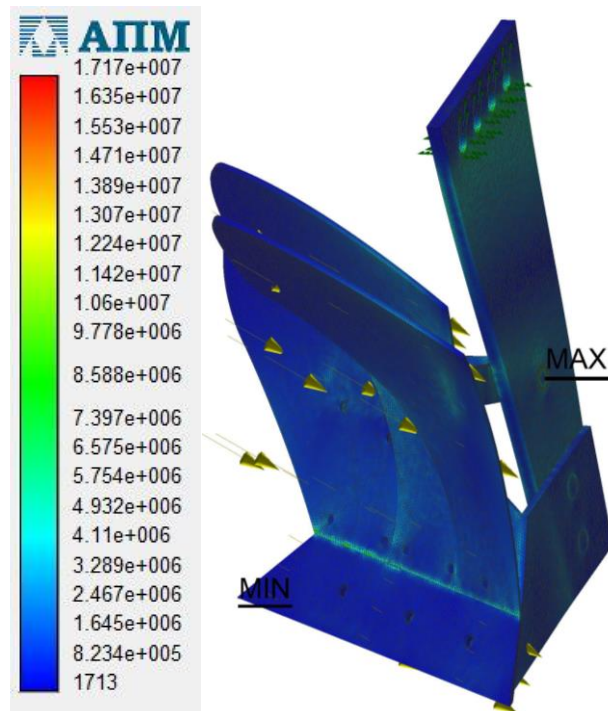


Рис. 5.7 Результати статичного розрахунку:
еквівалентне навантаження по Мізесу $\max=1717$ МПа

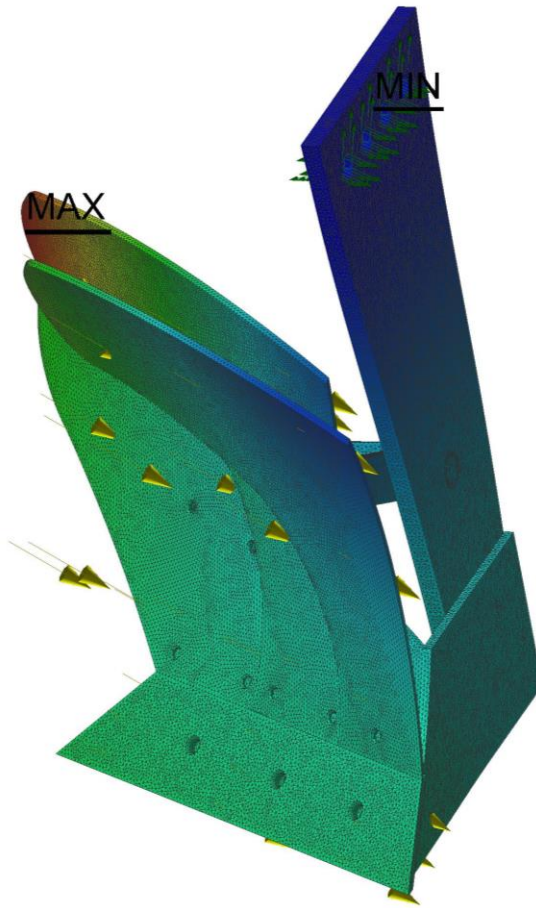


Рис. 5.8 Сумарне лінійне переміщення

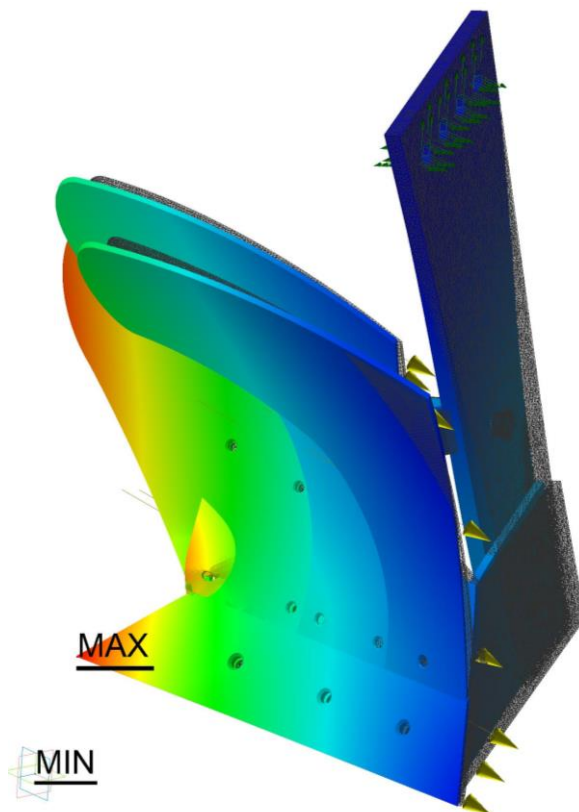


Рис. 5.9 Результат розрахунку стійкості

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Під час розрахунку економічної ефективності застосовувалися методи оцінки ефективності ножа для подрібнення рослинних решток. Річна економія за рахунок зменшення експлуатаційних витрат, отримана в результаті впровадження ножа, становить:

$$E_P = E_{yez} - E_n \cdot Z_{oz} = 17034 - 0,15 \cdot 6000 = 16134 \text{ грн}$$

E_{yez} – економія умовних експлуатаційних затрат, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності;

Z_{oz} – одноразові затрати на розробку і впровадження нового експериментального плуга;

$$E_{yez} = E_{zn} + E_{en} + E_{ep} + E_{ptomz} = 0 + 17000 + 9,61 + 24,36 = 17034 \text{ грн}$$

E_{zn} – економія по заробітній платі тракториста, грн.;

E_{en} – економія витрати палива, грн.;

E_{ep} – економія по відрахуванням на реновацію, грн.;

E_{ptomz} – економія по ремонту, технічному обслуговуванню і збереженню, грн.

Економія на заробітній платі тракториста, що досягається завдяки використанню експериментальної полиці, визначається за формулою:

$$E_{zn} = H_{zc} \cdot \left(\frac{H_{pz} - P_{ac} \cdot H_{pz}}{P_{ae}} \right) = 3,24 \cdot \left(\frac{1000 - 1 \cdot 1000}{1} \right) = 0$$

H_{zc} – годинна ставка тракториста з нарахуваннями, грн.;

H_{pz} – нормативне річне завантаження плуга, год.;

P_{ac} – продуктивність агрегату при виконанні робіт з серійною полицею корпусу плуга, га/год.;

P_{ae} – продуктивність агрегату при виконанні робіт з експериментальною полицею корпусу плуга, га/год.;

$P_{ac} \cdot H_{pz} / P_{ae}$ – час за який експериментальна полиця корпусу плуга виконає річне навантаження, год.

Годинна тарифна ставка тракториста H_{zc} визначається по формулі:

$$H_{ec} = H_z (K_1 + K_2) K_3 = 3,24$$

H_z – годинна тарифна ставка без нарахувань, год.;

K_1 – коефіцієнт, враховуючий величину додаткової зарплати тракториста;

K_2 – коефіцієнт, враховуючий нарахування за розрядність;

K_3 – коефіцієнт, враховуючий всі соціальні нарахування на зарплату.

Економі витрати палива E_{en} при роботі визначається:

$$E_{en} = (H_{ПРС} - H_{ПРЕ}) \cdot W_P \cdot Ц_T = (15 - 14) \cdot 1000 \cdot 17 = 17000 \text{ грн.}$$

$H_{ПРС}$ – питома витрата палива при роботі плуга з серійною полицею, кг/га;

$H_{ПРЕ}$ – питома витрата палива при роботі плуга з експериментальною полицею, л/га;

$Ц_T$ – ціна 1л паливо-мастильних матеріалів, грн.;

W_P – річне завантаження плуга, га.

$$W_P = П \cdot H_{PЗ} = 1 \cdot 1000 = 1000$$

$П$ – продуктивність праці експериментального плуга, га/год.;

$H_{PЗ}$ – нормативне річне завантаження плуга, год.

Економія по відрахуванню на реновацію:

$$E_{BP} = E_{BPT} + E_{BPII} = 8,65 + 0,96 = 9,61 \text{ грн}$$

E_{BPT} – економія по відрахуванню на реновацію трактора, грн.;

E_{BPII} – економія по відрахуванню на реновацію полиці корпусу плуга, грн.;

Економію по нормативним річним відрахуванням на реновацію трактора визначаємо з формули:

$$E_{BPT} = \left[\frac{\left(\frac{Ц_T \cdot a_{PT}}{100} \right)}{H_{ЗТ}} \right] (H_{ЗП} - t_E) = \left[\frac{\left(\frac{90000 \cdot 12,5}{100} \right)}{1300} \right] (1000 - 1000) = 8,65 \text{ грн.}$$

$Ц_T$ – оптова ціна трактора, грн.;

a_{PT} – нормативне річне відрахування на реновацію трактора, %;

H_{3T} – нормативне зональне завантаження трактора, год.;

$H_{3П}$ – нормативне річне завантаження плуга, год.;

t_E – час, за який агрегат з експериментальною полицею виконає річний об'єм роботи, год.;

$$t_E = \frac{(\Pi_{3C} \cdot H_{3П})}{\Pi_{3E}} = \frac{(1 \cdot 1000)}{1} = 1000$$

Π_{3C} – продуктивність агрегату при роботі з серійним плугом, га/год.;

Π_{3E} – продуктивність агрегату при роботі з експериментальною полицею корпусу плуга, га/год.;

Економію по відрахуваннях на реновацію плуга визначаємо по формулі:

$$E_{BPII} = \left[\frac{(\Pi_{II} \cdot a_{PII})}{100} / H_{3П} \right] (H_{3П} - t_E) = \left[\frac{(6000 \cdot 16)}{100} / 1000 \right] (1000 - 1000) = 0,96$$

a_{PII} – нормативне річне відрахування на реновацію плуга, %;

$H_{3П}$ – нормативне річне завантаження плуга, год.;

Π_{II} – оптова ціна плуга з експериментальними полицями (4 корпуси), грн.

Економію по ремонту, технічному обслуговуванню і збереженню визначаємо:

$$E_{PTO3} = E_{KTPTO3} + E_{ПPTO3} = 23,4 + 0,96 = 24,36 \text{ грн.}$$

E_{KTPTO3} – економія по нормативних річних відрахуваннях на капітальний ремонт, поточний ремонт, технічне обслуговування, збереження трактора, грн.;

$E_{ПPTO3}$ – економія по нормативним річних відрахуваннях на поточний ремонт, технічне обслуговування, збереження плуга, грн.;

$$\begin{aligned} E_{KTPTO3} &= \left[\left(\frac{\Pi_T \cdot a_{KTPTO3}}{100} \right) / H_{3H} \right] (H_{3П} - t_E) = \\ &= \left[\left(\frac{90000 \cdot 26}{100} \right) / 1000 \right] (1000 - 1000) = 23,4 \end{aligned}$$

де a_{KTPTO3} – сумарні нормативні річні відрахування на капітальний ремонт, поточний ремонт, технічне обслуговування, збереження трактора, грн.;

$$E_{ПРТОЗ} = \left[\left(\frac{Ц_{П} \cdot a_{ПРТОЗ}}{100} \right) / H_{ЗП} \right] (H_{ЗП} - t_E) =$$

$$= \left[\left(\frac{6000 \cdot 16}{100} \right) / 1000 \right] (1000 - 1000) = 0,96$$

$a_{ПРТОЗ}$ – нормативні річні відрахування на поточний ремонт, технічне обслуговування, збереження плуга, %;

Економічна ефективність за весь період експлуатації машинно-тракторного агрегату з експериментальною полицею визначається:

$$E = E_P + C_E = 16134 \cdot 6 = 96804$$

E_P – річний економічний ефект, грн.;

C_E – термін експлуатації агрегату з експериментальною полицею, років.

Термін окупності C_{OK} одноразових затрат на розробку і впровадження експериментальної полиці корпусу плуга:

$$C_{OK} = Z_{од} / E_P = 6000 / 16134 = 0,37$$

$Z_{од}$ – одноразові витрати на розробку і впровадження експериментальної полиці, грн.;

E_P – річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат, грн.

Таблиця 6.1 - Результати розрахунків економічної ефективності ножа, для подрібнення рослинних решток

| Показники | Позначення | Одиниця вимірювання | Базова полиця | Експериментальна полиця |
|---|-------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| Річне навантаження плуга | W_P | га | 1000 | 1000 |
| | H_{PZ} | год. | 1000 | 1000 |
| Продуктивність | Π | га/год. | 1 | 1 |
| Робоча швидкість Руху | V_0 | км/год. | до 9 | |
| Питома витрата палива за 1 год. основної роботи | $H_{ВП}$ | кг/га | 15 | 14 |
| Ціна 1 кг палива | $\zeta_{П}$ | грн. | 17 | |
| Вартість витрати палива | $B_{ВП}$ | грн/га | 255 | 238 |
| Обслуговуючий персонал | | чол. | 1 | |
| Годинна тарифна ставка з нарахуваннями | $H_{ГС}$ | грн. | 3,24 | |
| Нормативний коефіцієнт ефективності | E_n | - | 0,15 | |
| Річний економічний ефект | E_P | грн. | - | 16134 |
| Оптова ціна плуга | $\zeta_{П}$ | грн. | 6300 | 6000 |
| Оптова ціна трактора | $\zeta_{Т}$ | грн. | 90000 | |

| | | | |
|---|--------------|------|------|
| Нормативне річне відрахування на реновацію трактора | a_{PT} | % | 12,5 |
| Нормативне річне завантаження плуга | H_3 | год. | 1000 |
| Нормативне річне відрахування на ТО трактора | $a_{КТРТОЗ}$ | % | 26 |
| Нормативне річне відрахування на ТО плуга | $a_{ПРТОЗ}$ | % | 16 |

ВИСНОВКИ

Аналізуючи проведену роботу можна зробити наступні висновки:

1. У дипломному проєкті запропоновано конструкторське рішення полиці, що складається з кількох сегментів, на основі корпуса плуга ПЛН-3-35. Застосування цієї конструкції під час оранки забезпечить підвищення продуктивності та покращення якості обробітку ґрунту.

2. Обґрунтовано значення кутів α_1 при переході від леміша до полиці, які змінюються по висоті полиці до α_3 у межах 24° – 73° . Кути α_2 та α_4 , розташовані у площині, паралельній стінці борозни, що проходить через кінець нижньої частини полиці корпуса плуга, змінюються від 24° до 87° . Кути постановки полиці щодо стінки борозни в нижній частині полиці варіюються від θ_1 до θ_2 у межах 31° – 73° , а у верхній частині полиці кут θ_3 змінюється по ширині до значення θ_4 у межах 31° – 69° .

3. У розділі з охорони праці та навколишнього середовища викладено загальні вимоги безпеки під час проведення оранки. Особлива увага приділена вимогам до робочих органів машин та знарядь, а також розглянуто умови організації робочих місць і протипожежні заходи.

4. При обґрунтуванні конструктивних параметрів полиці корпуса плуга застосовували систему автоматизованого проєктування КОМPAS-3D, за допомогою якої створено об'ємну модель конструкції та проведено силовий аналіз деталей і всього корпуса плуга. Аналіз показав, що запропонована конструкція відповідає вимогам міцності під час виконання процесу оранки.

5. Техніко-економічні розрахунки показали, що застосування запропонованої конструкції полиці на базі корпуса плуга ПЛН-3-35 забезпечить економічну ефективність у розмірі 16 134 грн/рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 57247 Україна, МПК А01В 59/048 Фронтальний плуг/ Лисицький С.І., Надикто В.Т., Любов А.М., Генев О.І. Південний філіал інституту механізації та електрифікації сільського господарства - №2002054226; заявл. 23.05.2002; опубл. 16.06.2003, Бюл. №6.
2. Пат. 71367 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Гріпачевський М.С., Марченко Д.Д. – №201200047; заявл. 03.01.2012; опубл. 10.07.2012; Бюл. №13.
3. Пат. 70272 Україна, МПК А01В 49/02 Плуг з гнучкою бороною та з голчастими дисками/ Усенко М.В., Понікарчук А.М. Луцький національний технічний університет – №201111366; заявл. 26.09.2011; опубл. 11.06.2012; Бюл. №11.
4. Пат. 69617 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Войтік А.В., Головчук А.Ф., Мелентьєв О.Б., Пушка О.С. Уманський національний університет садівництва - №201111463; заявл. 28.09.2011; опубл. 10.05.2012; Бюл. №9.
5. Пат. 69170 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Кобець А.С., Пугач А.М. Дніпропетровський державний аграрний університет – №201110876; заявл. 12.09.2011; опубл. 25.04.2012; Бюл. №8.
6. Пат. 64367 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Бабій А.В., Литвин П.П. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя - №201103183; заявл. 18.03.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21.
7. Пат. 48966 Україна, МПК А01В 15/10 Корпус плуга/ Кобець А.С., Дирда В.І., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М., Конащук В.В. Дніпропетровський державний аграрний університет - №200911072; заявл. 02.11.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл. №7.
8. Пат. 43656 Україна, МПК А01В 15/00 Плуг/ Кобець А.С., Дирда В.І., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М., Слаква С.О. - №200903031; заявл. 30.03.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. №16.

9. Пат. 55371 Україна, МПК А01В 63/111 Віброплуг/ Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Дяченко Л.А. Національний університет біоресурсів і природокористування - №201007268; заявл. 11.06.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. №23.
10. Пат. 31573 Україна, МПК А01В 17/00 Плуг з вібраційною підвіскою/ Ловейкін В.С., Криворучко О.С., Пушкар І.А. Національний аграрний університет - №200714675; заявл. 25.12.2007; опубл. 10.04.2008, Бюл. №7.
11. Пат. 60809 Україна, МПК А01В 13/14 Ярусний плуг/ Скоробагатов Д.В., Дубровін В.О., Бендера І.М., Скоробагатов В.В., Овчарук В.В., Жмурко В.В., Сушко Д.С. – №2003021593; заявл. 24.02.2003; опубл. 15.10.2003, Бюл. №10.
12. Пат. 49131 Україна, МПК А01В 13/14 Двоярусний плуг/ Бабич Л.О., Рищук В.Л. Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрний університет» - №200905285; заявл. 27.05.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. №8.
13. Пат. 41260 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Шмат С.І., Свірень М.О., Воротнюк В.В., Лещенко С.М. Кіровоградський національний технічний університет - №200815142; заявл. 29.12.2008; опубл. 12.05.2009, Бюл. №9.
14. Пат. 41963 Україна, МПК А01В 5/00 Комбінований плуг/ Грабчак І.В., Рудь А.В. - №200801953; заявл. 15.02.2008; опубл. 25.06.2009, Бюл. №12.
15. Пат. 43657 Україна, МПК А 01 В 15/00. Корпус плуга/ Кобець А.С., Дирда В.І., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М. - №200903032; заявл. 30.03.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. №16.
16. А. Надаи. Пластичность и разрушение твердых тел. – М.: Изд. Иностранной литературы, 1954. – 648 с.
17. Б.Н. Воронин, Н.Н. Майстренко, А.В. Еремін, О.Г. Майстренко Плоскорезная на дерново – подзолистой почве. – Земледелие – 1992 - №3 ст. 25.

18. Бабицкий Л.Ф. Деформація ґрунту залежно від форми робочого органу//
Вісник с.-г. науки.—1978.- № 6, - С. 84-87.
- 19.