

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

**магістра**

(освітній рівень)

на тему: **Обґрунтування параметрів рамних конструкцій  
широкозахватного культиватора КП-8,5**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МСм-61

напряму підготовки (спеціальності) 133

**Галузеве машинобудування**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Баб'як В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Довбуш А.Д.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дзюра В.О.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Гевко Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

Освітній рівень магістр

Напрямок підготовки

(шифр і назва)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри

*Гевко Р.Б.*

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Баб'яку Володимиру Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування параметрів рамних конструкцій  
 широкозахватного культиватора КП-8,5

Керівник проекту (роботи) Сташків Микола Ярославович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від « 11 » вересня 2019 року № 4/7-799

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 22 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення рами широкозахватного культиватора КП-8,5; продуктивність 6 га/год; агрегується з тракторами тягового класу 5; швидкість 2 м/с; дані про напрацювання машини; перелік експлуатаційних пошкоджень; базовий технологічний процес механічної обробки деталей; робоче креслення деталей; річна програма випуску деталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
 Аналіз особливостей об'єкту проектування; Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки; Дослідження параметрів об'єкту розробки; САПР сільськогосподарських машин; Розробка технологічного процесу механічної обробки деталей; Обґрунтування економічної ефективності; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Екологія; Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Загальний вигляд культиватора КП-8,5 (2А1); 2. Рама основна культиватора КП-8,5 (2А1);

3. Пристрій причіпний (1А1); 4. Транспортне положення (1А1); 5. Деталювання (1А1);

6. Аналіз НДС основної рами (1А1); 7. Кондуктор для свердління двох отворів (1А1);

8. Приспосіблення для фрезерування паза (1А1); 9. Наладка на дві операції (1А1).



## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП .....	6
1. АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ .....	8
1.1. Аналіз способів механічного обробітку ґрунту.....	8
1.2. Машини і знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту.....	11
1.3. Конструкції комбінованих культиваторів комплексної дії .....	19
1.4. Аналіз несучих конструкцій культиватора КП-8,5 .....	27
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи .....	31
2. РОЗРАХУНОК РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЛЬТИВАТОРА .....	32
2.1. Обґрунтування змін у несучих конструкціях культиватора .....	32
2.2. Розрахунок тягового опору розпушувача колії трактора .....	33
2.3. Розрахунок тягового опору борінчастої секції.....	36
2.4. Розрахунок тягового опору прикочувальних котків.....	39
2.5. Розрахунок загального тягового опору культиватора .....	43
2.6. Розрахунок навантаження на раму культиватора .....	44
2.7. Розрахунок центральної рами культиватора.....	46
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	50
3.1. Математичне моделювання .....	50
3.2. Теоретичні дослідження міцності причіпного пристрою.....	53
3.3. Удосконалення поперечного бруса причіпного пристрою .....	56

## СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	58
4.1. Методи та системи САПР .....	58
4.2. Розробка моделі об'єкту проектування.....	60
4.2. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання .....	61

5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КРОНШТЕЙН КП-16.304 .....	64
5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі .....	64
5.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі .....	68
5.3. Розробка спеціальних верстатних пристроїв .....	86
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	87
6.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень. Оцінка технічного рівня виробу.....	87
6.2. Визначення техніко-економічних показників .....	90
6.3. Заходи з покращення організації виробництва .....	94
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	97
7.1. Нормативно-правові акти з охорони праці .....	97
7.2. Техніка безпеки при експлуатації ґрунтообробних машин.....	100
7.3. Запобігання виникнення надзвичайних ситуацій.....	103
8. ЕКОЛОГІЯ.....	106
8.1. Вплив сільськогосподарської діяльності людини на .....	106
8.2. Забруднення довкілля, що виникають при експлуатації удосконаленого культиватора .....	107
8.3. Заходи із зменшення забруднення довкілля .....	108
ВИСНОВКИ .....	111
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	112
ДОДАТКИ .....	115

## АНОТАЦІЯ

Тема дипломного проекту „Обґрунтування параметрів рамних конструкцій широкозахватного культиватора КП-8,5”.

Дипломна робота містить наступні розділи.

**Вступ.** Зазначено, що одним з перспективних напрямків розвитку комплексної механізації сільськогосподарського виробництва є створення комбінованих машин, які дозволяють одночасно в одному технологічному процесі виконувати кілька операцій по обробці ґрунту, сівбі, внесенню добрив і гербіцидів.

**Аналіз машин для механічного обробки ґрунту.** Проведено аналіз способів механічного обробки ґрунту, розглянуто машини і знаряддя для поверхневого обробки ґрунту, компоновальні схеми комбінованих ґрунтообробних агрегатів та існуючі конструкції культиваторів комплексної дії, проведено аналіз несучих конструкцій культиватора КП-8,5, обґрунтовано тему дипломної роботи.

**Розрахунок несучих конструкцій культиватора.** Обґрунтовано зміни у несучих конструкціях культиватора, розраховано тяговий опір розпушувача колії трактора, борінчастої секції та прикочувальних котків, визначено загальний тяговий опір комбінованого культиватора. Проведено розрахунок навантаження, що діє на раму культиватора. Методом скінченних елементів досліджено напружено-деформований стан центральної рами культиватора.

**САПР сільськогосподарських машин.** Розглянуто методи та системи комп'ютерного моделювання; розроблено модель осі кріплення поперечного бруса до поздовжніх траверс причіпного пристрою; проведено аналіз напружено-деформованого стану осі кріплення поперечного бруса.

**Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі.** Розроблено технологічні процеси механічної обробки деталі кронштейн КП-16.307. Проведено аналіз конструктивних особливостей і технологічності деталі; розроблено технологічні процеси виготовлення деталі; розроблено спеціальні верстатні пристрої.

**Обґрунтування економічної ефективності.** Проведено оцінку технічного рівня виробу, обґрунтовано інженерні рішення. Визначено техніко-економічні показники; розглянуто заходи з покращення організації виробництва.

**Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.** Розглянуто ДНАОП з охорони праці, подано правила техніки безпеки при експлуатації культиватора; розглянуто заходи запобігання надзвичайних ситуацій.

**Екологія.** Розглянуто вплив сільськогосподарської діяльності людини на екологію, досліджено забруднення довкілля, що виникають при експлуатації удосконаленого культиватора та заходи їх зменшення.

**У висновках** підсумовано результати досліджень, проведених у дипломній роботі: завдяки впровадженню запропонованих змін у рамних конструкціях широкозахватного культиватора досягається підвищення надійності та довговічності конструкції при деякому збільшенні витрат на технічне обслуговування та поточний і капітальний ремонт машини за рахунок зменшення кількості уніфікованих вузлів.

Річний економічний ефект від впровадження широкозахватного культиватора запропонованої конструкції становить більше 18000 грн.

Об'єм дипломної роботи: графічна частина складається із 11 листів креслення формату А1; розрахунково-пояснювальна записка містить 115 с. машинописного тексту, 36 рисунків, 15 таблиць, 36 позицій у переліку посилань.

## ВСТУП

Ґрунт – основний засіб сільськогосподарського виробництва та об'єкт праці, а його найважливіша властивість – родючість.

На родючість ґрунту суттєво впливають способи його обробітку і внесення добрив. Тому для збереження родючості ці способи постійно удосконалюються, що потребує пошуку нових технічних рішень та удосконалення машин і знарядь для традиційних способів обробітку ґрунту і внесення добрив.

Вікове прагнення людини до зростання продуктивності праці у сільському господарстві було пов'язане з прагненням підвищити родючість ґрунту. З розвитком механізації машини стали продуктивнішими, потужнішими, важчими. І ось на даному етапі багатівікове прагнення підсилити механічний обробіток ґрунту суперечить невблаганним законам природи: оголення, розпилення, а потім ущільнення ґрунтів стають причинами катастрофічного розвитку ерозійних процесів [34].

Удосконалення ґрунтообробної техніки пов'язане з постійним удосконаленням місцевих та регіональних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Тому розробка й удосконалення цих машин і знарядь на новому рівні неможливі без глибоких знань теоретичних основ з їх обґрунтуванням, розрахунків та проектування.

Одним з перспективних напрямків розвитку комплексної механізації сільськогосподарського виробництва є створення комбінованих машин, які дозволяють б одночасно в одному технологічному процесі виконувати кілька операцій по обробітку ґрунту, сівбі, внесенню добрив і гербіцидів.

Можливість та доцільність суміщення технологічних операцій визначають системами землеробства та обробітку ґрунту, що застосовуються, засміченістю полів бур'янами та їх видовим складом, метеорологічними умовами, параметрами енергетичних засобів, агрономічними, техніко-економічними та іншими факторами.



Можливі поєднання операцій при обробітку ґрунту поділяють на три основні групи:

- обробіток ґрунту з одночасним внесенням добрив та пестицидів;
- суміщення кількох технологічних операцій обробітку ґрунту – вирівнювання поверхні поля, розпушування ґрунту, прикочування;
- суміщення обробітку ґрунту з сівбою вирощуваної культури.

Друга група машин є найпоширенішою групою комбінованих машин, оскільки у ній вони конструктивно найбільш відпрацьовані, а також набуто досить значного досвіду у світі щодо використання різноманітних комбінацій в застосуванні робочих органів.

По цій групі машин в умовах відповідної зони можливі такі суміщення операцій: операції основного (зяблевого) обробітку ґрунту; основний обробіток (оранка) з одночасним передпосівним обробітком зораного поля; операції передпосівного обробітку ґрунту (культивация з боронуванням і прикочуванням). Виконання кожної з перелічених операцій забезпечується відповідним типом робочих органів, які входять до складу агрегату.

Кожен з робочих органів комбінованого ґрунтообробного культиватора розташовується у строго визначеній послідовності та геометрії (на певній відстані один від одного) на рамі культиватора. Надійність несучих елементів широкозахватного культиватора безпосередньо впливає на якість виконання культиватором технологічного процесу механічного обробітку ґрунту, періодичність його технічного обслуговування та ремонту.

# 1. АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

## 1.1. Аналіз способів механічного обробітку ґрунту

Одним з основних заходів, спрямованих на підвищення родючості ґрунту і зростання врожайності сільськогосподарських культур, є механічний обробіток ґрунту, тобто вплив на нього робочими органами знарядь і машин з метою створення оптимальних умов для вирощування культурних рослин. При цьому поліпшуються фізичні властивості ґрунту: співвідношення між капілярною та некапілярною пористістю і між вмістом вологи й повітря в ґрунті; від його ущільнення й особливостей поверхні ріллі залежать теплові властивості ґрунту; обробіток впливає на його тепловий режим.

Обробітком ґрунту створюються сприятливі умови для біологічних процесів, що зумовлює нагромадження доступних рослинам поживних речовин, сприяє видаленню з ґрунту вуглекислого газу, поліпшує умови фотосинтезу. На правильно оброблених ґрунтах підвищується ефективність внесених добрив. Завдяки обробітку створюються сприятливі умови для використання поживних речовин з глибших шарів ґрунту, для проростання насіння бур'янів, сходи яких знищують подальшим обробітком. Одним з основних завдань обробітку є боротьба зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур, і, крім того, загортання добрив, гербіцидів.

Завдання механічного обробітку ґрунту залежать від конкретних умов виробництва. Так, на дуже забур'янених полях основним його завданням є повне знищення бур'янів. При обробітку задернілих ґрунтів (цілинні, культурні пасовища) знищується багаторічна рослинність і створюються сприятливі умови для якісної сівби та росту молодих рослин з часу появи сходів.

У посушливих районах головне завдання обробітку ґрунту полягає в створенні умов для кращого використання вологи і зменшення її непродуктивних витрат (випаровування з поверхні ґрунту, стікання в яри, річки тощо). У районах надмірного зволоження основним завданням обробітку є

поліпшення повітряного, теплового і поживного режимів ґрунту. У районах поширення вітрової ерозії, а також на схилах, де є загроза водно; ерозії, головним і першочерговим завданням системи обробітку ґрунту є запровадження спеціальних заходів для підвищення протиерозійної стійкості ґрунту.

Залежно від завдань обробітку і властивостей ґрунту, ступеня його окультуреності тощо застосовують різні ґрунтообробні знаряддя. При цьому, залежно від погодних умов, особливостей ґрунту та його забур'яненості, специфіки вирощування культур, використовують такі операції: перевертання, розпушування та кришіння, перемішування, ущільнення, вирівнювання, обробіток ґрунту із залишенням стерні на поверхні.

**Перевертання скиби** передбачає взаємне переміщення верхнього та глибшого шарів ґрунту у вертикальному напрямі, що забезпечує загортання в ґрунт післяжнивних решток, дернини, добрив тощо, знищення бур'янів і шкідників сільськогосподарських культур. Скибу перевертають плугом; частково ґрунт перевертається і під час обробітку іншими знаряддями (лемішними луцильниками тощо). Однак перевертання скиби має й недоліки: збільшуються витрати вологи, посилюється загроза водної та вітрової ерозій.

**Розпушування та кришіння ґрунту.** Основним завданням розпушування (змінювання взаємного розміщення частинок і збільшення об'єму ґрунту) і кришіння (зменшення розміру ґрунтових частинок) є забезпечення нещільного розміщення частинок ґрунту і одночасне збільшення загальної пористості, особливо некапілярної; посилення аерації ґрунту і збільшення його водопроникності; інтенсифікація аеробних процесів; знищення кірки на поверхні ґрунту; подрібнення брил до дрібного стану.

Залежно від особливостей рослин, ґрунту і клімату, змінюються вимоги до розпушеності орного шару. Іноді орний шар розпушують на повну його глибину або навіть і глибше, застосовуючи такий прийом, як ґрунтопоглиблення. Нерідко обробіток проводять так, щоб розпушені прошарки чергувалися з ущільненими (наприклад, у південних районах під час обробітку чистих парів для зменшення випаровування). Саме тому

використовують різні знаряддя: для розпушування орного шару на повну глибину – плуги, для глибших шарів – ґрунтопоглиблювачі; для розпушування орного шару на певну глибину – борони, культиватори, чизель-культиватори, фрези. Для створення прошарків розпушеного і відносно ущільненого ґрунту поєднують роботу культиваторів і котків. Для кришення ґрунту можна застосовувати багато видів знарядь, але найефективнішими є фрези.

**Перемішування ґрунту** здійснюють культиваторами та іншими знаряддями, а частково й плугами. Найкраще перемішується ґрунт під час обробітку фрезою.

Перемішуванням ґрунту передбачається утворення однорічного орного шару, що досягається рівномірним розподілом у ньому післяжнивних решток, гною, вапна, гіпсу тощо. Однорідність орного шару необхідна для створення умов, які б забезпечили рівномірний розвиток культур та їх одночасне дозрівання.

**Вирівнювання поверхні ґрунту** – важливий захід для зменшення випаровування вологи з поверхні ґрунту, а також для рівномірного загортання насіння під час сівби (сприяє одержанню рівномірних і дружних сходів). При вирощуванні озимих на вирівняних площах рослинам не загрожує вимокання. На вирівняному ґрунті ефективніше використовуються машини й знаряддя під час сівби, догляду за рослинами та збирання врожаю, підвищується продуктивність праці. Для вирівнювання поверхні ґрунту використовують борони, шлейфи, волокуші та легкі котки. Для зрошення поля планують грейдерами, бульдозерами, скреперами, планувальниками, вирівнювачами та іншими машинами і знаряддями.

**Ущільнення ґрунту.** Для нормального розвитку рослин надмірно розпушений ґрунт нерідко доводиться ущільнювати. При цьому змінюється співвідношення між капілярною і некапілярною пористістю, посилюється підняття вологи до поверхні ґрунту і висіяного насіння, збільшується теплопровідність і прогрівання ущільненого шару ґрунту.

Завдяки післяпосівному коткуванню посилюється контакт насіння з ґрунтом. Насіння швидше бубнявіє, що прискорює його проростання і

забезпечує появу дружних сходів. У посушливих районах ущільнення зменшує випаровування вологи, що відбувається під впливом конвекційно-дифузного процесу. Для ущільнення ґрунту використовують котки різних конструкцій.

Для високоякісного своєчасного обробітку ґрунту і підвищення врожайності культур вирішальне значення має правильне та ефективне використання сучасної сільськогосподарської техніки.

## **1.2. Машини і знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту**

Машини і знаряддя для поверхневого обробітку поділяють на групи:

- борони (зубові, сітчасті, дискові, шлейф-борони тощо) для розпушування ґрунту, боротьби з бур'янами і вирівнювання поверхні поля;
- культиватори для суцільного і міжрядного обробітку ґрунту;
- котки для ущільнення ґрунту, розбивання грудок і вирівнювання поверхні;
- комбіновані машини, які за один прохід виконують декілька технологічних операцій обробітку ґрунту.

### **1.2.1. Борони та їх робочі органи**

Зубові борони призначені для подрібнення і розпушування брил і скиб ґрунту після оранки плугом, вирівнювання поверхні поля, розпушування верхнього шару ґрунту і знищення ґрунтової кірки, що утворюється після дощів, знищення бур'яну, загортання насіння і мінеральних добрив.

Польові борони за способом приєднання робочих органів до рам поділяють на жорсткі, шарнірні та пружинні. Жорсткі зубові борони поділяють за питомим тиском на зуб на легкі (від 6 до 10 Н), середні (від 12 до 15 Н) і важкі (від 16 до 20 Н).

У жорстких боронах застосовують зуби квадратного (рис. 1.1, а – важкі і середні), круглого (рис. 1.1, б – легкі), ромбовидного й еліптичного перерізів. Для лапчастих борін використовують спеціальний зуб зі стрілоподібним кінцем.

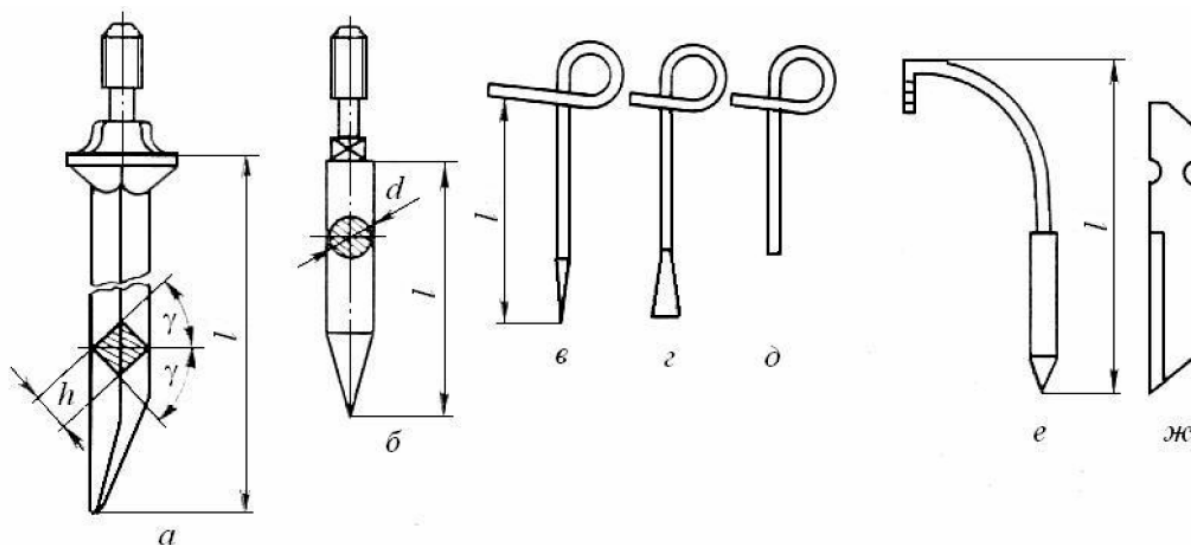


Рисунок 1.1 – Робочі органи зубових борін

До шарнірних належать зубові борони з рухомим з'єднанням поперечних брусів, які несуть зуби, і зубові борони, в яких кожна ланка складається із двох секцій, з'єднаних шарнірно. Робочими органами їх є зуби різної форми, при цьому навантаження на зуб становить 10–16 Н.

Універсальна сітчаста борона складається із трьох послідовно з'єднаних ланок зі спадною довжиною зубів: у першій ланці довгі круглі зуби із загостреними кінцями (рис. 1.1, в), у другій – круглі зуби з ножеподібними кінцями (рис. 1.1, г), у третій – круглі зуби з тупими кінцями (рис. 1.1, д). Навантаження на зуб становить відповідно 7; 5 і 3,5 Н.

Пружинні борони поділяють на легкі й важкі. Борони мають довгі зігнуті зуби (рис. 1.1, е), виготовлені із пружинної сталі. Навантаження на зуб для важких борін становить 7–19 Н, для легких борін воно забезпечується натискними пружинами.

Робочими органами лугових борін є ножеподібні зуби з одним (рис. 1.1, ж) або двома загостреними кінцями. Навантаження на зуб становить 9–14 Н.

Зуби квадратного перерізу застосовують у важких і середніх ґрунтових умовах. Їх встановлюють так, що одна із діагоналей перерізу спрямована за лінією руху. Працюють вони за принципом клина з вертикальним ребром, добре перемішуючи ґрунт у горизонтальному напрямку, без зайвого розпилення.

Зуби круглого перерізу застосовують на легких боронах для вирівнювання мікрорельєфу, знищення кірки та загортання насіння й добрив.

Пружинні зуби добре розбивають грудки й брили ґрунту. Їх застосовують під час роботи на кам'янистих і задернілих ґрунтах, а також на ділянках з кореневищними бур'янами. Завдяки різким коливанням пружин зуби меншою мірою піддаються забиванню бур'янами. До недоліків пружинних зубів слід віднести зайве розпилення ґрунту під час роботи.

### **1.2.2. Культиватори та їх робочі органи**

Культиватори призначені для спущування поверхні ґрунту на глибину до 12 см і глибокого спущування на глибину до 25 см і більш, знищення смітної рослинності, внесення до ґрунту мінеральних добрив, підгортання і нарізування поливних борозен.

За призначенням розрізняють культиватори для суцільної обробки ґрунту і просапні. До культиваторів для суцільної обробки ґрунту відносять парові культиватори з лапами на жорстких і пружинних стійках, призначені для догляду за парами і передпосівної обробки ґрунту на глибину до 12 см, культиватори-плоскорізи для спущування стерньових полів на глибину до 16 см, штангові культиватори для знищення кореневищних бур'янів, культиватори-розпушувачі, садові, виноградникові та лісові культиватори.

На культиваторах встановлюють такі робочі органи (рис. 1.2): лапи – однобічні плоскорізальні бритви, стрілочасті плоскорізальні й універсальні, зуби – розпушувальні (долотоподібні лапи), оборотні, списоподібні і пружинні,





сталі стержні – штанги, голчасті диски, лапи-полочки, підживлювальні лапи або ножі для сухого і рідинного підживлення, корпуси підгортальні і борознонарізувальні аричніки, ротаційні борінки.

Однобічні плоскорізальні лапи (рис. 1.2, а) призначені для підрізання бур'янів, проріджування культурних рослин, розпушування ґрунту на глибину до 6 см у міжряддях. Лапи мають ширину захвату 85, 120, 150, 165 і 250 мм.

Стрілчасті плоскорізальні лапи (рис. 1.2, б) призначені також для підрізання бур'янів, якщо потрібні невелика глибина обробітки (до 6 см) і незначне зміщення ґрунту. Лапи виготовляють з кутом розхилу  $2\gamma = 60^\circ$  або  $70^\circ$  і шириною захвату 145, 150 і 260 мм.

Стрілчасті універсальні лапи (рис. 1.2, в) одночасно з підрізанням бур'янів розпушують ґрунт. Кут розпушування в цих лап  $\beta = 28^\circ\text{--}30^\circ$ . Лапи з кутом розпушування  $\beta = 30^\circ$  застосовують у культиваторах-розпушувачах для роботи на глибині до 14 см. Виготовляють лапи з кутом розхилу  $2\gamma = 65^\circ$  (ширина захвату 220, 270 і 330 мм) і  $2\gamma = 60^\circ$  (захват 250, 270 і 330 мм).

Розпушувальні зуби (рис. 1.2, г) використовують для розпушування міжрядь зв'язних і щільних ґрунтів на глибину 15 см без винесення волого шару на поверхню. Виготовляють їх у вигляді загнутого загостреного зуба (долота) із шириною захвату 20 мм.

Оборотні лапи (рис. 1.2, д) на жорстких стояках застосовують у культиваторах-розпушувачах для обробітки ґрунту на глибину близько 22–25 см. Оборотна лапа має два заточені зверху кінці. Ширина захвату – 45–60 мм.

Списоподібні лапи (рис. 1.2, е) використовують у парових культиваторах для знищення кореневищ багаторічних бур'янів. Один кінець лапи загострений у вигляді наконечника списа.

Пружинні зуби (рис. 1.2, с) застосовують у просапних культиваторах для розпушування ґрунту в захисних зонах і міжряддях.

Штанговий робочий орган (рис. 1.2, ж) призначений для суцільного обробітки ґрунту, знищення бур'янів, розпушування ґрунту на парах, а також передпосівної культивації в районах недостатнього зволоження і там, де ґрунти піддаються вітровій ерозії.

Голчасті диски (рис. 1.2, з) застосовують для знищення ґрунтової кірки і бур'янів, які слабо вкоренилися, у рядках і захисних зонах. Під час роботи голки дисків рухаються захисними зонами рядків, заглиблюючись у ґрунт на 9 см і зсуваючи його поверхневий шар приблизно на 1–2 см.

Диски виготовляють трьох діаметрів – 350, 450 і 520 мм, завширшки 12–15 мм. Їх встановлюють загнутими зубами за ходом знаряддя (або проти ходу) на відстані 68 мм один від одного (диски діаметром 450 і 520 мм) або на відстані 56 мм (диски діаметром 350 мм).

Лапи-полички (рис. 1.2, і) використовують для боротьби з бур'янами у спосіб присипання ґрунтом. Лапа-поличка, рухаючись у ґрунті, знімає його тонкий шар у міжрядді і зсуває в рядок, засипаючи дрібні бур'яни.

Підживлювальний ніж (рис. 1.2, г) є розпушувальною долотоподібною лапою з лійкою для туків, через яку вони надходять на дно борозни на глибину до 16 см. Ножі мають змінні наконечники. Для загортання борозни, утвореної ножем, встановлюють розпушувальні або прополювальні лапи.

Підгортальні корпуси (рис. 1.2, й) призначені для підгортання рослин, знищення бур'янів на дні борозни і засипання її ґрунтом. Підгортальні корпуси встановлюють на глибину до 16 см. Висота гребенів досягає 25 см.

Аричник-борознонарізувач (рис. 1.2, м) призначений для нарізування поливних борозен з одночасним унесенням добрив на глибину близько 20 см.

Ротаційну борінку (рис. 1.2, н) застосовують для вирівнювання вершин гребенів, досходового розпушування ґрунту та знищення бур'янів на посівах коренеплодів і посадках картоплі, вирощуваних на грядках.

Прополювальні борінки (рис. 1.2, п) застосовують для розпушування ґрунту та знищення бур'янів у захисних зонах і міжряддях під час культивування високостеблових просяних культур.

Робочі органи прикріплюють до гряділів, які з'єднують з рамою культиватора. Розрізняють радіальне й паралелограмне кріплення гряділів до рам. Радіальне кріплення застосовують у культиваторах для суцільного обробітку ґрунту, а паралелограмне – у культиваторах для міжрядного обробітку.

Глибину ходу лап начіпних культиваторів змінюють шляхом переставлення опорних коліс або котків гвинтовими механізмами, а причіпних культиваторів – шляхом змінення сили тиску пружин натискних штанг.

### **1.2.3. Грунтообробні котки**

Котки застосовують для ущільнення та вирівнювання поверхні поля, руйнування ґрунтової кірки, грудок, розпушування ґрунту. Ущільнення може бути поверхнєве та підповерхнєве. Його застосовують при передпосівному обробітку, під час сівби та після її проведення.

Поверхнєве ущільнення ґрунту при сівбі та після сівби покращує контакт насіння з ґрунтом, сприяє підтягуванню вологи з нижніх горизонтів до насіння, зменшує втрати вологи шляхом випаровування.

Ущільнювальні й опорні органи машин мають ідентичний характер дії на ґрунт, однакову геометрію (круговий циліндр із горизонтальною віссю), але котки належать до робочих органів, оскільки вони призначені для виконання технологічної операції – ущільнення ґрунту, а колеса – до числа допоміжних органів, оскільки вони виконують роль опор або одночасно опор і рушія.

За формою робочої поверхні котки в рільництві поділяються на гладенькі, гладенькорубчасті, кільчасті, кільчасто – зубчасті, кільчасто – шпорові, борончасті та пруткові.

*Гладенький коток* (рис. 1.3, *а*) загального призначення застосовують для ущільнення ґрунту і вирівнювання поверхні, а також для коткування зелених добрив перед оранкою. Він являє собою порожнистий циліндр, внутрішню порожнину якого для збільшення тиску на ґрунт заповнюють водою. Місткість циліндра котків становить 500 кубічних дециметрів. Місткість циліндра котків для коткування ґрунту до і після сівби цукрового буряка складає 100 куб. дециметрів.

Гладкі котки не розбивають брили, а лише втискують їх.

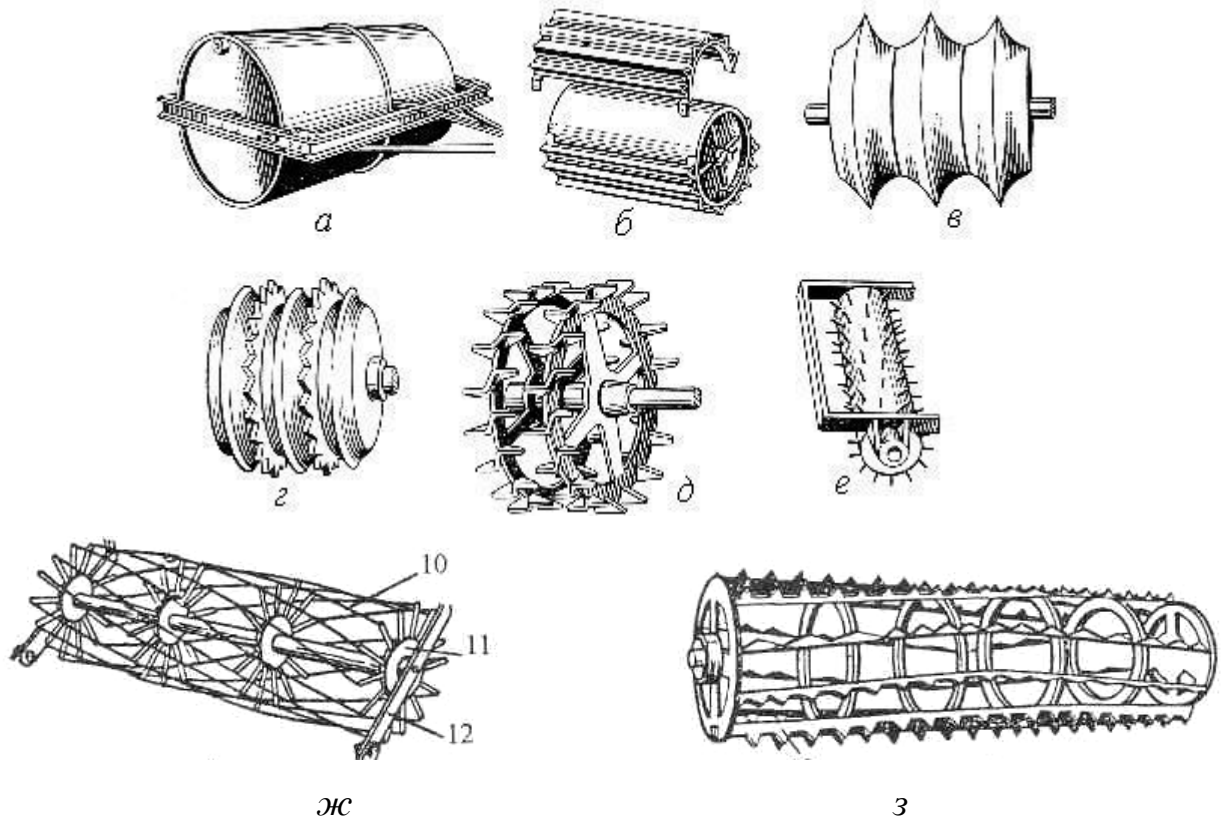


Рисунок 1.3 – Типи робочих органів котків:

а – гладкий водоналивний; б – гладко-зубчастий; в – кільчастий; г – кільчато-зубчастий; д – кільчато-шпоровий; е – борончастий, ж, з – пруткові.

*Гладко-зубчастий коток* (рис. 1.3, б) є гладким циліндричним котком, на який надіто кожух з ребристою поверхнею, виготовлений із кутової сталі. На відміну від гладенького котка, який здебільшого лише втискує грудки в ґрунт, він здатний і подрібнювати їх.

*Кільчастий коток* (рис. 1.3, в) призначений для ущільнення нижніх шарів ґрунту внаслідок дії на нього вузьких гострих клинів, які глибоко врізаються в ґрунт, ущільнююють його нижній шар. Утворені після проходу котка гребінці неміцні й швидко осипаються в канавки, утворюючи пухкий, мульчований поверхневий шар ґрунту.

*Кільчато-зубчастий коток* (рис. 1.3, г) призначений для вирівнювання поверхні поля, ущільнення підповерхневого і розпушення поверхневого шарів ґрунту. Він складається із набору кілець, що чергуються із клиноподібними і зубчастими робочими органами. Очищення кілець від налиплого ґрунту і рослинних залишків відбувається внаслідок їх обертання з різною швидкістю.

*Кільчасто-шпоровий коток* (рис. 1.3, д) застосовують для розпушення верхнього та ущільнення підповерхневого шарів ґрунту, руйнування грудок, кірки і вирівнювання зораного поля. Він складається із набору кілець, які мають шпори (осьові виступи), розташовані з боків кілець.

*Борончастий коток* (рис. 1.3, е) застосовують для руйнування грудок і коткування ґрунту перед сівбою з одночасним розпушенням поверхневого шару, а також для руйнування ґрунтової кірки на посівах. Він являє собою циліндр, на якому за гвинтовою лінією розміщені зуби.

Пруткові котки (рис. 1.3, ж і з) призначені для вирівнювання поверхні поля, подрібнення грудок та ущільнення ґрунту. Їх найчастіше розміщують за робочими органами культиваторів і комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Прутки на котках встановлюють круглі 10 і з прямокутним перерізом. Прямокутні пластини бувають з вирізами і зубчасті 13. Найбільш інтенсивно подрібнюють ґрунт котки з круглими прутками і прямокутного перерізу без вирізів.

Питомий тиск на один сантиметр довжини (ширини захвату) котка залежить від маси баласту.

### **1.3. Конструкції комбінованих культиваторів комплексної дії**

Комбіновані ґрунтообробні агрегати (машини) призначені для виконання за один прохід кількох технологічних операцій. Агрегати повинні виконувати тільки такі технологічні операції, які суміщаються в часі без порушення агротехнічних показників і строків виконання.

Використання комбінованих агрегатів значно зменшує ущільнення і розпилювання ґрунту ходовими системами агрегатів, скорочує строки виконання робіт, підвищує продуктивність праці та знижує витрати.

Розрізняють три основні типи комбінованих агрегатів: із кількох послідовно з'єднаних простих машин, кожна з яких виконує окрему операцію;

машина з послідовно встановленими простими робочими органами для виконання кількох операцій; машина зі спеціальними комбінованими робочими органами для послідовного виконання технологічного процесу.

За послідовністю технологічних операцій, що виконуються при обробітку ґрунту, комбіновані машини поділяють на чотири основні групи:

- машини для суміщення основного передпосівного обробітку ґрунту;
- машини для суміщення операцій при обробітку ґрунту;
- машини для суміщення основного або передпосівного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив;
- машини для суміщення передпосівного обробітку ґрунту і сівби.

Комплексне спущування ґрунту сприяє збереженню вологи і живильних речовин у формі доступної для засвоєння їх рослинами. При роботі на високих швидкостях (до 15 км/год) поліпшується вирівнювання поверхні поля, спущеність ґрунту, а отже, створюються хороші умови для роботи посівних машин. Застосовують наступні марки широкозахватних культиваторів.

Культиватор ККП-6/ККП-3 “Кардинал” (рис.1.4) (Галещина, машзавод) призначений для передпосівної обробки ґрунтів, особливо ефективний при використанні його після оранки. Виконує декілька операцій: обробляє слід після проходу трактора; вирівнює поверхню поля; формує насінневе ложе оптимальної щільності на задану глибину; подрібнює глиби тандемним катком; знищує бур’яни на поверхні поля; може працювати в парі з рядковою сівалкою.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд культиватора ККП-6 “Кардинал”

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика культиватора “Кардинал”

Культиватор	ККП-6/ ККП-3 “Кардинал”
Глибина обробки, см	2-15
Маса, кг	3 900/ 2 200
Ширина захоплення, м	3-6
Маса, кг	3900
Продуктивність, га/година	4,8-6,0/2,4-3,0
Витрата палива, л/га	6,5-7,8
Габаритні розміри в робочому стані, мм: довжина ширина висота	7250×6250×1700 / 7250×3150×1700
Габаритні розміри в транспортному стані, мм: довжина; ширина; висота	7250×3150×2700/7250×3150×1700
Робоча швидкість, км/год	8-10
Агрегатується з тракторами класу	не менше 3

Агрегат передпосівний АП - 6/ АП -3 (Уманьферммаш) призначений для ранньовесняного закриття вологи і культивації ґрунту з рівним і похилим рельєфом, підготовки ґрунту під посів цукрового буряка, зернобобових і овочевих культур (рис. 1.5).

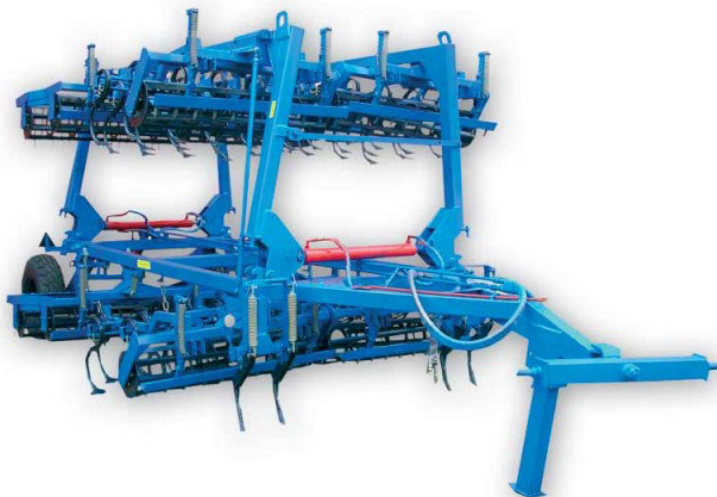


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд культиватора АП - 6 (Уманьферммаш)

За один прохід агрегат виконує наступні операції: спущування сліду трактора; вирівнювання поверхні поля за допомогою пружинячої, переставної по висоті балки; руйнування глиб землі катками; інтенсивне спущування

грунту стрілочастими лапами, підрізування і вичісування бур'янів; повторне вирівнювання поверхні за допомогою пружинячої балки; додаткове подрібнення і кришіння грудок землі, ущільнення поверхневого шару дворядними катками; подрібнення і зарівнювання ґрунту пружинними зубами.

Агрегується з тракторами тягового класу 3 (Т - 150К, МТЗ - 1523).

Таблиця 1.2 – Характеристики агрегату передпосівного АП - 6/ АП -3

Марка	АП-6/ АП-3
Продуктивність, га/год	5,4/2,8
Ширина захвату, м	6/3
Глибина обробки за один прохід, см	16
Робоча швидкість, км/год	8-10
Загальна маса, кг	3200/2200
Габаритні розміри у робочому стані, мм : довжина; ширина	6800×6000 / 6800×3000
Габаритні розміри у транспортному стані, мм: довжина; ширина; висота	6800×3000×2657
Середній термін служби, років, не менше	6

Культиватор навісний важкий КГС-8М (Точмаш) призначений для суцільної передпосівної і парової обробки ґрунту, осінньої і зимової обробки стерньових полів. Складається з 3-секційної шарнірної рами (рис.1.6): ширина центральної секції – 4 м; бічні секції шириною 2 м, ідентичні один одному. За допомогою гідросистеми трактора бічні секції переводяться з транспортного положення в робоче двома гідроциліндрами, розташованими на рамі.

Робочі органи – стрілочасті лапи ЛК-3 із сталі 65Г з шириною захвату 410 мм на жорстко закріплених пружинних стійках СК-2 із сталі 50ХГ. Є два опорних робочих металевих і два гумові пневматичні колеса з індивідуальними механізмами регулювання глибини обробки ґрунту. Кожне колесо регулюється по висоті. Є пристосування для навішування зубових або пружинних борін.

Агрегується з трактором К-700. Обслуговується одним трактористом.





Рисунок 1.6 – Загальний вигляд культиватора КГС-8М

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика культиватора КГС-8М (Точмаш)

Ширина захвату загальна, м	(схема 2+4+2) 8,0
Глибина обробки, мм	160-200
Число робочих органів (лап), шт	23
Маса, кг	2500
Габаритні розміри, мм	
у робочому положенні	3100×8200×1500
у транспортному положенні	3400×4200×2590
Робоча швидкість, км/ч	до 10,0
Збереження стерні, мм	не менше 60
Продуктивність, га/год	
основного часу	0,6
експлуатаційного часу	5,0

Культиватор паровий КПН “Вакула” (рис. 1.7) (Галещина, машзавод) призначений для передпосівного обробітку ґрунтів, особливо ефективний при обробці пари. Агрегат комбінований, за один прохід виконує декілька операцій: обробляє слід після проходу трактора; вирівнює поверхню поля; подрібнює глиби тандемним катком; знищує бур’яни на поверхні поля.

Технічна характеристика культиватора подана в таблиці 1.4.



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд культиватора КПН “Вакула”

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика культиватора парового КПН “Вакула”

Ширина захвату, м	3,0-8,0
Глибина обробітку, см	5-15
Маса, кг	5380
Продуктивність, га/год	6,4-8,0
Робоча швидкість, км/год	8-10
Агрегатуються з тракторами	класу 5

Культиватори парові навісний КПН-8 і причіпний КПП-8 (Уманьфермаш) (рис. 1.8) призначені для проведення суцільної передпосівного обробітку ґрунту і обробки пари з одночасним кришінням грудок землі і ущільнення поверхневого шару катками.

В порівнянні з відомими аналогами мають наступні переваги: стійка встановлена на підпружинниках для створення мікровібрації, що оберігає лапи від поломки, комплектується стрілочастими лапами 330 мм; лапи культиватора працюють на одній заданій глибині, що забезпечує рівномірні сходи посівного матеріалу, а відповідно приріст врожаю; за рахунок великої відстані між лапами і рядами лап, менше забивається післяжнивними рештками; два ряди катків забезпечують безгребневе вирівнювання ґрунту.



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд культиваторів КПН-8 (а) і КПП-8 (б)

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики культиваторів КПН-8/КПП-8

Обслуговуючий персонал, людина	1/1
Загальна маса, кг	2250/2100
Агрегується з тракторами тягового класу	3 (Т - 150, МТЗ - 1523)
Габаритні розміри у транспортному стані, мм:	3000×4340×2500/3000×4340×2500
Габаритні розміри у робочому стані, мм:	3000×8500×1450/3000×8500×1450
Середній термін служби, років, не менше	6
Транспортна швидкість, км/год	до 20
Робоча ширина захвату, м	до 8,0
Продуктивність, га/ч	до 9,6
Глибина обробки, см	від 6 до 12 /5-12
Робоча швидкість, км/год	від 6,0 до 12,0

Культиватор широкозахватний модернізований напівнавісного типу КПШ-9,6 призначений для суцільного передпосівного обробітку ґрунту всіх типів при вологості 8-20% і твердості ґрунту  $4-16 \times 10^{-1}$  МПа ( $0,4-1,6$  кгс/см<sup>2</sup>) на полях з рівним мікрорельєфом місцевості і на схилах, що не перевищують 8°, окрім зон, схильних до вітрової і водної ерозії і засмічених камінням (рис.1.9).

За один прохід по полю культиватор виконує наступні операції: вирівнює рельєф поля волокушами; спушує ґрунт на глибину до 12 см; подрібнення і ущільнення поверхневого шару ґрунту підпружиненими катками. При зміні робочих органів є можливість використовувати культиватор для лемішного луцення, аерації посівів багаторічних трав, боротьби із смітною рослинністю. Культиватор агрегується з тракторами 3 т.с. (Т-150, Т-150К).



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд культиватора КПШ-9,6

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика культиватора КПШ-9,6

Робоча ширина захвату, м	9,6
Вага, кг	3100
Кількість S-подібних стійок, шт	87
Відстань між стійками, см	10
Транспортна ширина, м	3
Продуктивність за 8 годин, га	75
Робоча швидкість, км/год	8-12
Глибина обробки, см	До 12
Необхідна потужність трактора, к.с	Не менше 130
Габаритні розміри, м	4,7×9,58×0,93

#### 1.4. Аналіз несучих конструкцій культиватора КП-8,5

Комбінований культиватор КП-8,5 (рис. 1.10) призначений для передпосівного обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур і виконує за один прохід подрібнення грудок, розпушування ґрунту, підрізування бур'янів, вирівнювання поверхні поля і ущільнення ґрунту.

Комбінований ґрунтообробний агрегат складається з основної рами 1 з причіпним пристроєм 2 та балкою опорних коліс 3. З обох боків основної рами кріпляться додаткові секції, які складаються з середньої рами 4 та бокової рами 5.

На рамі монтуються робочі органи – розпушувачі колії коліс трактора 6, розпушуючі секції борінного типу 7 та прикочувальні котки 8 на підвісці 9.

В комбінованому культиваторі пропонуваної конструкції глибина обробітку ґрунту регулюється двома опорними катками 8, що дозволяє відмовитись від використання додаткових опорних коліс при культивуванні. Наявність катків дозволяє додатково подрібнювати, вирівнювати і прикочувати ґрунт на оброблюваному полі, що сприяє підняттю вологи з нижніх шарів до горизонту. Ротаційні секції оснащено пружинними блоками безпеки на підвісці 7, що оберігають робочі органи від поломки, виключають виникнення граничних навантажень і знижують тягове зусилля. Радіальна підвіска робочих органів забезпечує також копіювання рельєфу ґрунту.

Переваги такого культиватора: надійні робочі органи; підсилені лапи розпушування сліду трактора; секції катків монтуються на закритих підшипникових вузлах і мають самоочищення; зручне регулювання глибини обробітку, механічна фіксація колісного ходу в транспортному положенні.

Трисекційна будова несучої конструкції культиватора, яку можна складати за допомогою гідравлічної системи, дозволяє зменшити транспортну ширину до 4 м, заощадити час на додаткову підготовку до роботи, усуває необхідність використання зчіпки та додаткового транспорту для перевезення культиватора.



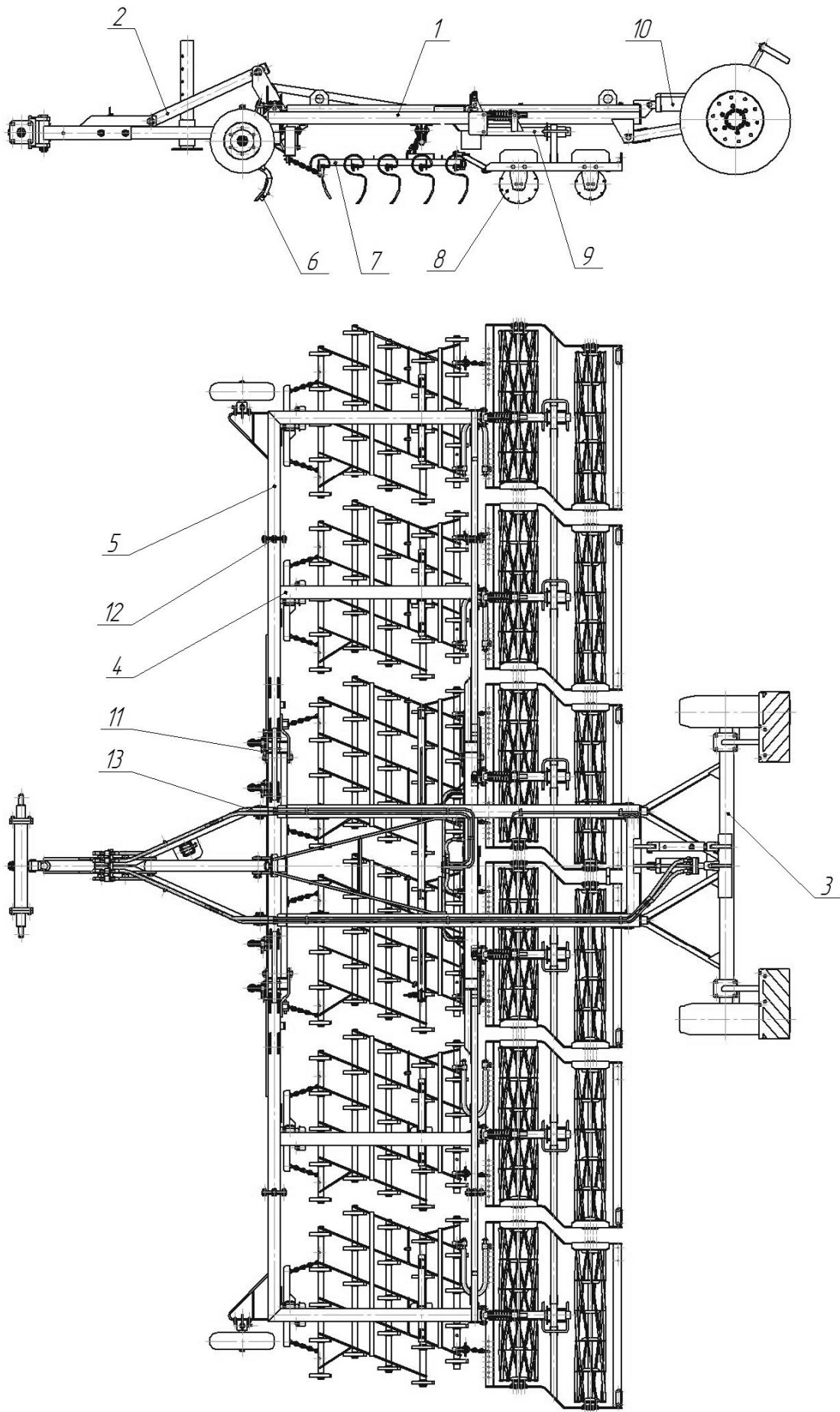


Рисунок 1.10 – Конструкція культиватора КП-8,5

Основна рама (рис. 1.11) виготовлена із квадратної труби розміром 100×100×6 мм. Вона має прямокутну форму із додатковими розтяжками у передній половині рами.

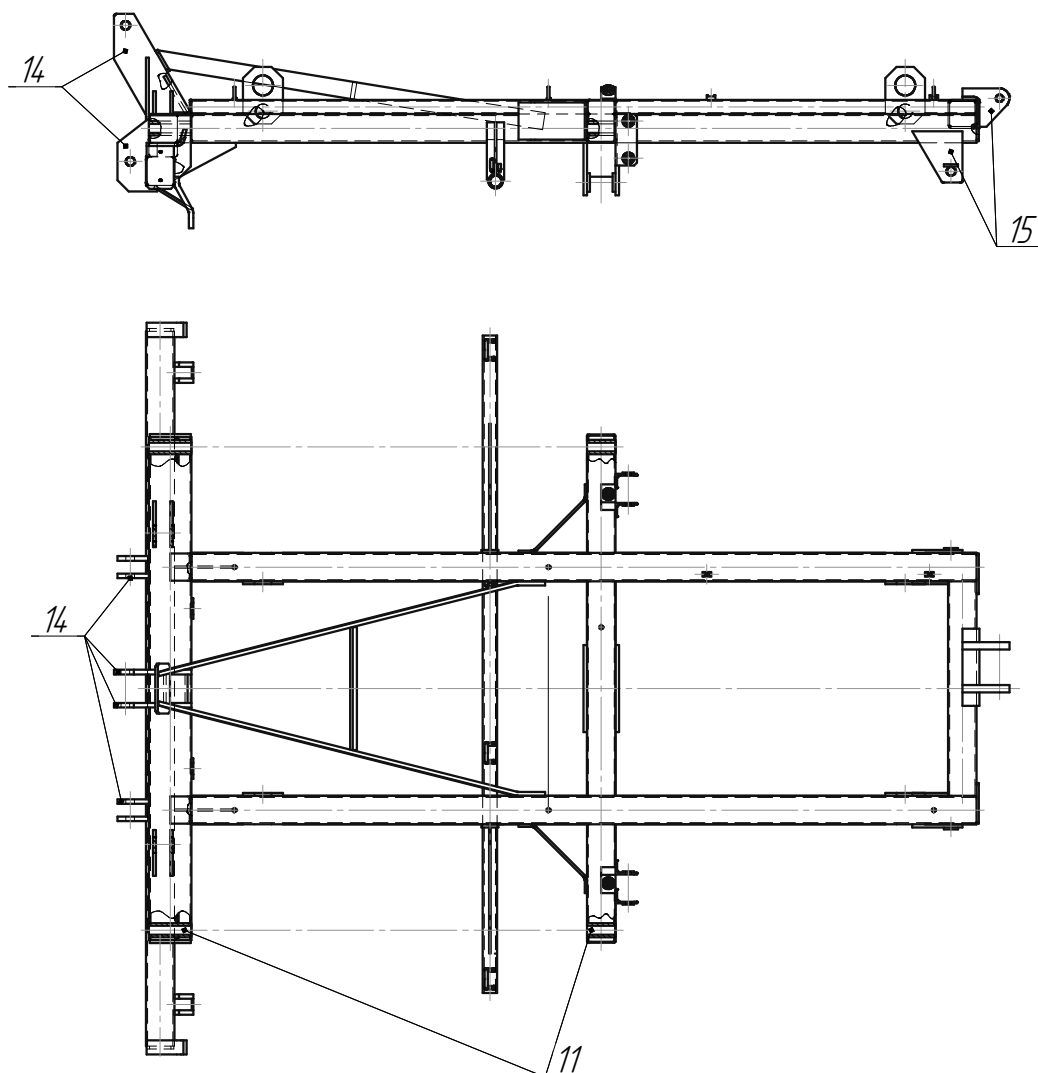


Рисунок 1.11 – Основна рама культиватора КП-8,5

З обох боків основної рами до кронштейнів 11 кріпляться додаткові секції культиватора, які складаються з середньої рами та бокової рами, що з'єднуються між собою фланцями за допомогою болтів.

До основної рами додаткові секції приєднуються шарнірно і за допомогою гідроциліндрів переводяться у горизонтальне/вертикальне положення для забезпечення габаритності конструкції при її транспортуванні.

Попереду основної рами до кронштейнів 14 приєднується причіпний пристрій (рис. 1.12), який складається з балки поперечної 1 з кронштейнами 2, поворотного кулака 3, дишла 4, вилки 5 та тяги 6.

Вилкою 5 та тягою 6 причіпний пристрій приєднується до кронштейнів 14 основної рами, а кронштейни 2 фіксуються безпосередньо у системі начіпки трактора.

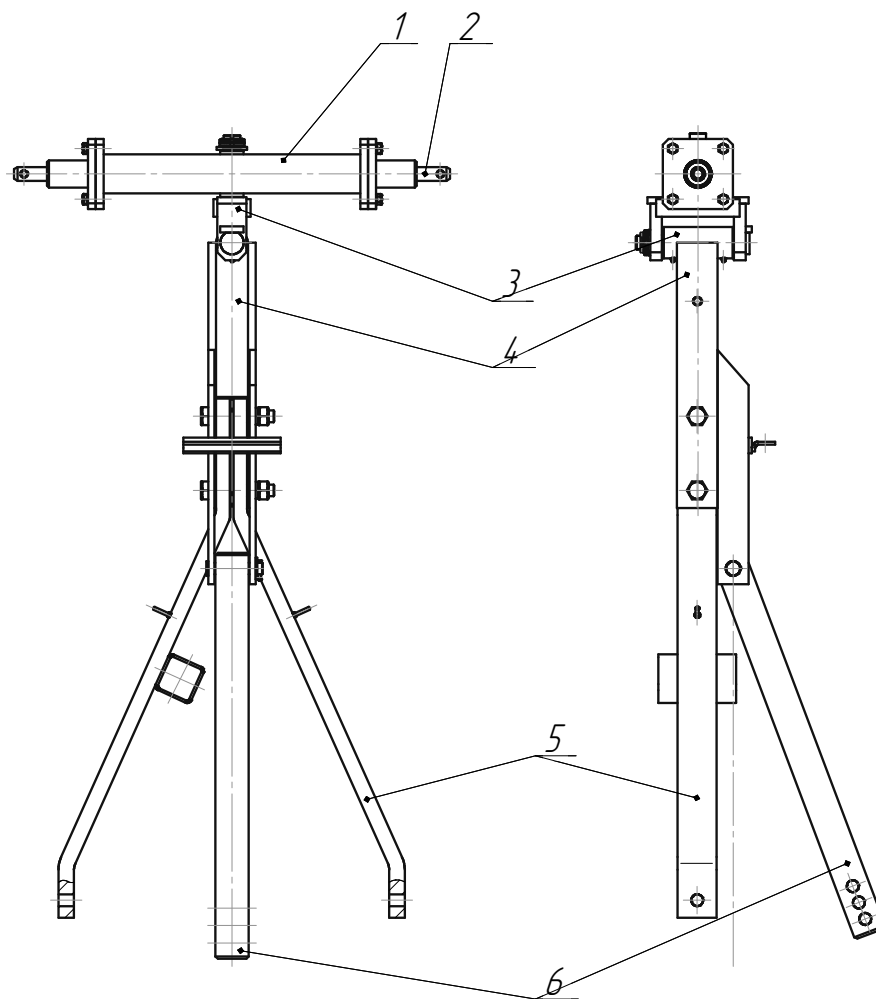


Рисунок 1.12 – Причіпний пристрій культиватора КП-8,5

До кронштейнів 15 основної рами культиватора кріпиться секція опорних коліс, що складається з балки 1, до якої безпосередньо кріпляться колеса 2, розкоси 3 з шарнірними кронштейнами 4, якими здійснюється монтаж секції до основної рами культиватора, кронштейнів 5, до яких кріпляться гідроциліндри для переведення секції опорних коліс у транспортне/робоче положення. На балці також кріпляться пластини 6 для нанесення попереджувачих позначень чи кріплення світлоповертачів.



## 1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи

Сучасний комбінований ґрунтообробний агрегат повинен забезпечувати якісне розпушування попередньо зораного ґрунту на задану глибину (5-12 см) із знищенням бур'янів і за один прохід виконувати наступні операції: розпушення сліду трактора; вирівнювання поверхні поля за допомогою пружинної, регульованої по висоті балки; інтенсивне розпушування ґрунту стрілочастими лапами, підрізування і вичісування бур'янів; подрібнення і зарівнювання ґрунту пружинними зубами; додаткове подрібнення і кришіння грудок землі, ущільнення поверхневого шару юючи дворядними катками.

Комбінований широкозахватний культиватора КП-8,5 (рис. 1.10) призначений для передпосівного обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур і виконує за один прохід подрібнення грудок, розпушування ґрунту, підрізування бур'янів, вирівнювання поверхні поля і ущільнення ґрунту.

Комбінований ґрунтообробний агрегат складається з трисекційної рами 1, яку можна складати за допомогою гідравлічної системи, що дозволяє: зменшити транспортну ширину до 4 м, заощадити час на додаткову підготовку до роботи, усуває необхідність додаткового транспорту для перевезення двох культиваторів і зчіпки. На рамі 1 монтуються причіпна система 2, транспортні колеса 3 та робочі органи – розпушувачі колії коліс трактора 4, розпушуючі секції борінчастого типу 5 та прикочувальні котки 6 на підвісці 7.

В процесі експлуатації широкозахватного культиватора КП-8,5 виявлено ряд недоліків у конструкції його несучих елементів, що негативно впливає на ефективність експлуатації культиватора, періодичність проведення технічного обслуговування та ремонту. Всі ці фактори разом суттєво знижують експлуатаційну надійність широкозахватного культиватора.

Завдання дипломної роботи – запропонувати конструктивні рішення з удосконалення елементів рами широкозахватного культиватора КП-8,5, які забезпечать підвищення надійності несучих конструкцій культиватора.

## **2. РОЗРАХУНОК РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЛЬТИВАТОРА**

### **2.1. Обґрунтування змін у несучих конструкціях культиватора**

Базовою несучою конструкцією широкозахватного культиватора КП-8,5 є основна рама. До неї кріпляться решту конструктивних елементів культиватора: зліва та справа – бокові рами з встановленими робочими органами, попереду монтується причіпний пристрій культиватора, а позаду – його ходова частина.

Основна рама культиватора сприймає експлуатаційні навантаження від цих конструктивних вузлів і працює у важких умовах складного напружено-деформованого стану.

У конструкції основних несучих вузлів широкозахватного культиватора КП-8,5 виявлено ряд недоліків. Зокрема, встановлено, що кріпильний брус причіпного пристрою втрачає несучу здатність в процесі експлуатації.

Також було зафіксовано появу тріщин у місці кріплення поздовжніх балок основної рами культиватора з поперечним брусом.

Крім того, поздовжні розтяжки кріпляться до поздовжніх балок рами якраз у місці максимальних напружень, що може викликати втомне руйнування зварних швів кріплення розтяжок. Тому розтяжки доцільно зробити довшими і кріпити до поздовжніх балок рами поблизу поперечного бруса основної рами культиватора.

Всі ці несучі елементи культиватора необхідно перевірити на міцність та жорсткість з метою виявлення небезпечних перетинів, що не відповідають вимогам надійності конструкції.

Розрахунки при цьому проводять як для транспортного режиму експлуатації культиватора (при визначенні міцності ходової системи культиватора) так і для робочого режиму експлуатації культиватора (при визначенні міцності рамних конструкцій сільськогосподарського знаряддя).

## 2.2. Розрахунок тягового опору розпушувача колії трактора

При проходженні коліс важких МТА по розпушеному і зволоженому ґрунту відбувається його ущільнення на значну глибину. Ущільненню сприяє пробуксовування і вібрація рушіїв, високий тиск у шинах коліс, малі відстані між опорами ходових систем та ін.

Такі несприятливі фактори ущільнення ґрунту негативно впливають на його властивості: зростає щільність і твердість (до глибини 30–120 см), зменшується швидкість надходження в ґрунт вологи, її доступність та погіршуються умови розвитку кореневих систем рослин.

Встановлено, що зміна об'ємної маси ґрунту від оптимального значення на  $0,1\text{--}0,3\text{ г/см}^3$  приводить до зменшення врожаю на 20–40%.

Дія ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт залежить від типу рушія трактора (гусеничний, колісний) і маси агрегату. При роботі тракторів 5 класу ущільнення поширюється на глибину до 45 см, 6 класу – на 50–70 см. При цьому значно зростає об'ємна маса орного і підорного шарів, досягаючи  $1,35\text{--}1,45\text{ г/см}^3$ , на 23–25% зменшується пористість ґрунту. У більшості ґрунтово-кліматичних зон щільність ґрунту не самовідновлюється.

Загальний вигляд розпушувача колії коліс трактора показано на рис. 2.1,а. Розпушувач складається з стійки 1, на якій кріпиться рухомий кронштейн 2 з скобами 3 для кріплення розпушувача до переднього бруса рами культиватора. В нижній частині стійки на шарнірі кріпиться стійка 4 розпушувальної лапи 5. Стійка 4 врівноважується пружиною 6, яка кріпиться тягою 7 до стійки 1.

Розпушувальні лапи розставляють так, щоб вони не перекривали одна одну, оскільки ширина розпушеного лапою шару більша конструктивної ширини захвату лапи (рис. 2.1, б). Збільшення зони розпушення ґрунту у порівнянні із шириною лапи пояснюється сколюванням ґрунту, яке залежить від кутів тертя ґрунту  $\varphi$  та  $\theta$  у горизонтальній та вертикальній площині відповідно.

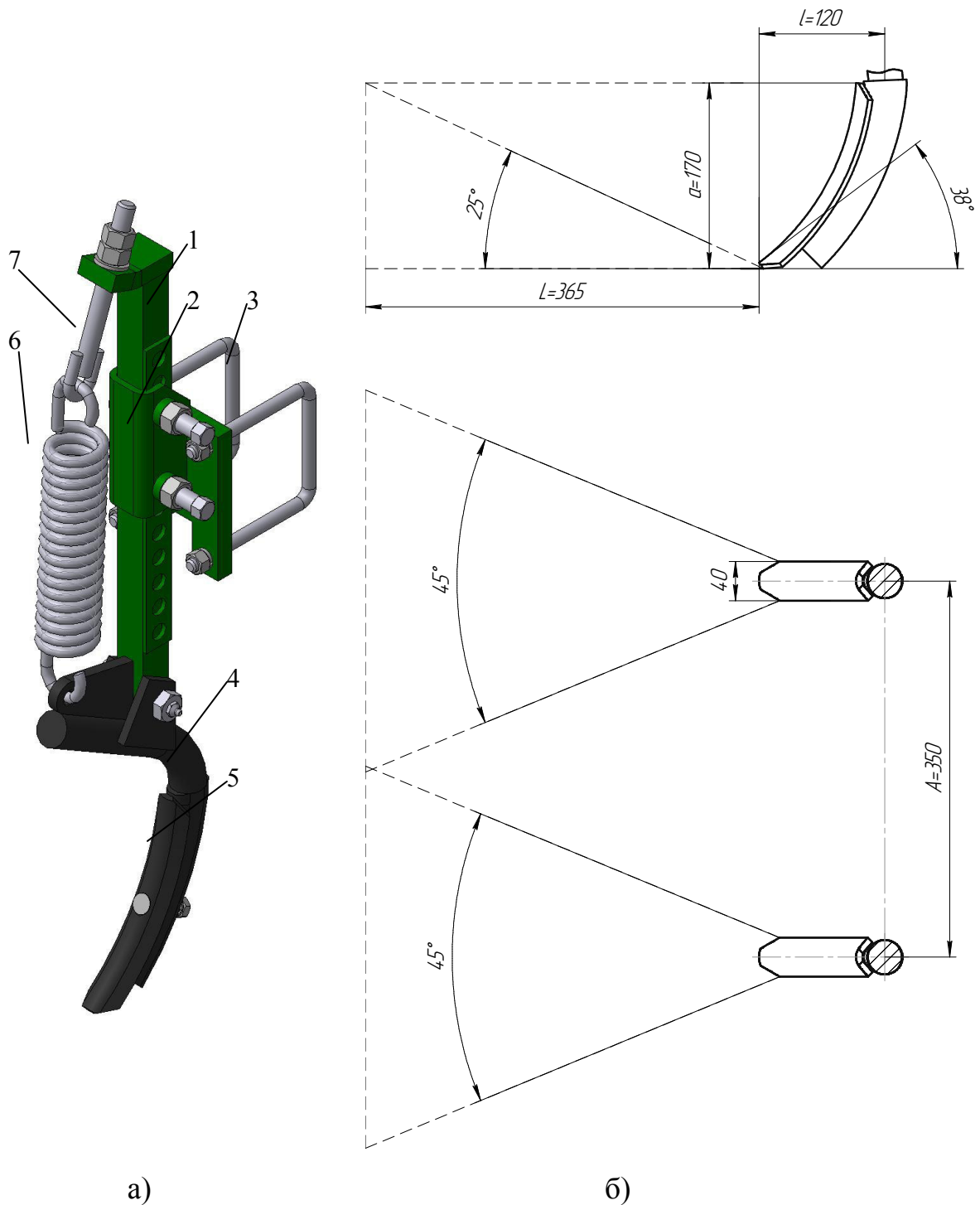


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд розпушувача (а) та розрахункова схема встановлення розпушувальних лап (б)

Ширина встановлення розпушувальних лап  $A$  та відстань  $L_{3.л.}$  між передніми і задніми лапами визначаються з умови запобігання забивання простору між розпушуючими лапами [17, с. 239]:

$$A \geq b + \frac{2a \cdot \operatorname{tg}(\theta/2)}{\cos(\alpha + \varphi)}, \quad (2.1)$$

$$L_{3.л.} > a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + l_{л.}, \quad (2.2)$$

де  $b$  - ширина захвату лапи,  $b=40$  мм [17];

$a$  - глибина обробки,  $a=170$  мм [17];

$\varphi, \theta$  - кути тертя ґрунту,  $\varphi=25^\circ, \theta=45^\circ$  [17];

$l_{л.}$  - довжина лапи,  $l_{л.}=120$  мм [17];

$\alpha$  - кут входження лапи в ґрунт,  $\alpha=38^\circ$  [17].

Підставивши числові дані, отримаємо

$$A = 40 + \frac{2 \cdot 170 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ/2)}{\cos(38^\circ + 25^\circ)} = 350 \text{ мм} = 0,35 \text{ м}.$$

Розпушувачі встановлюємо в один ряд, отже відстань  $L_{3.л.}=0$  м. На кожен слід рушія трактора треба встановити по дві лапи на відстані 350 мм.

Зусилля, яке діятиме на одну лапу розпушувача, визначаємо з наступних міркувань. Оскільки відомо, що щільність ґрунту після проходження рушія трактора становить близько  $\rho \approx 1,5 \text{ г/см}^3 = 1500 \text{ кг/м}^3 \approx 15000 \text{ Н/м}^3$ , то зусилля, яке діє на лапу розпушувача розраховуємо за формулою

$$P_p = \rho \cdot V \cdot k, \quad (2.3)$$

де  $V$  - об'єм ґрунту в зоні деформації,  $\text{м}^3$ ;

$k$  – коефіцієнт динамічності. Для ґрунтообробних машин  $k \approx 2,5$ .

Об'єм деформованого ґрунту визначаємо як добуток площі деформованого ґрунту на глибину обробки  $a$  (рис. 2.2, б):

$$V = L \cdot L \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot a = \left( \frac{a}{\operatorname{tg}\varphi} \cdot \left( \frac{a}{\operatorname{tg}\varphi} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) \right) \right) \cdot a, \quad (2.4)$$

$$V = \left( \frac{0.17}{\operatorname{tg} 25} \cdot \left( \frac{0.17}{\operatorname{tg} 25} \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{45}{2} \right) \right) \right) \cdot 0.17 = 9.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$P_p = 15000 \cdot 9.4 \cdot 10^{-3} \cdot 2.5 \approx 350 \text{ Н.}$$

### 2.3. Розрахунок тягового опору борінчастої секції

Борона – один з найпростіших знарядь для поверхневого обробітку ґрунту. Бороною подрібнюють, розпушують і перемішують ґрунт, руйнують ґрунтову кірку і вирівнюють поверхню поля, знищують бур'яни, використовують для заробляння насіння та добрив у ґрунт.

Зубові борони поділяють: за призначенням – на польові, лучні та спеціальні; за жорсткістю – на жорсткі, шарнірні та пружні; за питомою вагою на один зуб – важкі, середні та легкі.

Основними робочими органами зубових борін є зуби, які бувають жорсткі і пружні (залежно від конструкції і призначення). Важкі та середні борони загального призначення обладнують жорсткими зубами квадратного перерізу або лапчастими зубами, а легкі – зубами круглого перерізу.

Питоме навантаження на зуб знаходиться в межах: для важкої борони – 16-20 Н, для середньої – 12-15 Н, для легкої – 6-10 Н. Довжини зубів: для важкої борони –  $l = 195$  мм, для середньої –  $l = 170$  мм, для легкої –  $l = 100$  мм. Довжина загостреної частини зуба становить 0,25 від загальної довжини зуба.

Зуби сітчастих борін виготовленні із пружного дроту діаметром  $d = 8 - 10$  мм і довжиною  $l = 180 - 210$  мм. Вони бувають із загостреними, ножеподібними і тупими кінцями.

Для встановлення на культивуєчій секції борінчатого типу проектуємо пружинні зуби з робочою шириною 20 мм і глибиною обробітку ґрунту 140 мм. Конструкція пружного ножа показана на рис. 2.2.

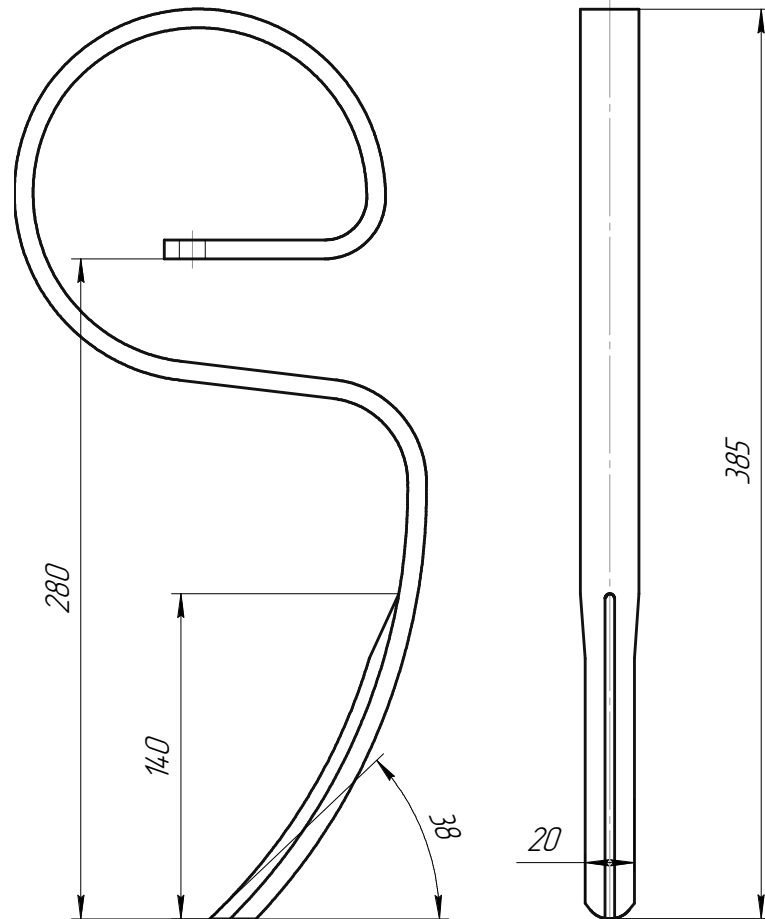


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд пружного зуба борінчатої культивууючої секції

Ширину встановлення ножів  $b$  за визначаємо формулою (2.1):

$$b = 20 + \frac{2 \cdot 140 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ/2)}{\cos(38^\circ + 25^\circ)} = 275 \text{ мм} = 0,275 \text{ м}.$$

Отже, зуби культивууючої секції встановлюємо на відстані 275 мм.

Зусилля  $P_3$ , яке діє на один зуб культивууючої секції, визначаємо як у пункті 2.2 при щільності ґрунту після оранки близько  $\rho \approx 1,0 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3 \approx 10000 \text{ Н/м}^3$ :

$$V = \left( \frac{0.14}{\operatorname{tg} 25} \cdot \left( \frac{0.14}{\operatorname{tg} 25} \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{45}{2} \right) \right) \right) \cdot 0.17 = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$P_3 = 10000 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \approx 130 \text{ Н}.$$

Проведемо силовий розрахунок культивуєчої секції.

В нормальних умовах роботи борони, сили в горизонтальній площині зрівноважуються завдяки симетричності розташування зубів.

Рівновага борони в повздовжньо-вертикальній площині на борону визначається силою ваги  $G$ , прикладеною в центрі мас; силою тяги  $P$ , що направлена під кутом  $\alpha$  до горизонту; рівнодійною вертикальних реакцій ґрунту на зуби  $\sum N_e$  та горизонтальною рівнодійною сил опору ґрунту  $\sum R_2$  (горизонтальна складова тиску та сила тертя) (рис.2.3).

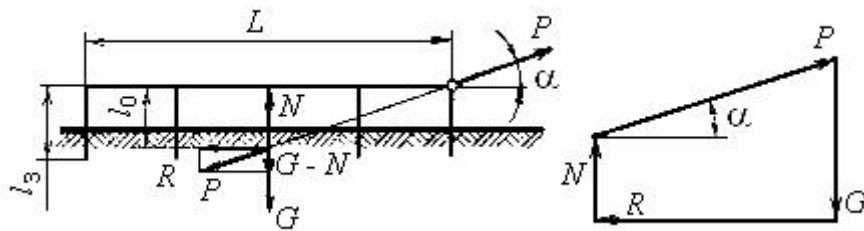


Рисунок 2.3 – Сили, що діють на культивуєчу секцію

Стійке положення борони забезпечується тоді, коли сила тяги проходить через слід центра ваги (с.ц.в.). При заданих параметрах стійкість борони залежить від висоти  $h$  точки приєднання борони до бруса зчипки та довжини  $l_n$  поводка (кута нахилу  $\alpha$  поводка до горизонту). Для більшості борін кут  $\alpha = 14 - 17^\circ$ , а довжина поводка  $l_n \approx 925$  мм.

Аналітичний запис умови рівноваги зубової борони визначається проекцією на вертикальну та горизонтальну осі координат сил, що діють на борону та рівнянням суми моментів сил відносно точки приєднання борони до бруса на зчипці.

Проекція сил

$$\sum x = P \cos \alpha - \sum R_2 = 0;$$

$$\sum z = G - P \sin \alpha - \sum N_e = 0.$$

Сума моментів

$$\sum M_y(P) = G(l_0 + l_n \cos \alpha) - \sum R_2 \left[ \left( l_0 - \frac{a}{2} \right) + l_n \sin \alpha \right] - \sum N_b(l_0 + l_n \cos \alpha) = 0.$$



Тяговий опір борони залежить від її ваги, опору ґрунту і кількості зубів. Для практичних потреб тяговий опір борони можна визначити із залежності:

$$P_b = n \cdot k, \quad (2.5)$$

де  $n$  - кількість зубів,  $n = z = 25$ .

$k$  - тяговий опір одного зуба, Н.  $k = P_z = 130$ Н.

$$P_b = 25 \cdot 130 = 3250 \text{ Н.}$$

#### **2.4. Розрахунок тягового опору прикочувальних котків**

Останнім в широкозахватному культиваторі встановлюємо ротаційний пристрій, який складається із спарених пруткових прикочувальних котків.

Передній коток більшого діаметру розбиває грудки, вирівнює поверхню поля і рівномірно ущільнює ґрунт за глибиною. Другий коток меншого діаметру ущільнює поверхневий шар ґрунту.

Пруткові котки призначені для вирівнювання поверхні поля, подрібнення грудок та ущільнення ґрунту. Їх найчастіше розміщують за робочими органами культиваторів і комбінованих ґрунтообробних агрегатів. На котках встановлюють прутки круглого чи з прямокутного перерізу. Прямокутні пластини бувають з вирізами та зубчасті. Найбільш інтенсивно ґрунт подрібнюють котки з круглими прутками і прутками прямокутного перерізу без вирізів.

При русі котка з утворенням колії, до його осі обертання  $O$  буде прикладена вертикальна сила  $P$ , яка визначається вагою котка та горизонтальною силою тяги або штовхаючої сили  $T$  (рис. 2.4).

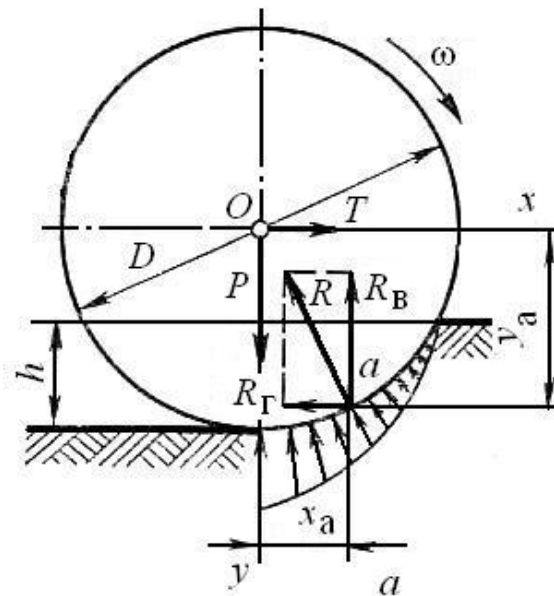


Рисунок 2.4 – Схема взаємодії котка з ґрунтом

Ці сили утворюють рівнодіючу, яка перетинає дно колії в точці  $a$ . Ця сила спричиняє реакцію колії  $B$ , прикладену до котка в цій самій точці і спрямовану в протилежному напрямку. Реакція колії  $B$  складається із елементарних сил, значення яких, у разі досить невеликої глибини колії, пропорційне мінімальній деформації ґрунту.

Розклавши силу  $B$  на горизонтальну  $B_г$  і вертикальну  $B_в$  складові, визначимо умову рівноваги (рівномірного руху) котка, яка описується рівняннями:

$$\begin{aligned} \sum P_X &= T - P_г = 0 ; \\ \sum P_Y &= P - R_в = 0 ; \\ \sum m_Z(P) &= T y_a - P x_a = 0. \end{aligned} \tag{2.6}$$

З перших двох рівнянь випливає, що  $T = P_г$ ,  $P = R_в$ . На коток діють дві пари сил  $T$  і  $P_г$ ,  $P$  і  $R_в$ . Пара сил  $T$  і  $P_г$  з плечем  $y_a$  утворюють рушійний момент, а пара сил  $P$  і  $R_в$  з плечем  $x_a$  – момент опору. Із третього рівняння маємо:

$$T = P x_a / y_a. \tag{2.7}$$

З виразу (2.7) і рис. 2.4 бачимо, що чим менша глибина колії  $h$ , тим менше плече  $x_a$  і момент опору  $P \cdot x_a$ , плече  $y_a$  збільшиться. Це приводить до зменшення сили тяги  $T$ .

Із збільшенням діаметра котка сила  $T$  зменшується, оскільки плече  $y_a$  зростає майже пропорційно зміненню діаметра. Плече  $x_a$  збільшиться значно меншою мірою, оскільки при цьому опорна площа зростає, а глибина колії  $h$  зменшується.

Обравши за початок координат т. 0, у точці перетину вертикального діаметра з поверхнею поля, виділимо на дузі кола обода котка, який стикається з ґрунтом, елементарний відрізок  $dl$  (рис. 2.5). Коток рухається по полю з утворенням колії.

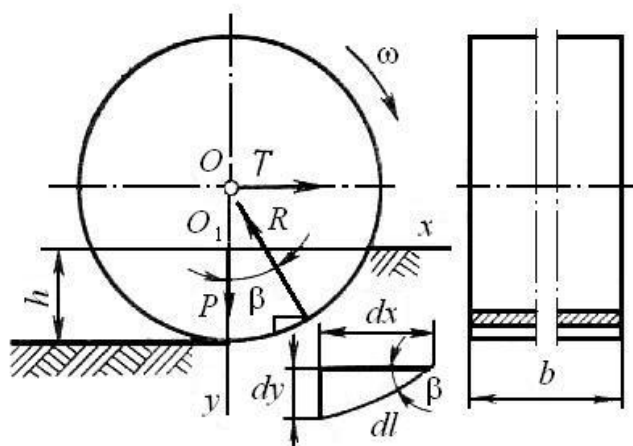


Рисунок 2.5 – Схема до визначення тягового опору котка

За умови довжини котка  $b$  на його поверхні буде виділена площа  $ads = bdl$  (на рис. 2.5 заштрихована). Цю площу з достатньою точністю можна вважати прямокутником. Елементарна сила реакції на цю площу

$$dR = \sigma \cdot b \cdot dl, \quad (2.8)$$

де  $\sigma$  – напруження зминання ґрунту, МПа.

За умови незначної глибини колії

$$\sigma = q \cdot y, \quad (2.9)$$

де  $q$  – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, МПа/мм;

$y$  – лінійна деформація ґрунту, мм.

Частина сегмента з елементарними сторонами  $dl$ ,  $dy$  і  $dx$  з точністю до

малих вищого порядку можна вважати трикутником, в якому кут між  $dl$  і  $dx$  дорівнює центральному куту  $\beta$ . Тоді  $dl = dy / \sin \beta$ . Після підстановки значень  $\sigma$  (2.9) і  $dl$  в вираз (2.8) маємо

$$dR = b \cdot q \cdot y \cdot dy / \sin \beta.$$

Після інтегрування маємо

$$R = b \cdot q / \sin \beta \int_0^h y \cdot dy = b \cdot q \cdot h^2 / 2 \sin \beta. \quad (2.10)$$

За умови рівноваги  $T = R \sin \beta$  (див. рис. 2.5), тому

$$T = b \cdot q \cdot h^2 / 2. \quad (2.11)$$

Для визначення залежності сили  $R$  (2.10) і  $T$  (2.11) від діаметра котка  $D$  і сили  $P$  підставимо у вираз  $dR$  замість  $dl$  його значення, яке виражається через  $dx$ , тобто  $dl = dx / \cos \beta$ .

Змінивши межі інтегрування, запишемо

$$R = \frac{b \cdot q}{\cos \beta} \int_0^x y dx. \quad (2.12)$$

Підставивши у праву частину рівняння (2.12) значення  $x = \sqrt{d \cdot h}$  та  $y \cong h - x^2/d$ , отримаємо

$$R = \frac{b \cdot q}{\cos \beta} \int_0^{\sqrt{dh}} \left( h - \frac{x^2}{2} \right) dx = \frac{2b \cdot q \cdot h \sqrt{d \cdot h}}{3 \cos \beta}. \quad (2.13)$$

З рис. 2.5 можна записати співвідношення між силами  $R$  та  $P$ :

$$P = R \cos \beta,$$

отже

$$P = 2/3(b \cdot q \cdot h \sqrt{d \cdot h}),$$

звідки глибина колії

$$h = 1.31 \sqrt[3]{P^2 / (b^2 \cdot q^2 \cdot d)}. \quad (2.14)$$

Підставивши значення  $h$  у формулу (2.11) одержимо

$$T = 0.86 \sqrt[3]{P^4 / (b \cdot q \cdot d^2)}. \quad (2.15)$$

Опір перекочування одного котка визначаємо за формулою (2.13), взявши до уваги, що маса культиватора ( $M_{культ} = 3000$  кг) частково припадає на причіпну систему трактора ( $1/3 M_{культ}$ ), а частково ( $2/3 M_{культ}$ ) – на шість ротаційних секцій, кожна з яких складається з двох спарених котків.

Тому вага культиватора, яка припадає на один коток, буде

$$P = \frac{2}{3} \frac{M_{культ} \cdot g}{6 \cdot 2} \approx \frac{2}{3} \frac{30000}{6 \cdot 2} \approx 1667 \text{ Н.}$$

$$T = 0.86 \sqrt[3]{1667^4 / (1195 \cdot 15000 \cdot 0.3^2)} = 1450 \text{ Н.}$$

Глибина ущільнення ґрунту котком

$$h = 1.31 \sqrt[3]{1667^2 / (1.2^2 \cdot 15000^2 \cdot 0.3)} = 0.4 \text{ м.}$$

## 2.5. Розрахунок загального тягового опору культиватора

Номінальна ширина захвату культиватора становить 8,5 м.

Визначимо кількість робочих секцій, що поміщаються на цій ширині

- для культивуючих секцій

$$n_b = \frac{8500}{1320} = 6,44.$$

- для ротаційних пристроїв (при зміщенні спарених котків на 185 мм)

$$n_k = \frac{8500}{1200 + 185} = 6,13.$$

Отже, кількість робочих секцій  $n = 6$ .

Конструктивну ширину захвату культиватора визначають з врахуванням зміщення  $\Delta$  робочих секцій: для культивуючих секцій борінчастого типу зміщення рівне відстані між слідами зубів борони  $\Delta_b = a = 55$  мм; для ротаційних пристроїв зміщення рівне зміщенню спарених котків  $\Delta_k = 180$  мм.

Ширина захвату культивуючих секцій (при ширині зони деформації ґрунту  $2\Delta_{\text{деф}} = 300$  мм):

$$B_b = n \cdot B_0 + (n - 1) \cdot \Delta_b + 2\Delta_{\text{деф}} = 6 \cdot 1320 + (6 - 1) \cdot 55 + 300 = 8495 \text{ мм} \approx 8,5 \text{ м}.$$

Ширина захвату ротаційних пристроїв:

$$B_k = n \cdot b + (n + 1) \cdot \Delta_k = 6 \cdot 1200 + (6 + 1) \cdot 185 = 8495 \text{ мм} \approx 8,5 \text{ м}.$$

Отже, конструктивна ширина захвату культиватора  $B = 8,5$  м.

Тяговий опір культиватора визначаємо як суму тягових опорів всіх робочих органів: розпушувачів колії рушіїв трактора  $P_p = 350$  Н (пункт 2.2), зубів культивуючих секцій  $P_b = 3250$  Н (пункт 2.3) та котків ротаційних пристроїв  $P_k = 1450$  Н (пункт 2.4):

$$P = 4P_p + 6P_b + 6 \cdot 2 \cdot P_k = 38300 \text{ Н} = 38,3 \text{ кН}.$$

Загальний тяговий опір культиватора становить  $\approx 40$  кН.

## 2.6. Розрахунок навантаження на раму культиватора

У робочому режимі експлуатації культиватора навантаження на його

раму передається від прикочувальних котків та борінчастої секції наступним чином (рис. 2.6).

Горизонтальна складова  $T$  тягового опору прикочувальних котків 1 передається на борінчасту секцію 2 через кронштейн 3. Сумарне зусилля від горизонтальної складової тягового опору прикочувальних котків та борінчастої секції передається на раму 5 культиватора через поводок 6, нахилений до горизонту під кутом  $\alpha = 25^\circ$  та поводок 7.

Вертикальна складова  $P$  та горизонтальна складова  $T$  тягового опору прикочувальних котків намагаються повернути начіпку 4 відносно точки  $A$ , діючи при цьому на пружину начіпки.

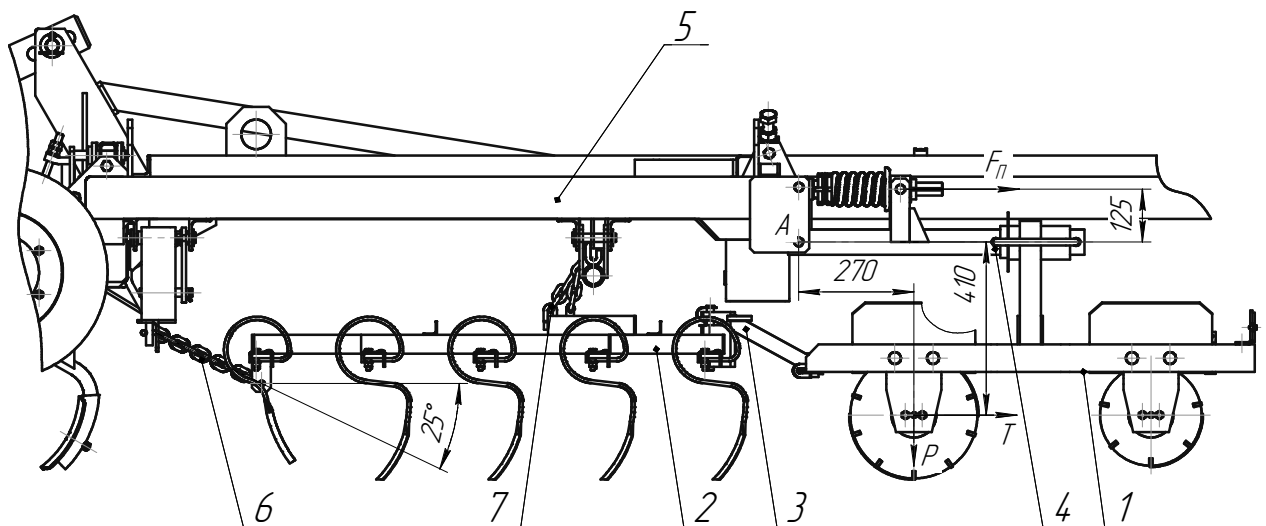


Рисунок 2.6 – Схема для визначення навантаження на раму культиватора

Зусилля, що діє на раму культиватора через пружину начіпки визначаємо із умови рівноваги системи:

$$F_n \cdot 125 = T \cdot 410 - P \cdot 270,$$

$$F_n = \frac{1450 \cdot 410 - 1667 \cdot 270}{125} = 1155 \text{ Н.}$$

Зусилля  $T=1450$  Н та  $P=1667$  Н отримано у пункті 2.5.

Сила що діятиме раму через на поводок борінчастої секції:

$$F = P_b + T = 3250 + 1450 = 4700 \text{ Н,}$$

де  $P_B$  – тяговий опір борінчастої секції (див. пункт 2.5).

## 2.7. Розрахунок центральної рами культиватора

Аналіз напружено-деформованого стану центральної рами культиватора пропонуваної конструкції проводимо також для робочого режиму експлуатації культиватора методом скінченних елементів за допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks.

Створюємо тривимірну твердотільну модель центральної рами культиватора (рис. 2.7).

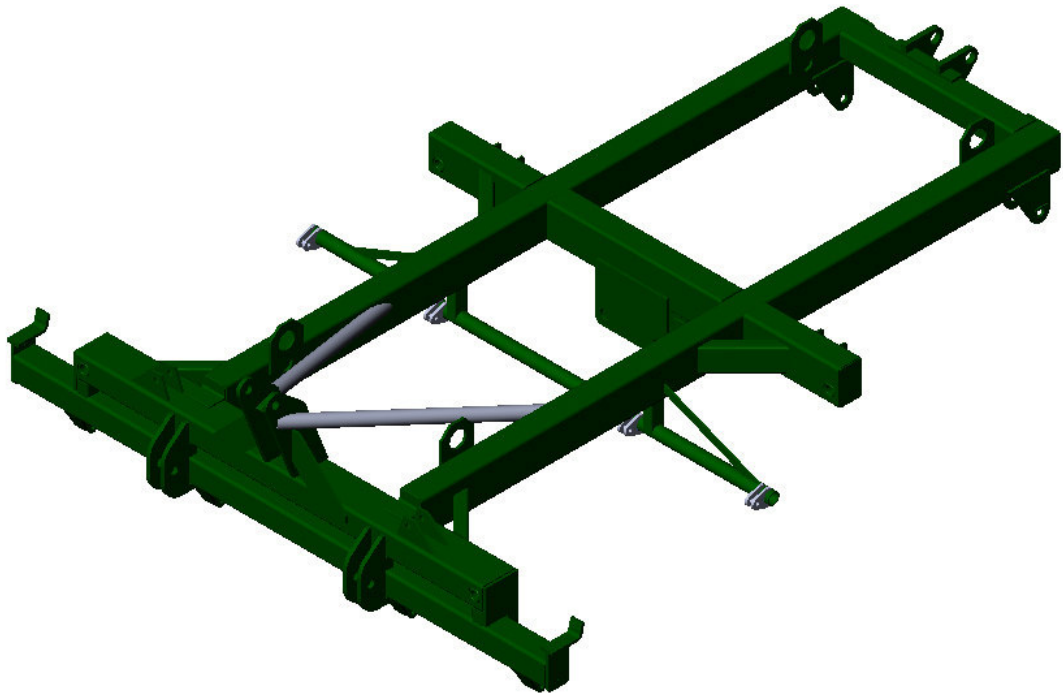
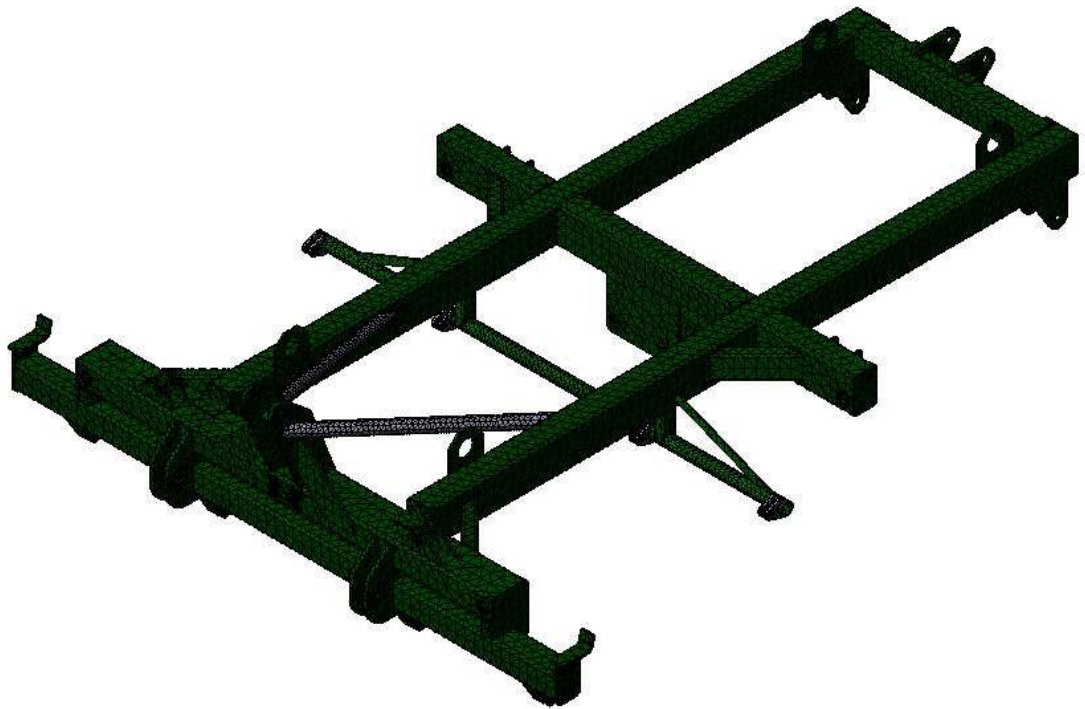


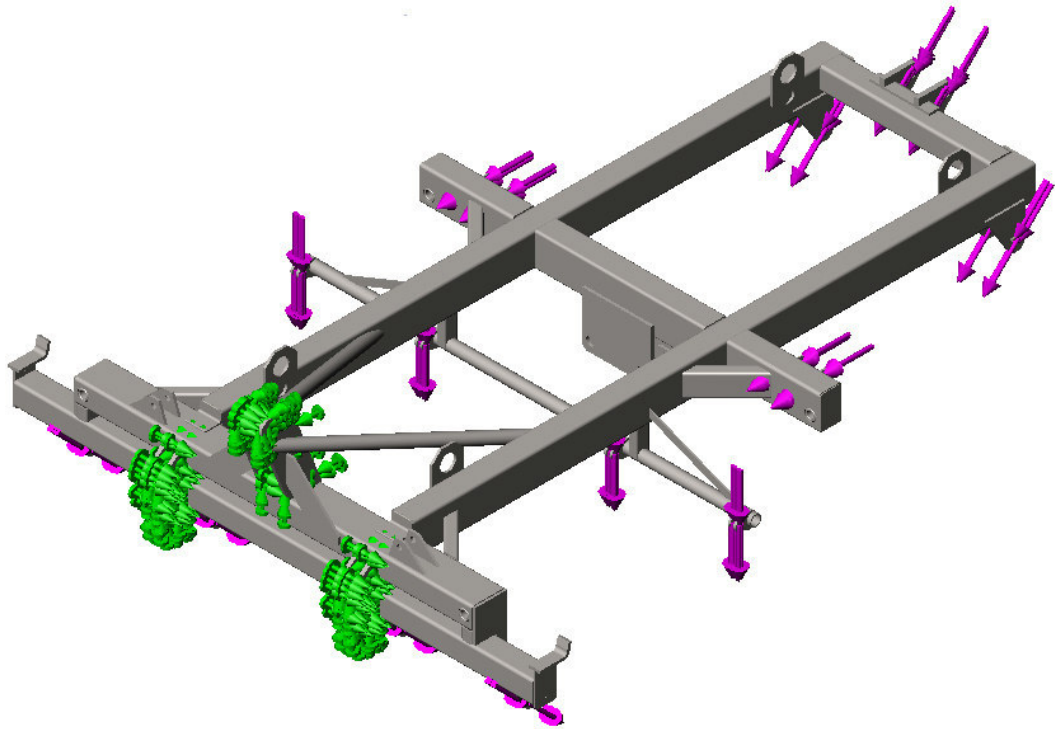
Рисунок 2.7 – Твердотільна модель центральної рами культиватора

На твердотільній моделі центральної рами культиватора створюємо триангулярну сітку кінцевих елементів (рис. 2.8, а) та задаємо матеріал конструкції – сталь з межею текучості 210 МПа.





a)

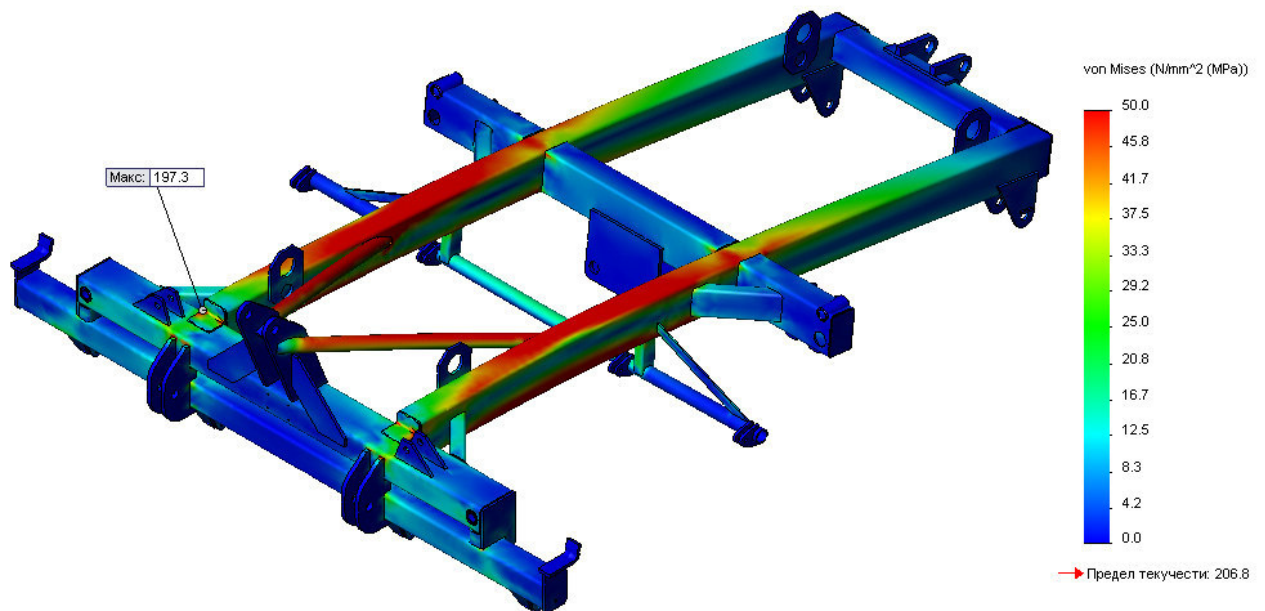


б)

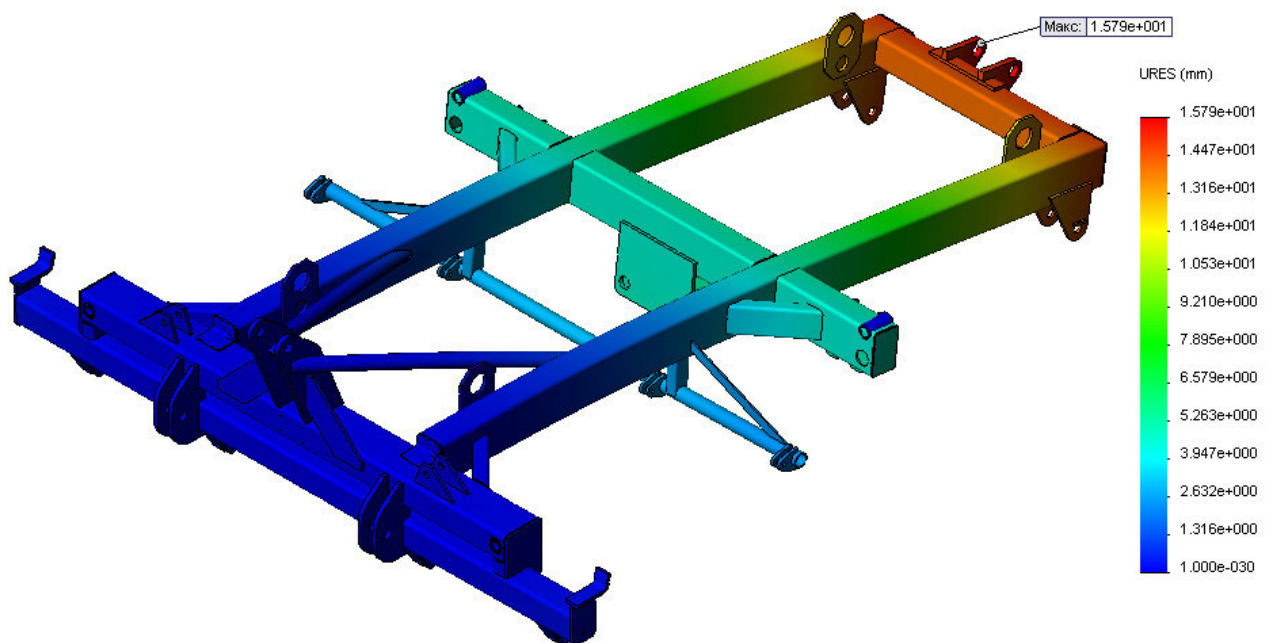
Рисунок 2.8 – Моделювання центральної рами культиватора

Задаємо умови закріплення – защемлення кронштейнів кріплення причіпного пристрою культиватора та задаємо зовнішнє навантаження – зусилля від ваги колісного ходу (2700 Н), зусилля на поводках борінчастих секцій (4700 Н), зусилля від ротатійного пристрою (1155 Н). (рис. 2.8, б).

Розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) центральної рами культиватора проводимо за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation. Результати моделювання подано на рис. 2.9.



а)



б)

Рисунок 2.9 – НДС центральної рами культиватора:

а – напруження, МПа (за теорією фон Мізеса);

б – переміщення рами, мм.

Як видно з результатів розрахунку, максимальні напруження виникають в місці встановлення накладки на поздовжній балці рами і складають 197 МПа.

Максимальні переміщення спостерігаються на вільному кінці рами і становлять  $\approx 16$  мм.

Розподіл коефіцієнтів запасу міцності по центральній рамі культиватора показано на рис. 2.10.

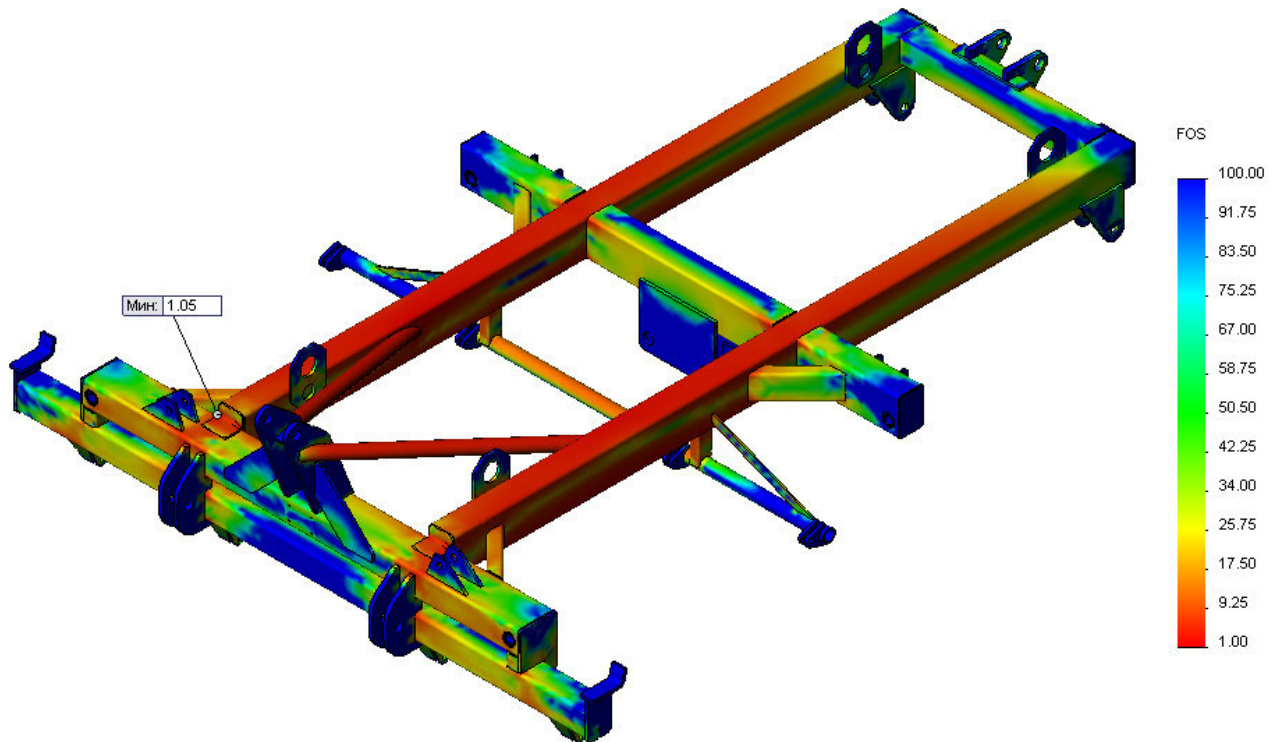


Рисунок 2.10 – Розподіл коефіцієнтів запасу міцності по боковій рамі культиватора

Як видно з рис. 2.10 мінімальний коефіцієнт запасу міцності елементів центральної рами культиватора становить лише 1,05, що не забезпечує умову, за якою мінімальний коефіцієнт запасу міцності рами сільськогосподарської машини повинен складати 1,1. Отже, це місце центральної рами потребує додаткового підсилення.

Крім того, поздовжні розтяжки кріпляться до поздовжніх балок рами якраз у місці максимальних напружень, що може викликати втомне руйнування зварних швів кріплення розтяжок. Тому розтяжки доцільно зробити довшими і кріпити до поздовжніх балок рами поблизу поперечного лонжерона центральної рами.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

#### 3.1. Математичне моделювання

Для вивчення внутрішніх і зовнішніх зв'язків об'єкта дослідження суттєве значення має моделювання.

**Моделювання** (англ. simulation) – подання різноманітних характеристик поведінки фізичної чи абстрактної системи за допомогою іншої системи.

За його допомогою вивчаються ті процеси і явища, що не піддаються безпосередньому вивченню. Метод моделювання зарекомендував себе як ефективний засіб виявлення суттєвих ознак явищ та процесів за допомогою моделі (концептуальної, вербальної, математичної, графічної, фізичної тощо).

Під моделлю розуміють уявну або матеріальну систему, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, може замінити його так, що її вивчення дає нову інформацію про цей об'єкт.

Метод моделювання має таку структуру:

- а) постановка завдання;
- б) визначення аналога;
- в) створення або вибір моделі;
- г) розробка конструкту;
- д) дослідження моделі;
- е) переведення знань з моделі на оригінал.

Активно використовуються в наукових дослідженнях кількісно-якісні методи, які сьогодні поширені в різних галузях науки.

Основними вимогами, що пред'являються до математичних моделей (ММ), є вимоги адекватності, універсальності і економічності.

**Адекватність.** Модель вважається за адекватну, якщо вона відображає задані властивості об'єкту з прийнятною точністю. Точність визначається як ступінь збігу передбачених за допомогою моделі значень вихідних параметрів об'єкту з дійсними значеннями цих параметрів.

Точність моделі оцінюється відносною погрешністю

$$\varepsilon = \frac{y_m - y_{уст}}{y_m},$$

де  $y_m$  – вихідний параметр, розрахований за допомогою моделі;

$y_{уст}$  – той же вихідний параметр, що має місце в об'єкті, що моделюється.

Кількісна оцінка точності моделі в більшості випадків викликає утруднення з ряду причин.

По-перше, реальні об'єкти і їх моделі характеризуються декількома вихідними параметрами, тому для можливості зіставлення моделей один з одним використовують зведення векторної оцінки точності до скалярної.

По-друге, оскільки характер прояву властивостей об'єкту залежить від особливостей його взаємодії із зовнішнім середовищем і другими об'єктами системи, то і показники точності відображення цих властивостей в моделі залежатимуть від умов функціонування об'єкту. В результаті оцінка точності стає неоднозначною.

Крім того, значення  $y_{уст}$  зазвичай ототожнюють з експериментально отриманими. Проте погрішності експерименту у багатьох випадках виявляються сумірними з погрішністю ММ або навіть перевищують їх. Щоб зменшити вплив цих чинників на результати оцінки погрішності моделі, порівняння моделей проводять за результатами їх використання в деяких стандартних ситуаціях, відповідних найбільш характерним умовам роботи реального об'єкту. Число цих ситуацій стараються максимально обмежити.

Звичайно, ММ повинна мати високу точність відображення властивостей об'єкту в конкретних умовах його експлуатації. Проте метою її створення є можливість використання моделі для дослідження поведінки об'єкту в деяких областях зміни його внутрішніх і зовнішніх параметрів. Оскільки вихідні параметри системи є функціями зовнішніх  $Q = (q_1, q_2, \dots, q_k)$  і внутрішніх  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  її параметрів, погрішність  $\varepsilon_M$  залежить від  $Q$  і  $X$ . Зазвичай внутрішні параметри ММ вибираються з умови мінімізації погрішності  $\varepsilon_M$  в деякій точці  $Q_{ном}$  простору зовнішніх параметрів, і величина погрішності моделі стає функцією  $Q$ .

Якщо задатися гранично допустимою погрішністю  $\delta$ , то в просторі зовнішніх параметрів можна виділити область, в якій виконується умова  $\varepsilon_M < \delta$ . Таку область називають областю адекватності (ОА) моделі.

Визначення областей адекватності для конкретних моделей – складна процедура, що вимагає великих обчислювальних витрат. Ці витрати і труднощі представлення ОА швидко зростають зі збільшенням розмірності простору зовнішніх параметрів. Визначення ОА – важче завдання, ніж, наприклад, завдання параметричної оптимізації, тому для моделей знов проєктованих об'єктів ОА не розраховують. Проте для моделей уніфікованих елементів розрахунок ОА стає виправданим у зв'язку з однократністю визначення і багатократністю їх використання при проєктуванні різних систем. Знання ОА дозволяє правильно вибирати моделі елементів з числа наявних і тим самим підвищувати достовірність результатів машинних розрахунків.

*Універсальність.* Ступінь універсальності ММ характеризує повноту відображення в них властивостей реального об'єкту і визначається можливістю використання моделі для аналізу більш менш багаточисельної групи однотипних об'єктів, а також числом доступних для аналізу режимів функціонування. Використання машинних методів проєктування стане незручним, якщо в процесі аналізу об'єкту при кожній зміні режиму функціонування користувачеві буде потрібна зміна ММ.

Універсальність моделі насамперед залежить від числа і складу що враховуються в моделі зовнішніх і вихідних параметрів. Збільшення їх розширює застосовність моделі, але істотно ускладнює її розробку. Проте ступінь використання універсальних ММ в САПР є одним з основних критеріїв її вибору.

*Економічність.* В більшості випадків при реалізації чисельного методу відбуваються багатократні звернення до моделі елемента, що входить до складу модельованого об'єкту. Тоді зручно економічність моделі елемента характеризувати витратами машинного часу, що виходять при зверненні до моделі, а число звернень до моделі повинне враховуватися при оцінці економічності методу рішення.

Вимоги широких областей адекватності, високого ступеня універсальності, з одного боку, і високій економічності, з іншою, є суперечливими. Якнайкраще компромісне задоволення цих вимог виявляється неоднаковим в різних застосуваннях. Дану обставину обумовлює використання в САПР багатьох моделей для об'єктів одного і того ж типу.

### 3.2. Теоретичні дослідження міцності причіпного пристрою

Розрахунок причіпного пристрою проводимо для робочого режиму експлуатації широкозахватного культиватора, оскільки в цьому випадку на причіпний пристрій діятиме максимальне зусилля, рівне тяговому опору культиватора –  $\approx 40$  кН (див. пункт 2.6)

Розрахунок проводимо методом скінченних елементів за допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks.

Розрахунок проводимо в такій послідовності. Створюємо тривимірну твердотільну модель причіпного пристрою культиватора (рис. 3.1).

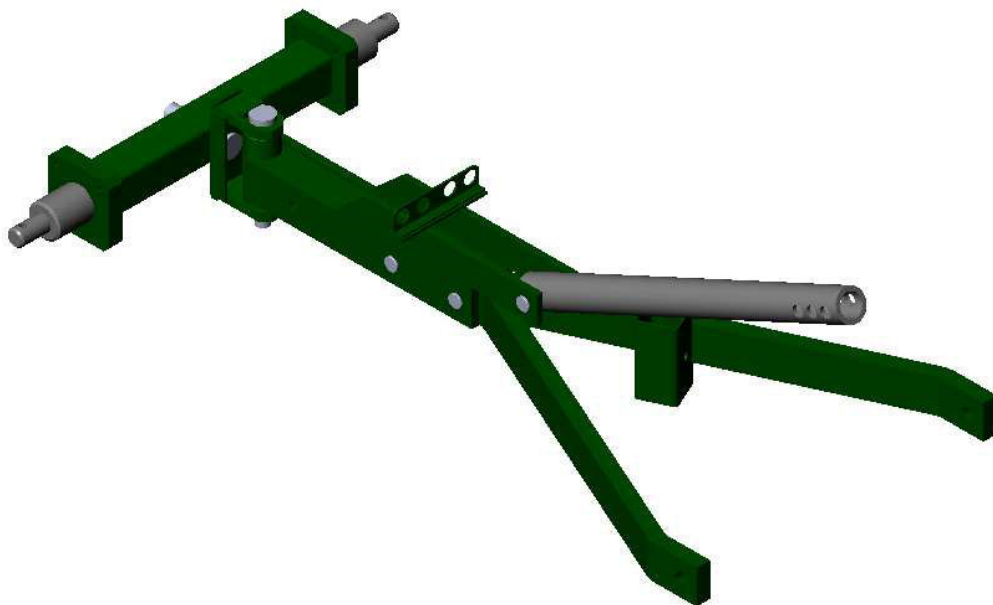
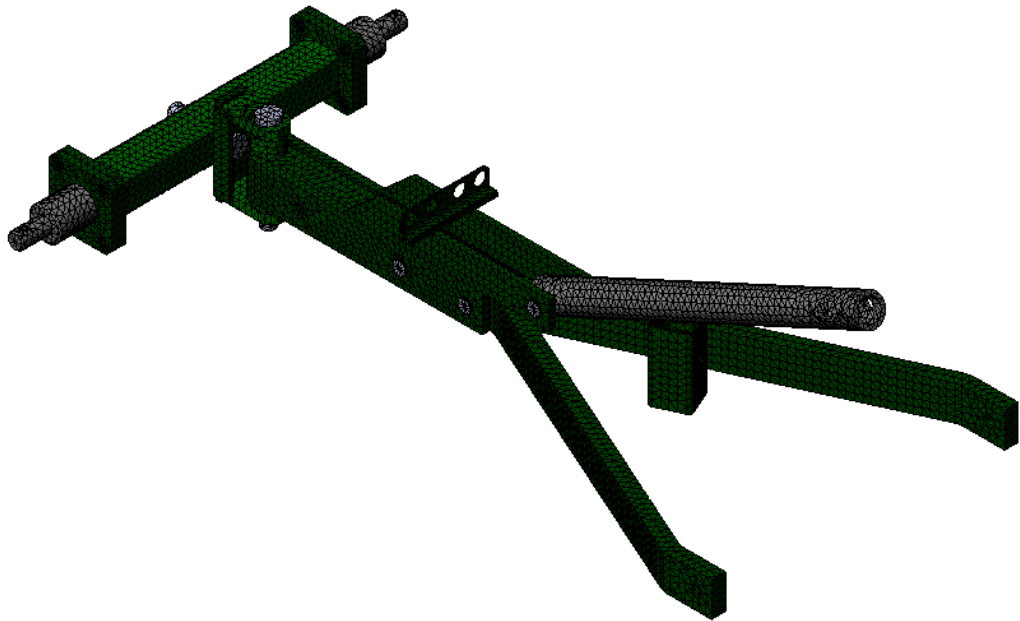


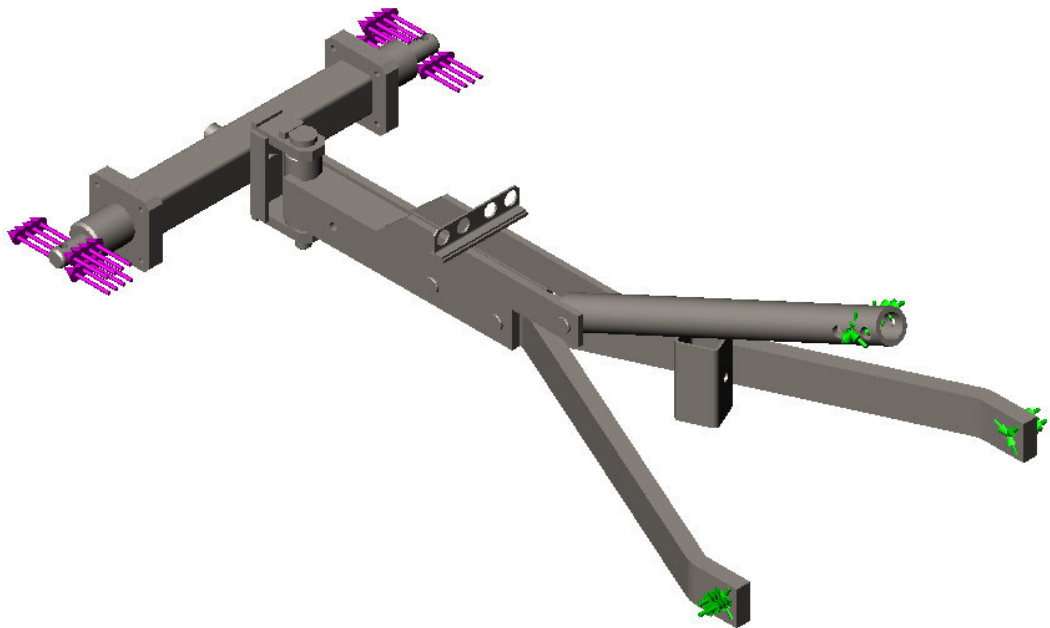
Рисунок 3.1 – Твердотільна модель причіпного пристрою культиватора



На твердотільній моделі причіпного пристрою культиватора створюємо триангуляційну сітку кінцевих елементів (рис. 3.2, а) та задаємо матеріал конструкції – сталь з межею текучості 180 МПа.



а)



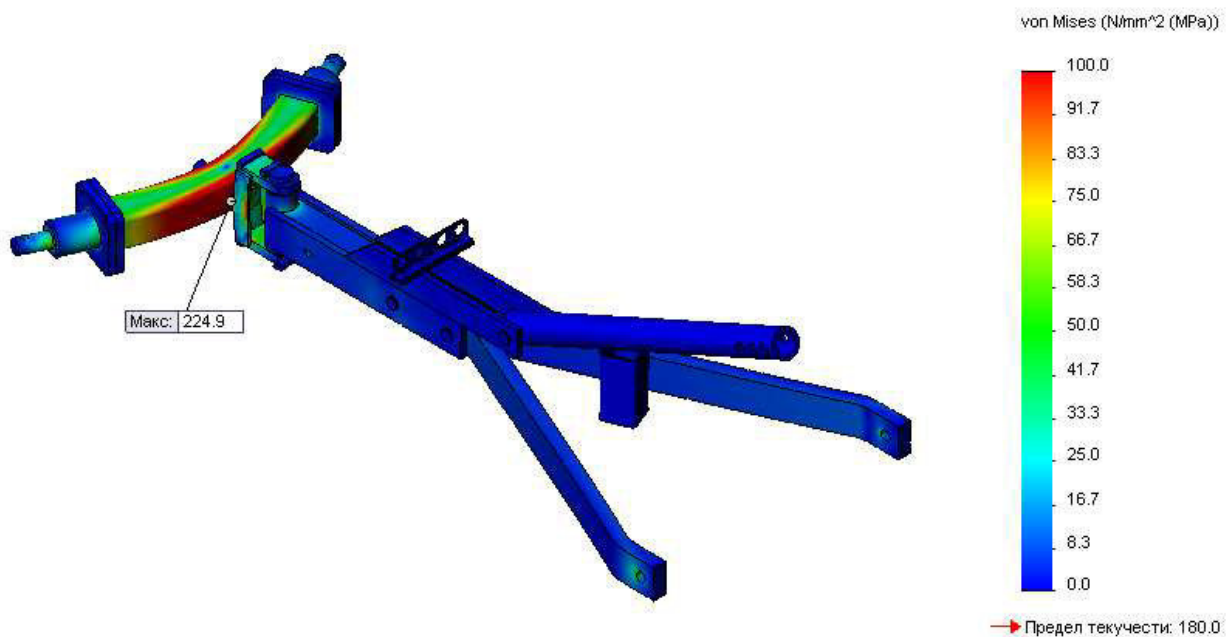
б)

Рисунок 3.2 – Моделювання причіпного пристрою культиватора

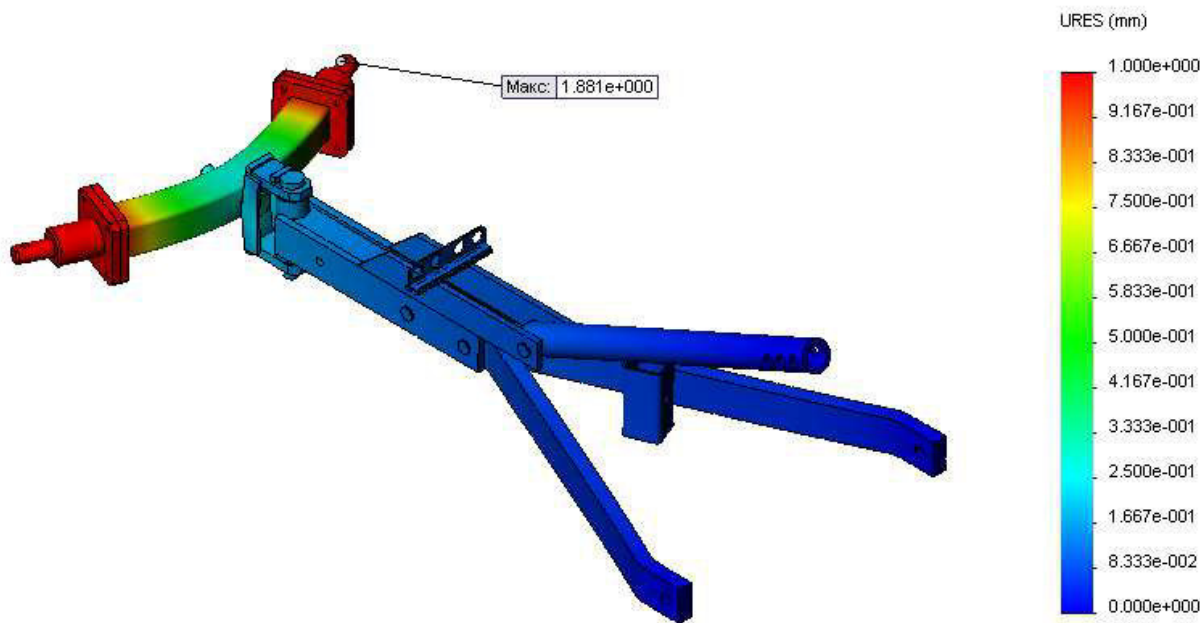
Задаємо умови закріплення – защемлення кронштейнів кріплення причіпного пристрою до центральної рами культиватора та задаємо навантаження – тягове зусилля культиватора (рис. 3.2, б).



Розрахунок напружено-деформованого стану причіпного пристрою культиватора проводимо за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation. Результати моделювання подано на рис. 3.3.



а)



б)

Рисунок 3.3 – НДС причіпного пристрою культиватора:

а – напруження, МПа (за теорією фон Мізеса);

б – переміщення рами, мм.

Як видно з результатів розрахунку, максимальні напруження виникають в кріпильному брусі причіпного пристрою і складають 225 МПа, що перевищує допустимі напруження для вибраного матеріалу. При цьому переміщення вільних кінців бруса не перевищує 2 мм.

### 3.3. Удосконалення поперечного бруса причіпного пристрою

Необхідну міцність поперечного бруса причіпного пристрою можна забезпечити двома шляхами: змінити матеріал конструкції або її геометрію.

Для забезпечення необхідної міцності поперечного бруса причіпного пристрою запропоновано збільшити товщину стінки квадратної труби (100×100 мм), з якої виготовлено поперечний брус, з 6 мм до 8 мм (рис. 3.4).

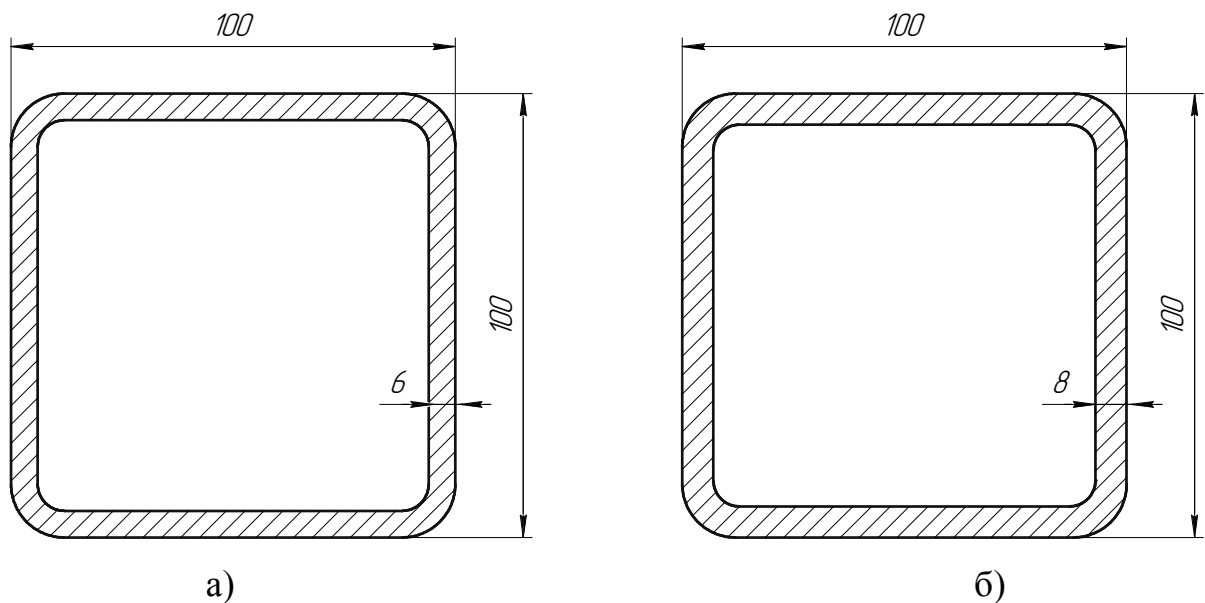


Рисунок 3.4 – Поперечний перетин бруса:

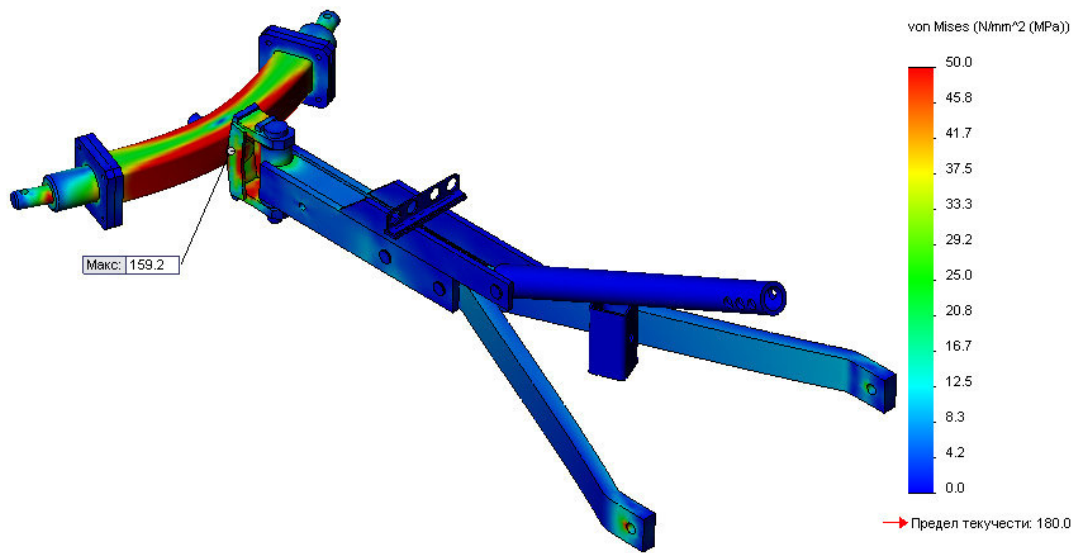
а – існуючий; б – пропонуванний.

Результати розрахунку напружено – деформованого стану причіпного пристрою з поперечним брусом з труби 100×100×8 мм. показано на рис. 3.5.

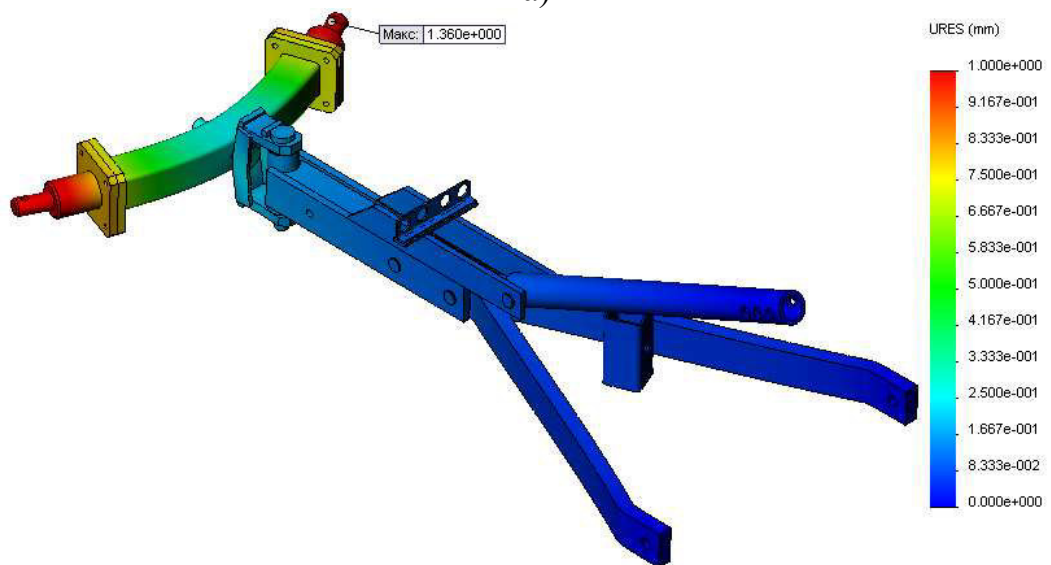
Максимальні напруження у квадратній трубі пропонуваного перетину складають  $\approx 160$  МПа (рис. 3.5, а), що менше допустимих 180 МПа.

Максимальне переміщення кінців бруса складає  $\approx 1,4$  мм (рис. 3.5, б).

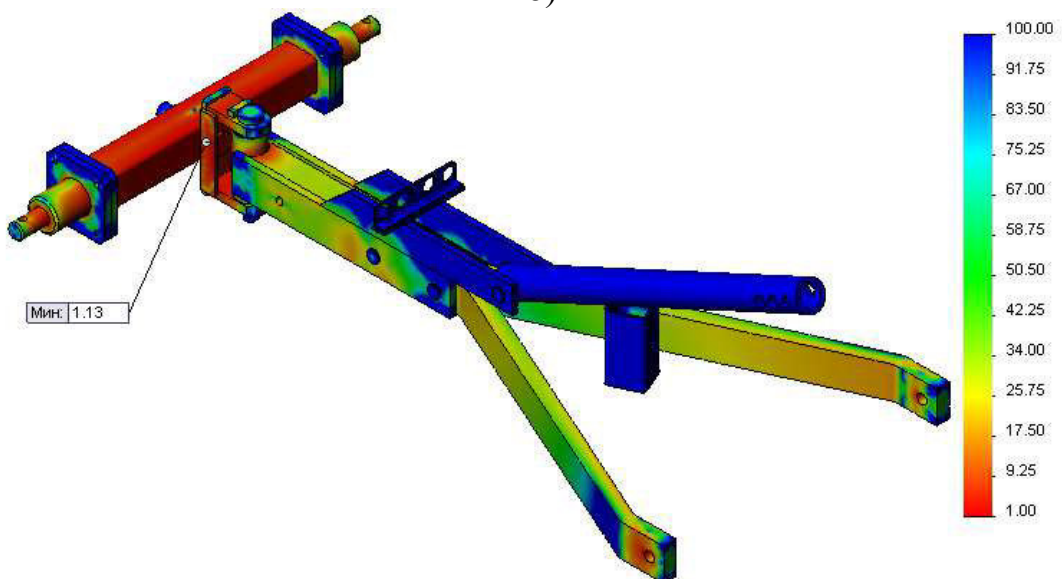
Коефіцієнт запасу міцності становить 1,13 (рис. 3.5, в).



а)



б)



в)

Рисунок 3.5 – НДС удосконаленого причіпного пристрою культиватора:  
 а – напруження, МПа; б – переміщення, мм; в – коефіцієнт запасу міцності.

## СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

#### 4.1. Методи та системи САПР

Комп'ютерна графіка дозволяє здійснювати конструкторські розробки в двох напрямках.

Перший напрям базується на двомірній геометричній моделі і використанні комп'ютера як засобу, що дозволяє значно прискорювати процес конструювання і покращувати якість оформлення конструкторських документів. Центральне місце в цьому підході до конструювання займає креслення, яке містить всю необхідну графічну інформацію для виготовлення якого-небудь виробу.

В основі другого напрямку лежить просторова геометрична модель виробу, яка є наочнішим способом представлення оригіналу і могутнішим і зручнішим інструментом вирішення геометричних завдань. Креслення в цих умовах грає допоміжну роль, а способи його створення засновані на методах комп'ютерної графіки.

При використанні першого напрямку (традиційний процес конструювання) обмін інформацією здійснюється на основі конструкторської, нормативно-довідкової і технологічної документації; при використанні другого – на основі комп'ютерного представлення геометричного об'єкту загальної бази даних, що сприяє ефективному функціонуванню програмного забезпечення САПР.

Під геометричним моделюванням розуміють створення моделей геометричного об'єкту (ГО), що містять інформацію про геометрію об'єкту.

Моделлю ГО називається сукупність відомостей, що однозначно визначають його форму і розміри. Наприклад, відрізок можна представити двома (двомірною моделлю) або трьома (тривимірною моделлю) координатами двох крайніх крапок; коло – координатами центру і радіусом і. т.д.

Двовірні геометричні моделі (ГМ) дозволяють створювати креслення.

Просторові (тривимірні) геометричні моделі (ПГМ) служать для представлення виробу в трьох вимірах. Тривимірні моделі можуть задаватися різними способами:

- каркасні, задаються вершинами і ребрами. Ця модель проста, але з її допомогою можна представити в просторі тільки обмежений клас деталей;

- полігональні (поверхневі) – поверхнями (площинами, поверхнями обертання і ін.);

- об'ємні (твердотільні) – формуються з елементарних об'єктів (базисних тіл) з використанням логічних операцій об'єднання, віднімання, перетину. По таких моделях можна побудувати не тільки графічні зображення (види, розрізи, перетини), але і розрахувати його масоінерційні характеристики, такі як маса, об'єм, момент інерції й ін., якщо ввести поняття про матеріал і його фізичні властивості.

Об'ємні тіла і ГМ, утворені з простіших об'єктів з використанням логічних операцій об'єднання, перетину і т.д., називаються складеними ГО.

Система КОМПАС-3D має в своєму розпорядженні вельми широкі можливості створення тривимірних моделей найскладніших конструкцій, як окремих деталей, так і складальних одиниць. Причому процес моделювання аналогічний технологічному процесу виготовлення виробу. Здійснюючи віртуальну збірку декількох деталей в складальну одиницю, користувач може тимчасово відключити зображення якої-небудь деталі або виконати будь-який складний розріз. У КОМПАС-3D об'ємні моделі і плоскі креслення асоційовані між собою, будь-яке редагування моделі спричинить зміну в кресленні, створеному по даній моделі. КОМПАС-3D має в своєму розпорядженні широкі можливості параметризації, які можуть бути застосовані і до об'ємного моделювання. Припустимо, майбутню деталь виготовлятимуть штампуванням, тоді необхідно сконструювати прес-форму. Використовуючи для виготовлення верстати з ЧПУ, можна створити модель як самій деталі, так пуансона і матриці. В процесі розробки конструктор може накласти асоціативні зв'язки і якщо потрібно буде внести зміни в конструкцію деталі, то відповідно зміняться

моделі пуансона і матриці, а також відбудеться відповідна зміна в кресленнях цих виробів.

## 4.2. Розробка моделі об'єкту проектування

Оскільки найбільш навантаженим елементом причіпного пристрою культиватора виявився поперечний брус (див. пункт 2.12), то додатково проведемо аналіз НДС осі кріплення бруса до траверс причіпного пристрою.

За допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks створюємо твердотільну модель осі (рис. 4.1).

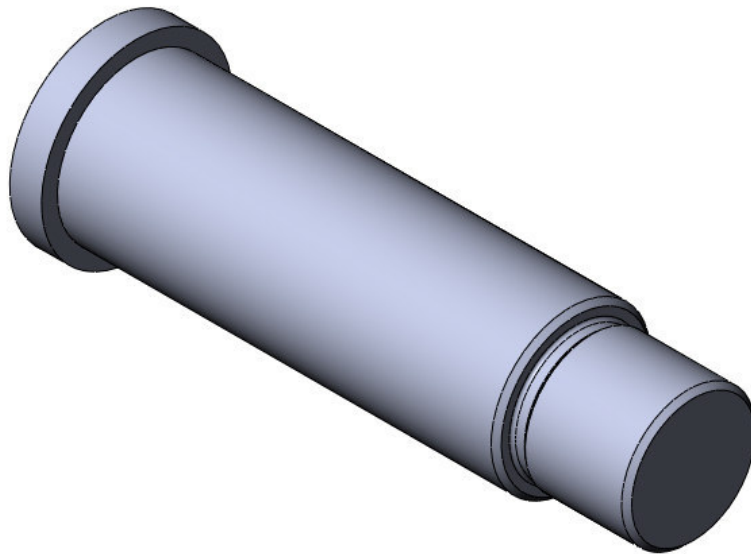
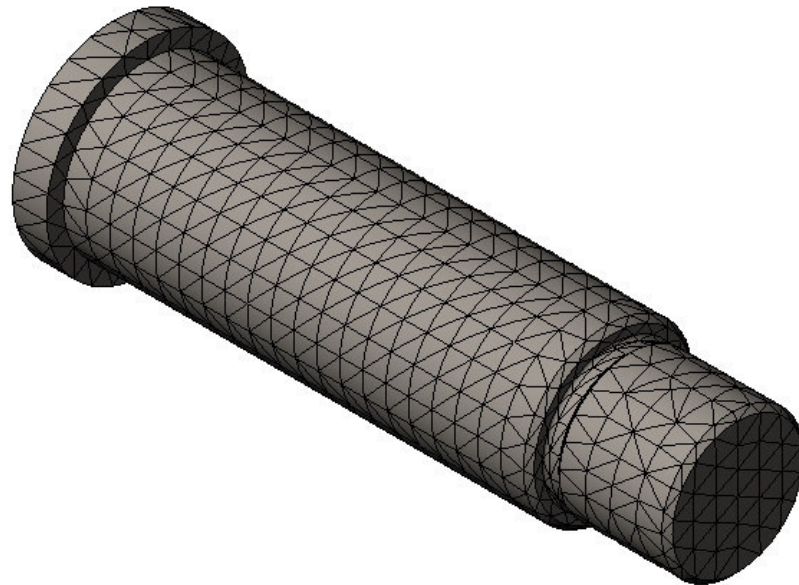
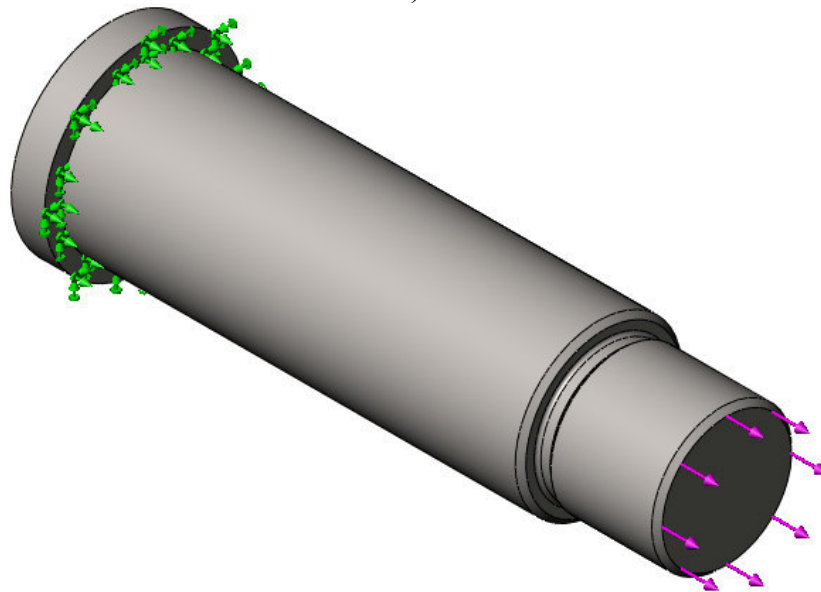


Рисунок 4.1 – Твердотільна модель осі причіпного пристрою

За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу CosmosWorks системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо аналіз напружено-деформівного стану осі. Для цього створюємо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі осі (рис. 4.2, а). Задаємо умови закріплення – защемлення головки осі. Задаємо навантаження на вісь – тяговий опір культиватора  $\approx 40$  кН (рис. 4.2, б).



а)



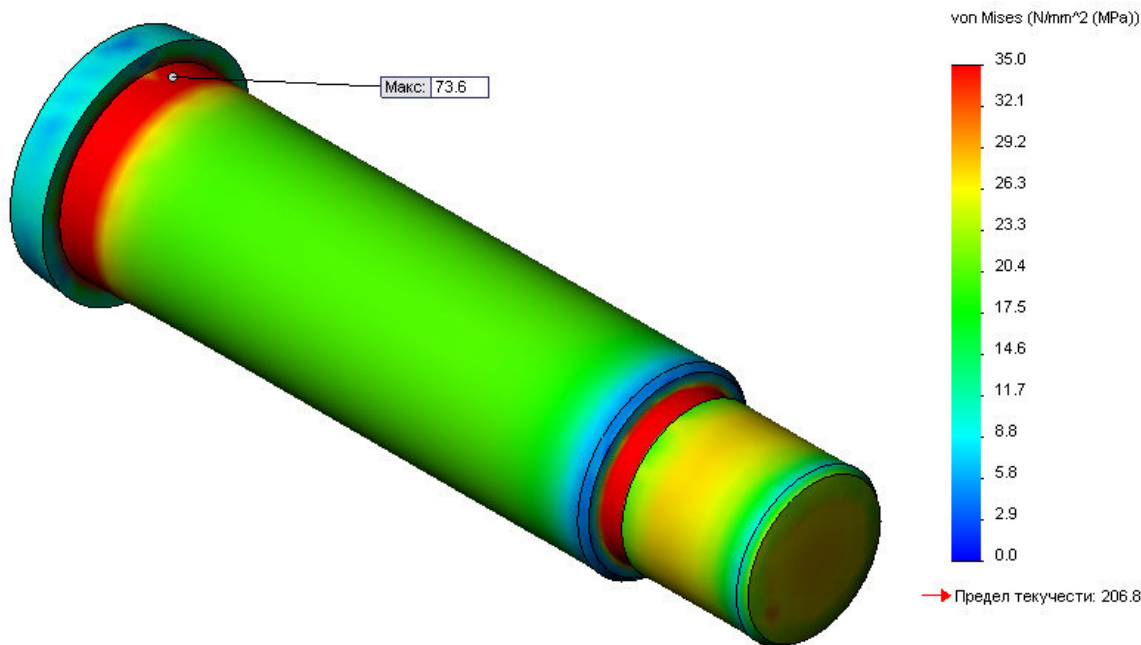
б)

Рисунок 4.2 – Моделювання осі причіпного пристрою

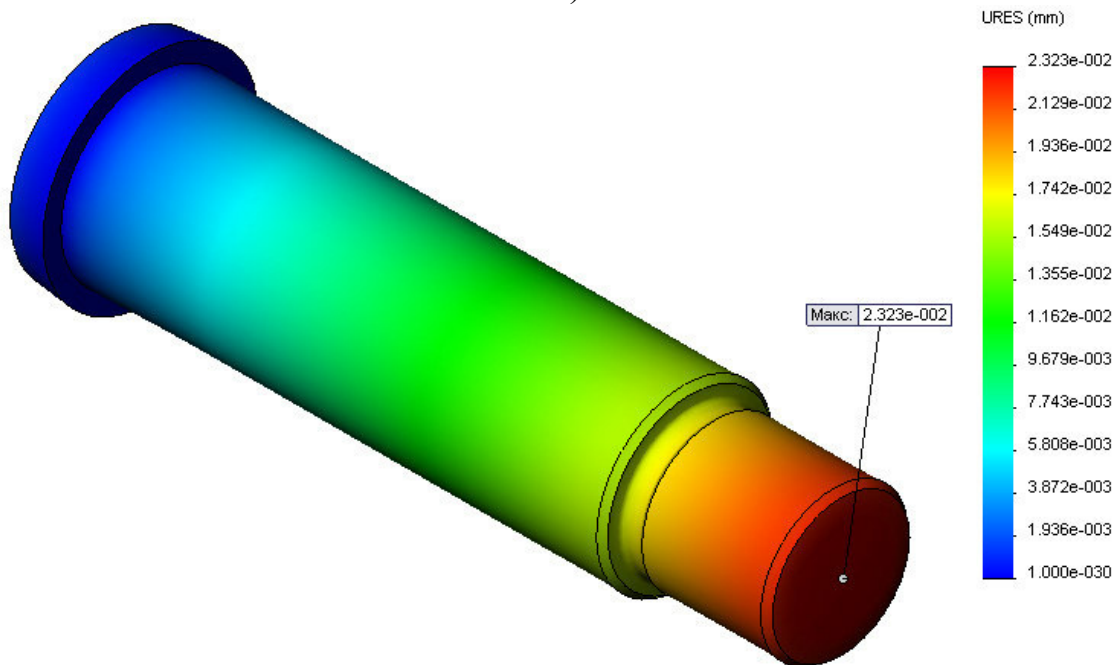
#### **4.2. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання**

Результати розрахунку напружено-деформованого стану осі причіпного пристрою за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks подано на рис. 4.3.





а)



б)

Рисунок 4.3 – Результати розрахунку НДС осі причіпного пристрою:  
а - напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса); б - переміщення точок, мм.

Отримані методом скінчених елементів результати розрахунку показують, що максимальні напруження спостерігаються поблизу защемлення головки осі причіпного пристрою  $\approx 74$  МПа.

Максимальна деформація (видовження) осі становить  $\approx 0,02$  мм.

Розподіл коефіцієнтів запасу міцності по осі причіпного пристрою подано на рис. 4.4.



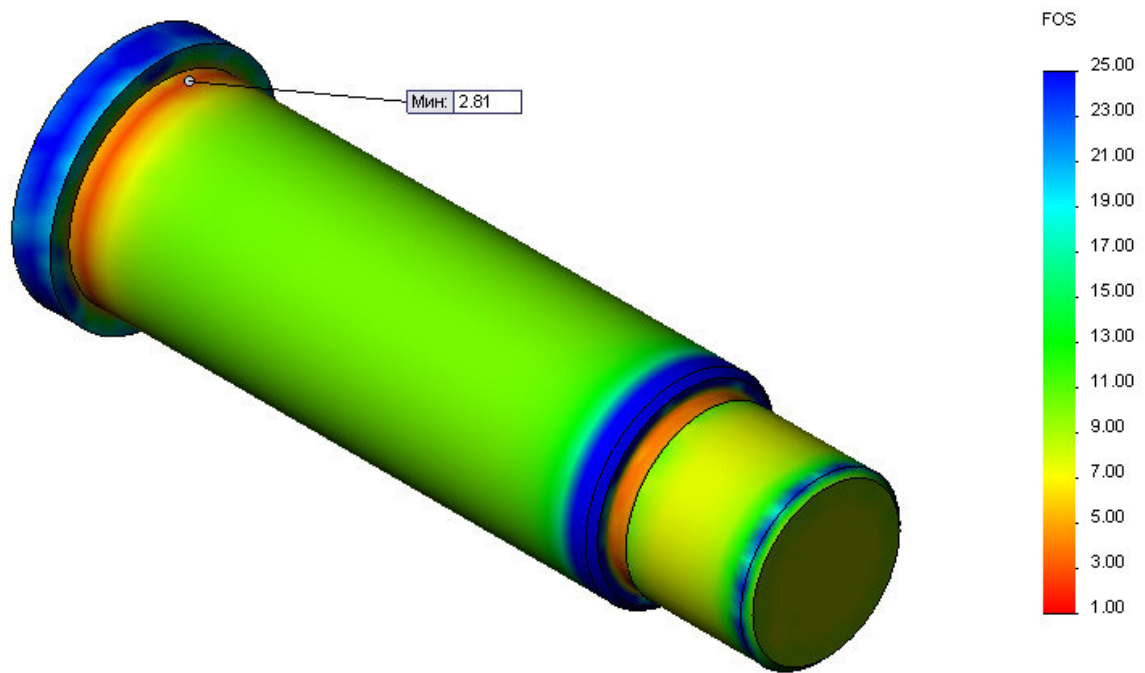


Рисунок 4.4 – Розподіл запасу міцності по осі причіпного пристрою

Мінімальний коефіцієнт запасу міцності для осі становить  $\approx 2,8$ .

## 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КРОНШТЕЙН КП-16.307

### 5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі

#### Опис призначення та конструкції деталі

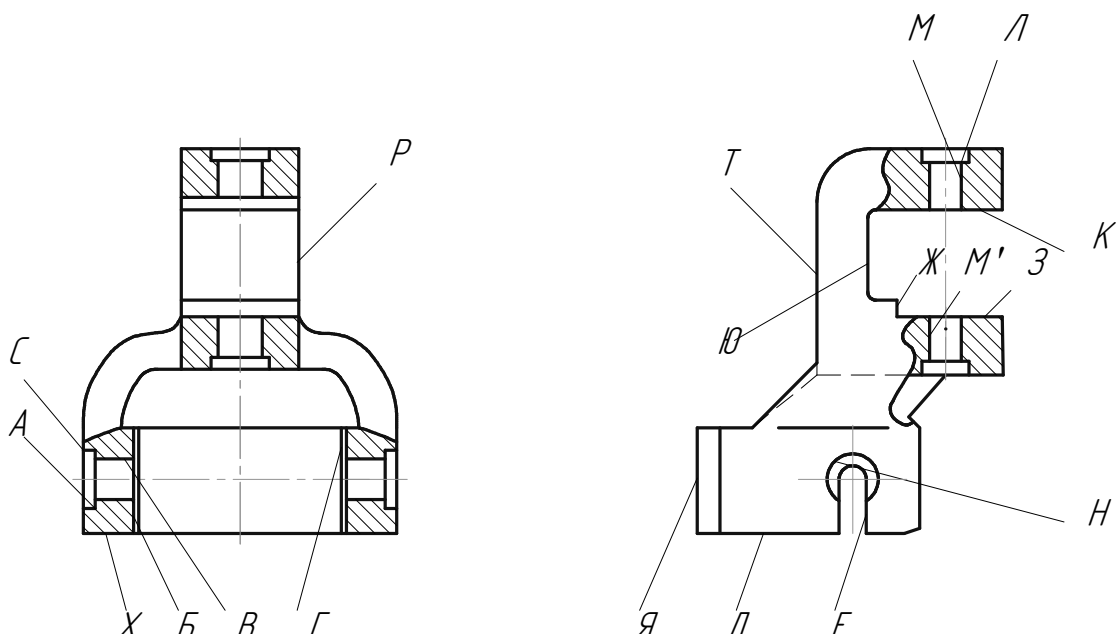


Рисунок 5.1 – Основні поверхні деталі кронштейн КП-16.307

Деталь - кронштейн КП-16.307 (рис. 5.1) є однією із складових елементів широкозахватного культиватора КП-8,5.

Дана деталь призначена для забезпечення надійної фіксації і з'єднання деталей, що входять в склад агрегату.

До основних поверхонь деталі відносять наступні:

Поверхні (К, З, Ж, Г, Б) – призначені для кріплення елементів механізму навіски.

Поверхні (М, Л) – служать для встановлення пальця для фіксації верхнього важеля навіски.

Поверхні (А, В) – служать для встановлення пальця для фіксації нижнього важеля навіски.

Інші поверхні деталі є другорядними і принципового значення не мають.

Для виготовлення заготовки даної деталі необхідно застосовувати матеріал, який має добрі ливарні властивості і оброблюваність, поряд з високими механічними характеристиками.

Враховуючи конструктивні особливості деталі, її форму, а також те, що деталі в подальшому не будуть зварюватись, застосовують сталь 35Л-I ГОСТ 977-75, котра має наступні характеристики.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад сталь 35Л

C, %	Si, %	S, %	Mn, %	P, %
0,35-0,4	0,17-0,37	0,04	0,5-0,8	0,04

Таблиця 5.2 – Механічні властивості сталь 35Л

$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %
540	320	20	45

На основі аналізу робочого креслення і технічних вимог визначимо методи і засоби, за допомогою яких можна виконати відповідні вимоги, а також методи їх контролю в умовах даного виробництва. Дані зведемо у таблицю.

Таблиця 5.3 – Аналіз технічних умов

Поверхня	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
М, Л	Забезпечити задану точність та співвісність отворів і пазів один відносно одного	Обробка за один прохід	Калібр (спец)
Н, Б, А	Забезпечити задану точність і співвісність отворів	Однчасне свердління отворів	Пробка (спец)
Е	Забезпечити співвісність пазів один відносно одного шорсткість поверхні	Обробка за один прохід	Шаблон (спец)
З, К, Ж	Забезпечити точність і шорсткість поверхні	Фрезерування торцевою фрезою	Шаблон
Г	Забезпечити точність і шорсткість поверхні	Фрезерування	Шаблон

## **Технологічний контроль креслення деталі**

На робочому кресленні деталь зображена у трьох проекціях, що дає змогу уявити деталь в просторі і розташування її основних поверхонь.

На кресленні є присутньою достатня кількість розрізів і видів.

Для розмірів загального призначення встановлений відхилення згідно ГОСТ 23409-82.

Для необроблюваних поверхонь загальний показник шорсткості визначається методом одержання заготовки.

На робочі розміри і відповідальні поверхні встановлено допуск і квалітет точності згідно діючих стандартів. На відповідальні поверхні встановлено спеціальні показники шорсткості.

Також вказано основні базові поверхні, відносно яких визначаються поверхні відхилення: співвісності пазів і співвісності отворів один відносно одного.

Отже, креслення деталі виконано згідно діючих стандартів, що в повній мірі відображає всю необхідну інформацію, що необхідна для виготовлення даної деталі.

## **Аналіз технологічності конструкції деталі**

Деталь – кронштейн КП-16.307 є відливкою третього класу точності, тому одержання заготовки не складає значних труднощів.

Конфігурація деталі дозволяє отримати заготовку шляхом відливання.

З точки зору механічної обробки, конфігурація деталі дозволяє обробку всіх поверхонь на прохід.

Розміщення чотирьох отворів  $\varnothing 16,5$  дозволяє їх попарне одночасне свердління і витримати всі конструктивні вимоги.

Деталь має добрі базові поверхні для першочергових операцій, достатньо жорстка по конструкції і при механічній обробці дозволяє застосовувати пристрої і кондуктори з пневматичним затиском.

До всіх оброблюваних поверхонь кронштейну є вільний доступ інструменту. У деталі відсутня обробка з внутрішнього боку.

На основі цих міркувань деталь є достатньо технологічною за конструкцією.

### **Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі**

Базовий технологічний процес механічної обробки деталі є досконалим і забезпечує поставлені вимоги щодо якості, точності і шорсткості поверхонь отримуваної деталі.

Щодо методу одержання заготовки (литво у земляні форми), то цей метод є доцільним, однак вимагає застосування стержнів і ручного формування. Крім цього, заготовку для даної деталі можна отримати і іншими способами, наприклад литвом по виплавляємим моделям.

Реальна заготовка досить точно відповідає кресленню деталі.

Щодо баз, то вони вибрані правильно, з дотриманням принципів єдності і суміщення баз. Також виконується умова, що при першій операції вибрано такі базові поверхні, які в подальшому не обробляються.

Операції технологічного процесу механічної обробки кронштейну КП-16.307 встановлено правильно, що дозволяє досягнути задану точність.

Як видно із технологічного процесу, режими різання відповідають прогресивним. На рахунок ріжучого інструменту – то він використовується стандартизований.

Щодо обладнання, яке використовується, то воно в повній мірі задовольняє всі вимоги.

Щодо зауважень, то для операцій 005, 010, 035 горизонтально-фрезерних, на яких використовуються горизонтально-фрезерні верстати мод. 6P82Г, то на них є змога використати вертикально-фрезерні мод. 6P12, котрі є значно дешевшими, займають менші виробничі площі і дозволяють використати більш прогресивні ріжучі інструменти, при цьому скоротяться витрати часу на обробку.

## 5.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

### Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій. Його значення приймається для планового періоду рівного одному місяцю і визначається за формулою:

$$K_{30} = \frac{O}{P} \quad (5.1)$$

де  $O$  – число різних операцій;

$P$  – число робочих місць з різними операціями.

Число операцій закріплених за одним робочим місцем знаходимо згідно формули:

$$O = \frac{60 \cdot F_m \cdot k_g \cdot \eta_n}{T_{ш-к} \cdot N_m} \quad (5.2)$$

де  $F_m$  – місячний фонд часу роботи обладнання при однозмінному режимі.

$$F_m = 2030 \div 12 = 169,2 \text{ год};$$

$k_g = 1,3$  – середній коефіцієнт виконання норм часу;

$\eta_n = 0,8$  – коефіцієнт завантаження верстатів;

$T_{ш-к}$  – штучно-калькуляційний час виконання операцій на даному верстаті /орієнтований по додатку I [ ]).

$N_m$  – місячна програма випуску деталей

$$N_m = \frac{N}{12} = \frac{30000}{12} = 2500 \text{ шт.}$$

$N$  – річна програма випуску деталей.

Введемо коефіцієнт  $k$  для спрощення розрахунків:

$$k = \frac{60 \cdot F_m \cdot k_g \cdot \eta_n}{N_m} = \frac{60 \cdot 169,2 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2500} = 4.22.$$

1. Горизонтально-фрезерна операція:

$$O_1 = \frac{4.22}{0,54 \cdot 1,84} = 4,25$$

2. Горизонтально-фрезерна операція:

$$O_2 = \frac{4.22}{0,48 \cdot 1,84} = 4,78$$

3. Вертикально-свердлильна операція:

$$O_3 = \frac{4.22}{0,43 \cdot 1,72} = 5.7$$

4. Вертикально-свердлильна операція:

$$O_4 = \frac{4.22}{0,09 \cdot 1,72} = 27.2$$

5. Вертикально-свердлильна операція:

$$O_5 = \frac{4.22}{0,16 \cdot 1.72} = 15.3$$

6. Вертикально-свердлильна операція:

$$O_6 = \frac{4.22}{0,16 \cdot 1.72} = 15.3$$

7. Вертикально-фрезерна операція:

$$O_7 = \frac{4.22}{0,3 \cdot 1,84} = 7.6$$

8. Горизонтально-фрезерна операція:

$$O_8 = \frac{4.22}{0,58 \cdot 1,84} = 3.9$$

9. Горизонтально-фрезерна операція:

$$O_9 = \frac{4.22}{0,63 \cdot 1,84} = 3.6$$

тоді

$$K_{30} = \frac{\sum_{i=1}^9 O_i}{3} = 29.21$$

Отже тип виробництва – дрібносерійний, так як  $20 < K_{30} < 40$ .

Згідно ГОСТ 14312-74 приймаємо потокову форму організації виробництва, яка характеризується узгодженим і ритмічним виконанням всіх операцій технологічного процесу на основі постійного такту випуску, розміщенням робочих місць у послідовності згідно технологічного процесу.

Величина такту випуску :

$$t_{\phi} = \frac{F_{\phi} \cdot 60}{N} = \frac{2030 \cdot 60}{30000} = 4.06 \text{ хв/шт.} \quad (5.3)$$

де  $F_{\phi}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.  $F_{\phi} = 2030$  год.

Скоректована партія

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{30000 \cdot 10}{253} = 1186 \text{ шт.} \quad (5.4)$$

де  $a$  – число днів, на яке необхідно мати запас деталей.  $a = 10$ ;

$F$  – число робочих днів у році.  $F = 253$ .

### Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Заготовками для даної деталі можуть бути відливки, одержані литвом різними способами. В даному випадку її отримують методом лиття в земляні форми із сталі 35Л ГОСТ 977-75, що забезпечує вимоги міцності і шорсткості необроблюваних поверхонь.

Дану заготовку можна одержати і литвом по виплавляємим моделям. При цьому технологічний процес механічної обробки не змінюється.

Для того, щоб вибрати метод одержання заготовки, визначимо собівартість заготовки одержаної литвом у піщані форми і по виплавляємим моделям.

Деталь – відливка із сталі 35Л; 3-ї групи складності, маса деталі 1,85 кг; маса заготовки 2,05 кг.

Вартість заготовки одержуваної куванням на ГKM і литвом, з достатньою для курсового проектування точністю визначаємо згідно формули:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} Q k_T k_C k_{\phi} k_M k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{\phi idx}}{1000} \quad (5.5)$$

де  $C$  – базова вартість 1 тони заготовок;



$k_T, k_C, k_\epsilon, k_M, k_{II}$  - відповідно, коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

1 варіант *Литво в піщані форми*

$$C = 800 \text{ грн}, \quad k_T = 1, \quad k_C = 1,$$

$$k_\epsilon = 1, \quad k_M = 1.21, \quad k_{II} = 1,$$

$$S_{\text{вiдх}} = 72 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{800}{1000} 2.05 \cdot 1.21 \right) - (2.05 - 1.85) \frac{72}{1000} = 1.97 \text{ грн.}$$

2 варіант *Литво по виплавляємим моделям*

$$C = 4400 \text{ грн}, \quad k_T = 1, \quad k_C = 1,$$

$$k_\epsilon = 0.62, \quad k_M = 1, \quad k_{II} = 1.23,$$

$$S_{\text{вiдх}} = 72 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{заг2}} = \left( \frac{4400}{1000} 2.05 \cdot 0.62 \cdot 1.23 \right) - (2.05 - 1.85) \frac{72}{1000} = 6.87 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від застосування прогресивнішого способу одержання заготовки розрахуємо згідно формули :

$$\Sigma = (S_{\text{заг2}} - S_{\text{заг1}}) \cdot N = (6.87 - 1.97) \cdot 30000 = 147000 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Отже одержання заготовок для деталі кронштейн КП-16.307 литвом у піщані форми є більш доцільним.

Економічний ефект від застосування литва у піщані форми складає 147000 гривень на рік у порівнянні з литвом по виплавляємим моделям.

### Вибір технологічних баз

Вихідними даними для вибору баз є: робоче креслення деталі; технічні умови на виготовлення деталі; вид заготовки та якість її поверхонь.

При виборі технологічних баз важливою умовою є те, щоб при першій операції було вибрано базою такі поверхні, які в подальшому не оброблюються.

На наступні операції необхідно вибрати такі бази, які б служили базами для багатьох операцій.

Від правильності вибору технологічних баз в значній мірі залежать:

- Фактична точність виконання лінійних розмірів, заданих конструктором.
- Правильність розміщення оброблюваних поверхонь.
- Точність обробки, яку повинен витримати робітник при виконанні запроектованої технологічної операції.
- Степінь складності і конструкція необхідних пристроїв, ріжучих і вимірювальних інструментів.
- Загальна продуктивність обробки заготовок.

Вибір технологічних баз зазвичай проводять у вигляді таблиці, в якій показують схеми базування деталі на кожній операції. Однак оскільки деталь є доволі складна і зображувати її на всіх операціях потрібно у двох проекціях, то схеми базування детально викреслимо на картах операційних ескізів технологічного процесу мех. обробки даної деталі.

### **Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки**

Для визначення доцільності вибраного технологічного маршруту механічної обробки необхідно провести техніко-економічні порівняння двох варіантів обробки.

Складаємо два варіанти технологічного маршруту механічної обробки деталі кронштейн КП-16.307 (таблиця 5.4 та таблиця 5.5).

Таблиця 5.4 – Маршрут обробки 1-го варіанту (базовий)

<i>№ опер.</i>	<i>Назва операції, зміст переходу</i>	<i>Оброблювана поверхня</i>	<i>Базова поверхня</i>	<i>Обладнання</i>
005	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	Б	Т,О,Р,С,П	6P82Г
010	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	К, З	Х,Я,Т	6P82Г
015	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2,3.	Б	З,К,Я,Б	2Н135
020	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2.	М	В,Г,Я,Ю	2Н135
025	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір. 2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	М М <sup>1</sup>	Р,Т,Д	2Н135
030	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір. 2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	В В <sup>1</sup>	Р,Т,Д	2Н135
035	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати деталь в розмір 1, 2.		М,С	6P82Г
040	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	Е	Т,Д,М	6M82Г
045	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	Е <sup>1</sup>	З,Т	6M82Г

Таблиця 5.5 – Маршрут обробки 2-го варіанту (проектний)

<i>№ опер.</i>	<i>Назва операції, зміст переходу</i>	<i>Оброблювана поверхня</i>	<i>Базова поверхня</i>	<i>Обладнання</i>
005	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	Б	Т,О,Р,С,П	6P12
010	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	К, З	Х,Я,Т	6P12
015	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2,3.	Б	З,К,Я,Б	2Н135
020	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2.	М	В,Г,Я,Ю	2Н135
025	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір. 2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	М М <sup>1</sup>	Р,Т,Д	2Н135
030	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір. 2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	В В <sup>1</sup>	Р,Т,Д	2Н135
035	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати деталь в розмір 1, 2.		М,С	6P12
040	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	Е	Т,Д,М	6M82Г
045	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	Е <sup>1</sup>	З,Т	6M82Г

Для того, щоб вибрати із двох варіантів обробки кращий, необхідно провести їх техніко-економічне порівняння. Для цього необхідно знайти вартість механічної обробки на відмінних операціях.

Величина годинних приведених витрат:

$$C_{ПЗ} = \frac{C_3}{M} + C_{ГЗ} + E_H (K_C + K_3), \quad \text{коп/год} \quad (5.7)$$

де  $C_3$  – основна і додаткова заробітна плата, а також перерахування на соц. страх;  $M$  – коефіцієнт багатостатності;  $C_{ГЗ}$  – годинні затрати на експлуатацію робочого місця;  $E_H$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень.  $E_H=0,2$ ;

$K_C$  – питомі годинні капітальні вкладення у верстат;

$K_3$  – питомі годинні капітальні вкладення у будівлі.

$$C_3 = C_{Т.Ф.} \cdot 1,53 \cdot k, \quad \text{коп/год} \quad (5.8)$$

де  $C_{Т.Ф.}$  – годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду;

$k$  – коефіцієнт, що враховує заробітну плату наладчика.  $k=1,0$ .

$$C_{ГЗ} = C_{ГЗ}^{б.у.} \cdot k_M, \quad \text{коп/год} \quad (5.9)$$

де  $C_{ГЗ}^{б.у.}$  – практично скоректовані годинні затрати на базовому робочому місці;

$k_M$  – машино-коефіцієнт, який показує у скільки разів затрати, пов'язані з роботою даного верстату більші за економічні затрати у базового верстату.

$$K_C = \frac{Ц \cdot 100}{3200}, \quad \text{коп/год} \quad (5.10)$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \quad \text{коп/год} \quad (5.11)$$

де  $Ц$  – балансова вартість верстату, грн.;

$F$  – виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів.

$$F = f \cdot k_f, \quad \text{м}^2 \quad (5.12)$$

де  $f$  – виробнича площа, яку займає верстат;

$k_f$  – коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу.

Вартість механічної обробки на розглядуваній операції:

$$C_o = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{шт}}{60}, \quad \text{коп} \quad (5.13)$$

де  $T_{шт}$  – штучний час по операціях.

**I варіант** Горизонтально-фрезерний верстат мод. 6P82Г

$$Ц = 2750 \cdot 1,1 \cdot 5 = 15125 \text{ грн.}$$

$$f = 2,3 \cdot 1,95 = 4,48 \text{ м}^2.$$

$$k_f = 3,0.$$

$M=2$ ; розряд роботи 3.

$$T_{шт} = 2,52 \cdot 1,84 = 4,64 \text{ хв.}$$

$$C_3 = 43,8 \cdot 1,53 \cdot 5 = 335,07 \text{ коп/год}$$

$$C_{ГЗ} = 36,3 \cdot 5 \cdot 1,1 = 199,65 \text{ коп/год, де } k_M = 1,1$$

$$K_C = \frac{15125 \cdot 100}{3200} = 472,6 \text{ коп/год}$$

$$K_3 = \frac{4,48 \cdot 4 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 31,5 \text{ коп/год}$$

$$C_{ПЗ} = \frac{335,07}{2} + 199,65 + 0,2(472,6 + 31,5) = 468 \text{ коп/год}$$

$$C_o^I = \frac{468 \cdot 4,64}{60} = 36,19 \text{ коп.}$$

**II варіант** Вертикально-фрезерний верстат мод. 6P12

$$Ц = 2300 \cdot 1,1 \cdot 5 = 12650 \text{ грн.}$$

$$f = 2,3 \cdot 1,95 = 4,48 \text{ м}^2.$$

$$k_f = 3,0.$$

$M=2$ ; розряд роботи 3.

$$T_{шт} = 2,52 \cdot 1,84 = 4,64 \text{ хв.}$$

$$C_3 = 43,8 \cdot 1,53 \cdot 5 = 335,07 \text{ коп/год}$$

$$C_{ГЗ} = 36,3 \cdot 5 \cdot 1,1 = 199,65 \text{ коп/год, де } k_M = 1,1$$

$$K_c = \frac{12650 \cdot 100}{3200} = 395.3 \text{ коп/год}$$

$$K_3 = \frac{4.48 \cdot 4 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 31.5 \text{ коп/год}$$

$$C_{пз} = \frac{335.07}{2} + 199.65 + 0,2(395.3 + 31.5) = 452.5 \text{ коп/год}$$

$$C_o^2 = \frac{452.5 \cdot 4.64}{60} = 34.99 \text{ коп.}$$

Річний економічний ефект при застосуванні проектного варіанту технологічного маршруту виготовлення деталі в порівнянні з базовим складає:

$$\Sigma = (C_0^1 - C_0^2) \cdot N = (36.79 - 34.99) \cdot 30000 = 54000 \text{ грн.} \quad (5.14)$$

Дані розрахунки свідчать про те, що проектний маршрут виготовлення деталі кронштейн КП-16.307 економічно більш доцільний.

### **Визначення припусків та між операційних розмірів, проекткування заготовки**

Припуски на поверхні, які підлягають механічній обробці визначаємо табличним методом з використанням ГОСТ 1855-85.

Припуски і допуски на оброблювані поверхні зводимо у таблицю.

Таблиця 5.6 – Припуски і допуски на оброблювані поверхні  
деталі кронштейн КП-16.307

<i>Поверхня</i>	<i>Розмір</i>	<i>Припуск</i>	<i>Допуск</i>
К, З	56 <sup>+0,7</sup>	3	±0,2
Б, Г	82 <sup>+0,8</sup>	3	±0,2
В	∅16,5 <sup>+0,4</sup>	2×8,5	±0,2
М, М <sup>1</sup>	∅16,5 <sup>+0,4</sup>	2×8,5	±0,2
Л, Л <sup>1</sup>	∅25Н12	2×4,5	±0,2
А, П	∅25Н12	2×4,5	±0,2
Е	16,5 <sup>+0,43</sup>	16,5	±0,2

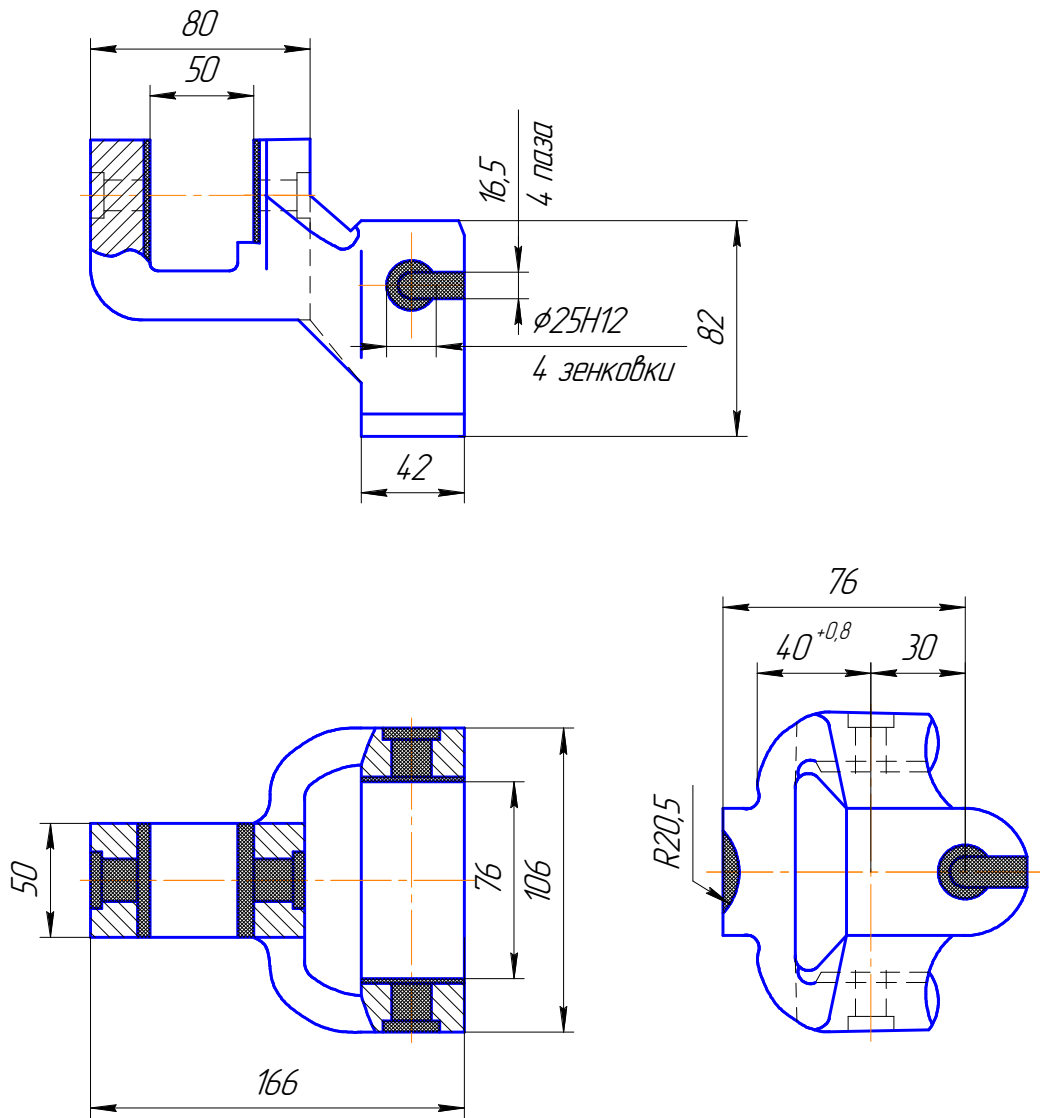


Рисунок 5.2 – Заготовка кронштейну з призначеними припусками і допусками

### Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю

Вибираючи тип і конструкцію різального інструменту враховується характер виробництва, метод обробки, тип верстатів, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідну якість поверхні і точність обробки.

При виборі ріжучого інструменту потрібно по можливості більш повно використовувати стандартний інструмент.

Для перевірки розмірів оброблюваних поверхонь, їх шорсткості, окремих пунктів технічних вимог, потрібно використовувати засоби технологічного контролю, стандартизованих, нормалізованих або спеціальних.



Виберемо ріжучий і вимірювальний інструмент для кожної операції, дані зводимо у таблицю.

Таблиця 5.7 – Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

<i>№ опер.</i>	<i>Назва операції, зміст переходу</i>	<i>Ріжучий інструмент</i>	<i>Вимірювальний інструмент</i>
005	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	Фреза (Ø82) 2200-4015	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
010	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	Фреза (спец) 2214-4023	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
015	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2,3.	Свердло (Ø16,5) 2301-0066 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
020	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2.	Свердло (Ø16,5) 2301-0056 ГОСТ 10908-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
025	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір. 2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	Зенковка Ø25H12	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
030	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір. 2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	Зенковка Ø25H12 2350-4014	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
035	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати деталь в розмір 1, 2.	Фреза Ø45 2223-0023 ГОСТ 17026-71	Шаблон (спец)
040	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	Фреза Ø200x16,5 2241-6002	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
045	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	Фреза Ø100x16,5 7242-4064	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80

## Розрахунок режимів різання по операціях

Для всіх операцій механічної обробки режими різання вибираємо орієнтовно із довідника [ ].

Режими різання зводимо у таблицю.

Таблиця 5.8 – Зведена таблиця режимів різання

№ опер.	Назва операції, зміст переходу	L, мм	t, мм	i, шт	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	T <sub>о</sub> , хв	N <sub>p</sub> кВт
005	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	90	3	1	100 мм/хв	200	51,2	0,9	4,3
010	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати паз в розмір 1,2,3 з двох сторін одночасно.	80	3	1	80 мм/хв	200	35,5	1,0	4,2
015	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2,3.	50	8,5	1	0,1	355	18,3	1,41	2,3
020	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір в розміри 1,2.	10	8,5	1	0,1	355	18,3	1,13	2,3
025	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	6	4,5	1	0,2	500	39	0,05	1,8
	2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	6	4,5	1	0,2	500	39	0,05	1,8
030	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	6	4,5	1	0,2	500	39	0,05	1,8
	2. Перевстановити деталь в приспособленні. 3. Зенкерувати отвір d25H12 витримуючи розмір.	6	4,5	1	0,2	500	39	0,05	1,8
035	<b>Вертикально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати деталь в розмір 1, 2.	50	6	1	80 мм/хв	160	62,7	0,62	4,5
040	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	95	16,5	1	100 мм/хв	125	78,4	0,25	3,8
045	<b>Горизонтально-фрезерна</b> 1. Фрезерувати два пази шириною 16,5 мм.	105	16,5	1	100 мм/хв	125	39,3	1,05	3,6

## **Вибір обладнання та визначення його кількості. Побудова графіків завантаження та використання обладнання**

Для процесу механічної обробки застосуємо наступне обладнання з такими технічними характеристиками:

### **Вертикально-свердильний 2Н135**

*Найбільший діаметр свердління, мм – 35*

*Найбільше зусилля подачі, Н – 16000*

*Відстань від шпинделя до плити, мм - 700÷1120*

*Найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм – 750*

*Конус Морзе отвору шпинделя – №4*

*Кількість ступенів обертів шпинделя – 12*

*Найбільше переміщення шпинделя, мм – 250*

*Межі чисел обертів за хвилину – 31,2÷1400*

*Розміри столу, мм - 450×500*

*Потужність електродвигуна, кВт – 4,5*

*Габаритні розміри, мм – 1240×810*

### **Вертикально-фрезерний 6Р12**

*Розміри робочої поверхні стола, мм – 320x1250*

*Найбільше переміщення стола, мм:*

*Повздовжнє – 800*

*Поперечне – 280*

*Вертикальне – 420*

*Переміщення гільзи із шпинделем, мм – 70*

*Найбільший кут повороту шпиндельної головки – 45*

*Число швидкостей шпинделя – 18*

*Частота обертання шпинделя об/хв. – 31,5-1600*

*Число подач стола – 18*

*Подача стола, мм/об:*

*Повздовжня і поперечна - 25-1250*

*Вертикальна – 8,3 – 414,6*

*Потужність електродвигуна, кВт – 7,5*

*Вага, кг – 3120.*

### **Горизонтально-фрезерний 6М82Г**

*Відстань від осі шпинделя до столу, мм – 30-450*

*Відстань від осі шпинделя до хобота, мм - 155*

*Розміри робочої поверхні стола, мм – 1250x320*

*Найбільше переміщення стола, мм:*

*Повздовжнє – 700*

*Поперечне – 240*

*Вертикальне – 420*

*Число ступенів подач – 18*

*Подача стола, мм/об:*

*Повздовжня і поперечна - 25-1250*

*Вертикальна – 8,3 – 416,6*

*Діаметр отвору шпинделя, мм – 29*

*Кількість швидкостей шпинделя – 18*

*Межі чисел обертів шпинделя за хв. – 31,5-1600*

*Потужність електродвигуна, кВт – 7,5*

Правильний вибір обладнання визначає його раціональне використання по часу. При виборі верстатів для розробленого технологічного процесу цей фактор повинен враховуватись таким чином, щоб виключити їх простой.

Коефіцієнт завантаження визначається як співвідношення розрахункової кількості верстатів  $m_p$  зайнятих на даній операції до прийнятої кількості верстатів  $m_n$ .

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n} \quad (5.20)$$

Розрахункова кількість верстатів визначається як відношення штучного часу на даній операції до такту випуску.  $t_e = 2,9$  хв/шт.

Ступінь використання обладнання за основним часом характеризується коефіцієнтом використання обладнання по основному часу.

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{um}} \quad (5.21)$$

Величина використання обладнання за потужністю визначають, як відношення розрахункової потужності до потужності приводу верстату.

$$\eta_N = \frac{N_p}{N_e} \quad (5.22)$$

### Вертикально-свердильний мод. 2Н135

$$T_{um} = 2,74 \text{ хв}$$

$$N_e = 4,5 \text{ кВт}$$

$$T_o = 4,71 \text{ хв}$$

$$N_p = 2,3 \text{ кВт}$$

$$m_p = \frac{4.71}{4.06} = 1.16$$

$$\eta_o = \frac{2,74}{4,71} = 0,58$$

$$\eta_3 = \frac{1.16}{2} = 0,58$$

$$\eta_N = \frac{2.3}{4.5} = 0,51$$

Приймаємо 2 верстати.

### Вертикально-фрезерний мод. 6Р12

$$T_{um} = 2,52 \text{ хв}$$

$$N_e = 7,5 \text{ кВт}$$

$$T_o = 4,64 \text{ хв}$$

$$N_p = 4,5 \text{ кВт}$$

$$m_p = \frac{4.64}{4.06} = 1,14$$

$$\eta_o = \frac{2.52}{4.64} = 0,54$$

$$\eta_3 = \frac{1,14}{2} = 0,57$$

$$\eta_N = \frac{4.5}{7.5} = 0,6$$

Приймаємо 2 верстати.

## Горизонтально-фрезерний 6М82Г

$$T_{um} = 1,3 \text{ хв}$$

$$N_g = 7,5 \text{ кВт}$$

$$T_o = 2,39 \text{ хв}$$

$$N_p = 3,8 \text{ кВт}$$

$$m_p = \frac{2,39}{4,06} = 0,59$$

$$\eta_o = \frac{1,3}{2,39} = 0,54$$

$$\eta_s = \frac{0,59}{1} = 0,59$$

$$\eta_N = \frac{3,8}{7,5} = 0,50$$

Приймаємо 1 верстат.

Знаходимо коефіцієнти завантаження і використання обладнання:

$$\eta_{з\text{ср}} = \frac{0,58 + 0,57 + 0,59}{3} = 0,58$$

$$\eta_{o\text{ср}} = \frac{0,58 + 0,54 + 0,54}{3} = 0,55$$

$$\eta_{N\text{ср}} = \frac{0,51 + 0,6 + 0,50}{3} = 0,54$$

За отриманими даними будуюмо графіки завантаження обладнання, завантаження по потужності і основному часу.

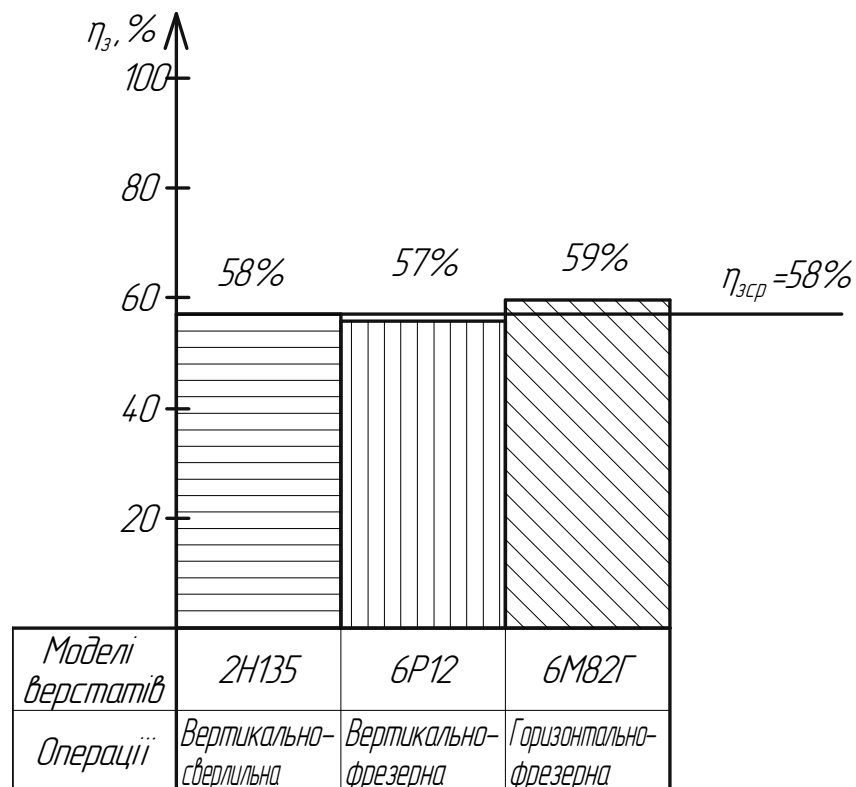


Рисунок 5.3 – Графік завантаження обладнання

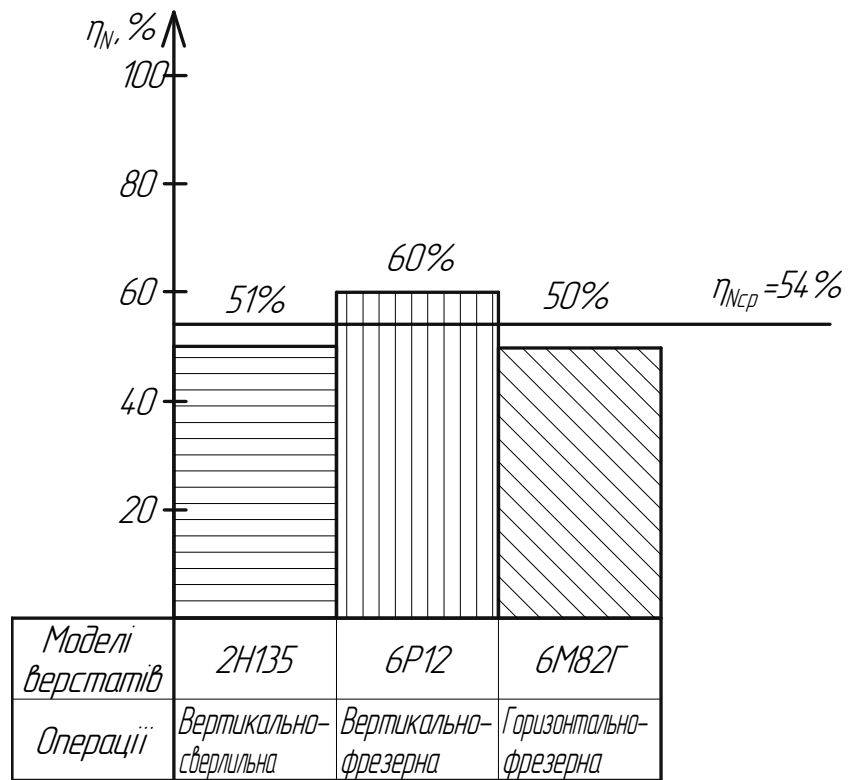


Рисунок 5.4 – Графік завантаження обладнання за основним часом

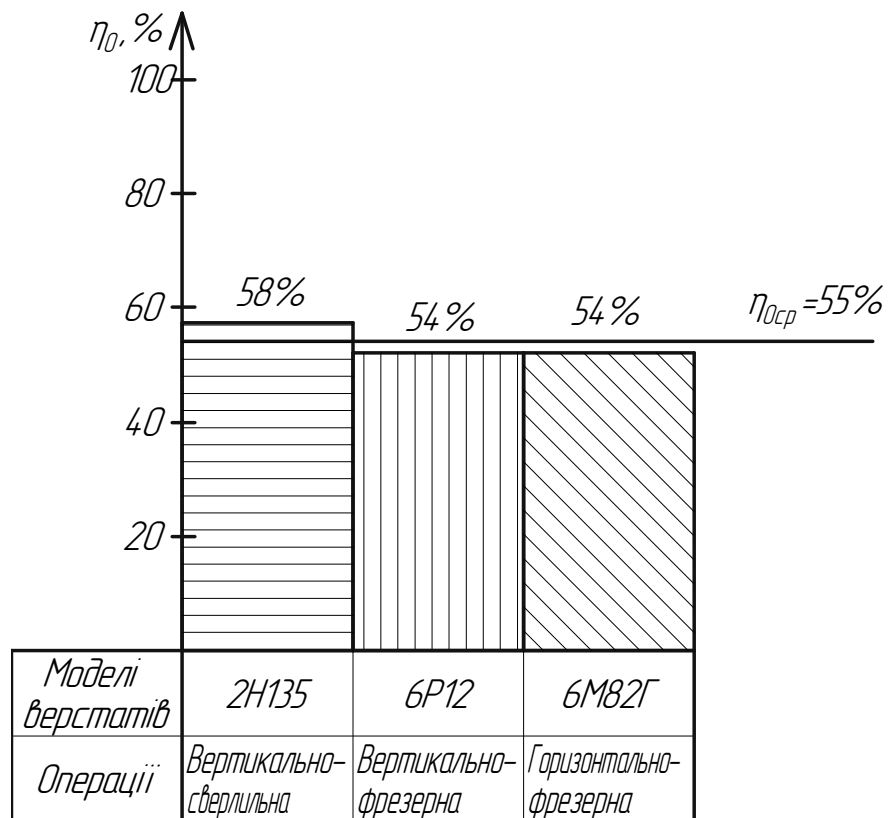


Рисунок 5.5 – Графік завантаження обладнання за потужністю

### 5.3. Розробка спеціальних верстатних пристроїв

#### Опис призначення, будови і роботи пристосування для фрезерування пазу 16,5 в деталі кронштейн

Пристосування – пристосування до вертикально-фрезерного верстату мод. 6P12 для операції 040 механічної обробки фрезерування двох пазів 16,5 із заданою точністю згідно креслення деталі – кронштейн КП-16.307.

У відповідності із параметрами обробки та вихідними даними приймаємо схему одномісного однопозиційного пристосування.

Пристосування для фрезерування пазу складається із основи 1, на котрій розміщено три вертикальні стійки.

У першу стійку впресовано втулку 2, у котрій є палець, призначений для базування деталі. На другій стійці розміщується прихват 3, котрий при допомозі вісі 10 з'єднаний із важелем 4. в свою чергу важіль в нижній частині за допомогою вісі 11 може повертатись відносно першої стійки. У верхній частині важеля впресовано втулку 18, яка є направляючою для гвинта 17.

Затиск деталі здійснюється за допомогою пневмокамери.

Для запобігання зміщення деталі, вона однією із базових поверхонь опирається на третю стійку.

Пристосування встановлюється на стіл вертикально-фрезерного верстату 6P12.

Точність базування пристосування забезпечується двома направляючими шпонками 20.

Закріплюється пристосування за допомогою трьох гвинтів 8, що входять у Т-подібні пази столу верстату.

Відкріплюється деталь за допомогою пневмокамери.

Деталь витягується вручну.



## 6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень.

#### Оцінка технічного рівня виробу

Комбінований агрегат пропонованої конструкції призначений для передпосівного обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур і виконує за один прохід подрібнення грудок, розпушування ґрунту, підрізування бур'янів, вирівнювання поверхні поля і ущільнення ґрунту.

Комбінований ґрунтообробний агрегат складається з трисекційної рами, яку можна складати за допомогою гідравлічної системи, що дозволяє: зменшити транспортну ширину до 4 м, заощадити час на додаткову підготовку до роботи, усуває необхідність застосування додаткового транспорту для перевезення двох культиваторів і зчіпки.

У конструкцію несучих елементів культиватора внесено наступні зміни: збільшено товщину стінки квадратної труби поперечного бруса причіпного пристрою культиватора.

Завдяки впровадженню запропонованих змін у несучих елементах культиватора досягається збільшення міцності рами, підвищення надійності конструкції широкозахватного культиватора.

Якщо вважати, що заміна конструкції проводиться при підготовці машини до нового сезону (під час проведення планового капітального ремонту), то витрати на зміну конструкції несучих систем культиватора не впливатимуть на сезонну продуктивність машини, і експлуатаційні витрати залишатимуться на базовому рівні.

Порівняльний аналіз значень якості виробу проводиться для всіх конструктивних варіантів і має два етапи [21]:

1. Експертний етап передбачає порівняння значень показників якості нового виробу за варіантами з показниками базового виробу та може призвести до наступних результатів:

а) всі показники даного варіанту перевищують базові більше, ніж на 5 %. Даний варіант вважається проектом і піддається подальшій розробці, в тому числі і економічному обґрунтуванню;

б) всі показники даного варіанту гірші базових більше, ніж на 3 %. Даний варіант виключається із подальшої розробки;

в) деякі показники варіантів кращі, деякі гірші від базових. Тут необхідний наступний розрахунковий етап.

2. Розрахунковий етап передбачає:

а) визначення значень відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно до формул:

$$q_i = \frac{k_{2_i}}{k_{1_i}} - \text{для бажаних показників}; \quad (6.1)$$

$$q_i = \frac{k_{1_i}}{k_{2_i}} - \text{для небажаних показників}, \quad (6.2)$$

де  $k_{2_i}$  - показник якості нового виробу;  $k_{1_i}$  - показник якості базового виробу;  
 $i = \overline{1, n}$  - номенклатура показників якості;

б) розрахунок узагальненого показника:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (6.3)$$

де  $Q$  – узагальнений показник якості продукції;

$n$  – кількість показників, що складають номенклатуру.

Задовільним проектом вважається варіант нового виробу, у якого  $Q > 1.05$ . Це значення заноситься в карту технічного рівня і якості виробу.

Оскільки темою дипломної роботи є удосконалення складової частини машини (комплектуючий виріб), то узагальнений показник розраховується на машину в цілому.

Визначаємо значення відносних показників якості нового виробу у порівнянні з культиватором КПШ-8 за варіантами згідно формул:

для бажаних показників:

$$q_1 = \frac{10}{8} = 1.25; q_2 = \frac{8,5}{8} = 1.06; q_3 = \frac{8}{6} = 1.33; q_4 = \frac{200}{200} = 1; q_5 = \frac{1200}{1200} = 1;$$

$$q_6 = \frac{6}{6} = 1; q_7 = \frac{75}{65} = 1.15; q_8 = \frac{85}{75} = 1.13; q_{12} = \frac{56}{75} = 0.75;$$

для небажаних показників:

$$q_9 = \frac{15}{18} = 0.83; q_{10} = \frac{2400}{2200} = 0,92; q_{11} = \frac{20}{15} = 1.3.$$

Розраховуємо узагальнений показник:

$$Q = \frac{1.25 + 1.06 + 1.33 + 1 + 1 + 1 + 1.15 + 1.13 + 0.83 + 0.92 + 1.3 + 0.75}{12} = 1,06.$$

Результати розрахунків заносимо у карту технічного рівня і якості продукції (таблиця 6.1) [21].

Таблиця 6.1 – Карта технічного рівня і якості продукції  
(форма 2 ГОСТ2.116-84)

Група, назва, одиниця показників якості виробу	Бажаність “+”, “-”	Значення за конструктивними варіантами		
		Базового виробу, $k_1$	Нового виробу	
			$k_2$	$q$
<b>1. Призначення</b>				
Робоча швидкість, км/год.	+	8	10	1,25
Ширина захвату, м	+	8	8,5	1,06
Продуктивність, га/год.	+	6	8	1,33
Сезонне напрацювання, год	+	200	200	1
<b>2. Надійність</b>				
Термін напрацювання до відмови, год	+	1200	1200	1
Гарантійний термін роботи, років	+	6	6	1
Ремонтопридатність, %	+	65	75	1,15
<b>3. Якість</b>				
Якість подрібнення та вирівнювання ґрунту, %	+	75	85	1,13
<b>4. Економне використання ресурсів</b>				
Витрати палива, л/год	-	15	18	0,83
Затрати на технічне обслуговування та ремонт, грн/рік	-	2200	2400	0,92
<b>5. Обмеження шкідливих впливів</b>				
Надмірне розпушування ґрунту, %	-	20	15	1,3
<b>6. Стандартизація і уніфікація</b>				
Відношення уніфікованих вузлів до неуніфікованих, %	+	75	56	0,75

## 6.2. Визначення техніко-економічних показників

Основний економічний ефект від запропонованої конструкції культиватора забезпечується за рахунок збільшення ширини захвату сільськогосподарського знаряддя, підвищення його продуктивності, підвищення надійності та довговічності конструкції при деякому збільшенні витрат на технічне обслуговування та поточний і капітальний ремонт машини за рахунок зменшення кількості уніфікованих вузлів.

Основою для розрахунку показників економічної ефективності є прямі експлуатаційні витрати: відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонт, технічне обслуговування, оплата праці, затрати на паливно-мастильні матеріали, а також якість та кількість продукції, яку одержують за допомогою порівнювальних машин.

Економічний ефект від виробництва і використання за термін служби нової (вдосконаленої) машини визначають за формулою [13]:

$$\mathcal{E}_{c.c} = \frac{\mathcal{E}_r}{a_n + E}, \quad (6.4)$$

де  $a_n$  – коефіцієнт відрахувань на реновацію по новій машині,  $a_n = 12\%$ ;

$E$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $E = 0,15$ ;

$\mathcal{E}_r$  – річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн. [13]:

$$\mathcal{E}_r = B_3 (P_b - P_n + \mathcal{E}), \quad (6.5)$$

де  $P_b$ ,  $P_n$  – приведені витрати на одиницю напрацювання по базовій і новій машинах, грн./од. напрацювання;

$\mathcal{E}$  – економічний ефект від вивільнення робочої сили, досягнутих умов праці, від зміни кількості і якості продукції на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання. Приймаємо  $\mathcal{E} = 0$ , оскільки таких змін не відбувається;

$B_3$  – річне напрацювання нової машини в умовах даної природнокліматичної зони, од. напрацювання/рік. Річне напрацювання нової машини в умовах даної природнокліматичної зони таке ж як і базової машини (табл. 6.1).

Приведені витрати на одиницю напрацювання ( $\Pi$ ) визначають за формулою [13]:

$$\Pi = \text{И} + \text{КЕ}, \quad (6.6)$$

де  $\text{И}$  – прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання;

$\text{К}$  – капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання ( $\text{И}$ ) у гривнях визначають за формулою [13]:

$$\text{И} = \text{З} + \text{Г} + \text{Р} + \text{А} + \text{Ф}, \quad (6.7)$$

де  $\text{З}$  – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./од. напрац.;

$\text{Г}$  – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./од. напрацювання;

$\text{Р}$  – витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, грн./од. напрацювання;

$\text{А}$  – витрати на реновацію, грн./од. напрацювання;

$\text{Ф}$  – інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали (насіння, добрива, гербіциди, дріт, шпагат, тара), грн./од. напрацювання.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу ( $\text{З}$ ) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [13]:

$$\text{З} = \frac{1}{W_{\text{см}}} \sum L_j \tau_j k_d, \quad (6.8)$$

де  $W_{\text{см}}$  – продуктивність агрегату за 1 год. змінного часу, од. напрацюв./год.;

$\tau_j$  – часова тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу  $j$ -го розряду, грн./чол.;

$k_d$  – коефіцієнт, що враховує доплати по розрахунку за продукцію, премії, надбавки за класність і стаж роботи, кваліфікацію, оплату відпусток і нарахування по соціальному страхуванню;

$L_j$  – кількість  $j$ -го виробничого персоналу, чол.

Оскільки витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, витрати на паливно-мастильні матеріали та інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали у базовому та новому варіантах не відрізняються, то їх розрахунок

не проводиться. Розраховуємо лише витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт та витрати на реновацію.

Витрати на технічне обслуговування (ТО), поточний і капітальний ремонти визначають по нормативах відрахувань від балансової ціни машини або за даними випробувань при наявності інформації про вартість ремонтів і показники надійності.

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонти по нормативах відрахувань від балансової ціни машини визначають за формулою [13]:

$$P = \frac{B(r_T + r_K)}{W_{\text{эк}} T_{\text{ч}}}, \quad (6.9)$$

де  $B$  – балансова ціна машини, для базової машини  $B = 270\,000$  грн., для нової машини  $B = 285\,000$  грн.;

$W_{\text{эк}}$  – продуктивність агрегату або робітника за 1 год. експлуатаційного часу, од. напрацювання/год. (табл. 6.1);

$r_T + r_K$  – коефіцієнти відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування та відрахувань на капітальний ремонт;

$T_{\text{ч}}$  – нормативне річне завантаження, год.  $T_{\text{ч}} = 300$  год/рік.

Витрати на реновацію машини ( $A$ ) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [13]:

$$A = \frac{B_a}{W_{\text{эк}} T_3}, \quad (6.10)$$

де  $a$  – коефіцієнт відрахувань на реновацію машини;

$T_3$  – зональне річне завантаження, год.

Капітальні вкладення ( $K$ ) на одиницю напрацювання (в гривнях) на одну машину визначають за формулою [13]:

$$K = \frac{B}{W_{\text{эк}} T_3}, \quad (6.11)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по базовій машині:

$$K_6 = \frac{270000}{1.3 \cdot 300} = 692.31 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по новій машині:

$$K_H = \frac{285000}{1,3 \cdot 300} = 730,77 \text{ грн.}$$

Тут  $B_H$  визначаємо як суму балансової вартості базової машини (270000 грн) та собівартості конструкторської розробки удосконалення культиватора ( $\approx 15000$  грн).

Витрати на реновацію базової та нової машин на одиницю виробки:

$$A_{\sigma} = \frac{270000 \cdot 0,15}{1,3 \cdot 300} = 103,85 \text{ грн.}$$

$$A_H = \frac{285000 \cdot 0,12}{1,4 \cdot 300} = 81,43 \text{ грн.}$$

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт:

$$P_{\sigma} = \frac{270000 \cdot 0,34}{1,3 \cdot 300} = 235,38 \text{ грн.}$$

$$P_H = \frac{285000 \cdot 0,28}{1,4 \cdot 300} = 190,00 \text{ грн.}$$

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання:

$$I_{\sigma} = P_{\sigma} + A_{\sigma} = 235,38 + 103,85 = 339,23 \text{ грн.}$$

$$I_H = P_H + A_H = 190,00 + 81,43 = 271,43 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на одиницю напрацювання:

$$\Pi_{\sigma} = I_{\sigma} + K_{\sigma}E = 339,23 + 629,31 \cdot 0,15 = 443,08 \text{ грн.}$$

$$\Pi_H = I_H + K_H E = 271,43 + 730,77 \cdot 0,15 = 381,04 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини:

$$\mathcal{E}_r = 300 \cdot (443,08 - 381,04) = 18609,89 \text{ грн/рік.}$$

Економічний ефект від виробництва і використання за термін служби нової (вдосконаленої) машини:

$$\mathcal{E}_{c.c} = \frac{18609,89}{0,12 + 0,15} = 68925,52 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень - критерій ефективності нового виробу, визначається за формулою [13]:

$$T_{ок} = \frac{K}{\mathcal{E}_r} \leq \frac{1}{E_H}, \quad (6.12)$$

де  $K$  – вартість конструкторської розробки удосконалення культиватора, грн.

Якщо умова (6.9) виконується, тобто  $T_{ок} \leq 6.7$  років, то новий виріб ефективний не залежно від значення річного економічного ефекту  $\mathcal{E}_r$ .

$$T_{ок} = \frac{15000}{18609,89} = 0,81 \leq 6.67 \text{ років.}$$

При впровадженні у виробництво широкозахватного культиватора запропонованої конструкції капітальні вкладення окупляться за  $\approx 0,8$  року.

### **6.3. Заходи з покращення організації виробництва**

Сучасне виробництво розглядається як процес, успішний розвиток якого обумовлений комплексним рішенням задач на всіх рівнях керування. Саме перехід від розгляду окремо узятих процесів і засобів виробництва до комплексного їхнього розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і технічними засобами складає головну особливість машинобудування.

Сучасний виробничий процес – це єдиний взаємозалежний комплекс технологічних процесів, устаткування і засобів вимірів, що охоплює різноманітні сторони процесу – від одержання заготівок до виходу готової продукції [7].

Технологічні процеси і засоби виробництва органічно зв'язані між собою. Зміна одних викликає зміна інших, тому перехід до таких систем зв'язаний зі створенням нової технології.

Вирішувати задачу прискорення науково-технічного прогресу на підприємствах можна тільки шляхом комплексного впливу на всі елементи виробничого процесу.

Це у свою чергу вимагає перебудови системи підготовки виробництва як в окремих галузях, так і в народному господарстві. Така перебудова є однією з важливих народногосподарських проблем. У її рішенні особливе місце



приділяється стандартизації як одному з найважливіших засобів удосконалювання елементів виробництва. Крім застосування принципів уніфікації необхідно застосовувати методи автоматизованого проектування, проводити всебічне відпрацювання конструкцій виробів на технологічність і контрольні іспити досвідчених зразків і їхніх елементів.

Високий технічний рівень виробів є головною передумовою технічного прогресу. Економічний ефект від використання нового виробу визначається його технічним рівнем і функціональною організованістю, які прораховуються розробниками і (або) замовниками нової техніки.

Ефект від збільшення масштабів випуску нової техніки на стадії її освоєння і його величина визначаються організаційними заходами, що проводяться інженерами на стадіях розробки, технічної підготовки і освоєння випуску нових виробів. Ефект від застосування нової техніки у суміжних областях можуть визначити тільки фахівці даної галузі. Це здійснюється використанням інверсної форми функціонально-вартісного аналізу.

Ефект, що залежить від економії дефіцитних ресурсів виникає у тих випадках, коли при розробці нових виробів створені передумови заміни гостродефіцитних і шкідливих матеріалів на недефіцитні. Цей ефект виникає тоді, коли можливо автоматизувати технологічні процеси і організувати роботу за так званою безвідходною технологією, вивільнивши один з найбільш дефіцитних видів ресурсів – робочу силу.

Тісний взаємозв'язок конструкції, технології і організації виробництва зумовлює необхідність комплексного розв'язання цих питань при вдосконаленні продукції, що випускається і створенні нової. Найважливішими показниками, в яких знаходить відображення якість технічних рішень, є собівартість продукції і експлуатаційні витрати при її використанні [7].

Для того, щоб продукція, що випускається, відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентноздатною і задовольняла різностороннім вимогам споживачів, на всіх етапах циклу створення і освоєння нової техніки потрібне проведення комплексу аналітичних робіт.

Об'єктом інженерного аналізу є фізичні процеси при функціонуванні

виробів, шляхи забезпечення його працездатності; техніко-економічний аналіз пов'язаний з використанням зовнішніх зв'язків виробу з виробництвом, споживанням.

На сучасному етапі побудови матеріально-технічної бази особливого значення набуває прискорення темпів науково-технічного прогресу шляхом своєчасного використання передових досягнень науки, техніки і виробничого досвіду, обумовлених науково-технічною революцією.

Науково-технічний прогрес машинобудування в сучасних умовах характеризується частою зміною об'єктів виробництва і підвищенням їхнього технічного рівня і якості, збільшенням одиничної потужності і продуктивності машин, зниженням їхньої металоємності, використанням якісно нових матеріалів, інтенсифікацією технологічних процесів і режимів роботи устаткування, упровадженням принципово нових технологічних процесів, їхньою автоматизацією із широким використанням ПК.

Моральне старіння машин і приладів найчастіше настає значно швидше їхнього фізичного старіння. Терміни стійкого масового чи серійного виробництва виробів скоротилися до дійсного часу з 10–15 до 3–5 років, а це вимагає підвищення технічного рівня і якості виробів, удосконалювання методів організації і керування процесами виробництва, розвитку спеціалізації і кооперування при виготовленні як виробів основного виробництва, так і засобів оснащення виробничих процесів [7].

Ці зміни привели до зміни самого характеру машинобудівного виробництва, зумовили перехід від розгляду окремо узятих процесів і явищ до комплексного їх розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і явищами.

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 7.1. Нормативно-правові акти з охорони праці

Законодавство України про охорону праці становить систему взаємопов'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини в галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних і лікувально-професійних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є: Конституція України (стаття 45 проголошує: „Кожен має право на відпочинок. Максимальна тривалість робочого часу, мінімальна тривалість відпочинку та оплачуваної щорічної відпустки, вихідні та святкові дні, а також інші умови здійснення цього права визначаються законом”; стаття 43: „Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижче визначеної законом”; стаття 50: „Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди”), Закони України „Про охорону праці”, „Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності”, „Про охорону здоров'я”, „Про пожежну безпеку”, „Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення”, „Про використання ядерної енергії та радіаційний захист”, „Про охорону навколишнього природного середовища”, „Про колективні договори і угоди”, „Про дорожній рух”, „Про поводження з радіоактивними відходами”, Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Положення вказаних законів конкретизуються у відповідних правилах, стандартах, нормах, положеннях, інструкціях та інших нормативно-правових актах, перелік яких наведений в „Державному реєстрі нормативних актів з охорони праці”.

Законодавчими актами, що визначають основні положення з охорони праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти, як, приймаються кабінетом Міністрів України, Державним комітетом з нагляду за охороною праці Міністерством праці та соціальної політики, Міністерством охорони здоров'я й ін.

Крім законодавчих актів України, правові відносини у сфері охорони праці регулюються нормативно-правовими актами з охорони праці.

Нормативно-правові акти з охорони праці – це правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові для виконання.

Перелік законодавчих і нормативно-правових актів наведено в додатках. До найважливіших нормативно-правових актів із питань охорони праці відносять державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП).

Залежно від сфери дії ДНАОП можуть бути міжгалузевими або галузевими.

Державні міжгалузеві нормативні акти про охорону праці - це ДНАОП загальнодержавного користування, дія яких поширюється на всі підприємства, організації України незалежно від галузей належності.

Галузеві ДНАОП поширюються тільки на певну галузь у масштабі України і передбачають гарантії безпечних умов праці, що специфічні тільки для даної галузі.

ДНАОП поділяються на вісім видів уніфікованої форми для однакового застосування: правила; стандарти; норми; положення, статuti; інструкції, керівництва, вказівки; рекомендації, вимоги; технічні умови безпеки; переліки.

Згідно із Законом України "Про охорону праці" (ст. 28), нормативно-правові акти переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше ніж один раз на десять років.

Державні нормативні акти (ДНАОП) потрібно відрізнити від відомчих документів про охорону праці (ВДОП), які можуть розроблятися на їх основі і затверджуватися міністерствами, відомствами України або асоціаціями,

концернами та іншими об'єднаннями підприємств для конкретизації вимог ДНАОП відповідно до специфіки галузі.

Роботодавець або уповноважений ним орган розробляють на основі ДНАОП і затверджують власні положення, інструкції або інші нормативно-правові акти про охорону праці, що діють у межах підприємства. Відповідно до рекомендацій Держнаглядохоронпраці щодо Порядку опрацювання і затвердження нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві (наказ № 132 Державного комітету з нагляду за охороною праці від 12 грудня 1993 р.) до основних нормативних актів підприємства належать:

1. Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
2. Положення про службу охорони праці підприємства;
3. Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;
4. Положення про роботу уповноваженого трудового колективу з питань охорони праці;
5. Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
6. Положення про організацію та проведення первинного і повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
7. Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативним актам про охорону праці;
8. Положення про організацію попереднього і періодичного медичного огляду працівників;
9. Інструкції з охорони праці для працюючих за професіями і видами робіт;
10. Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
11. Перелік посадових осіб підприємства, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
12. Наказ про порядок забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Згідно з чинним нині в Україні Положенням про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці 29 січня 1998 р. за № 9, передбачено періодичність перевірки інструкцій з охорони праці не

рідше, ніж один раз на п'ять років, а інструкцій для працюючих за професіями або видами робіт, пов'язаними з підвищеною небезпекою - не рідше ніж раз на три роки.

## **7.2. Техніка безпеки при експлуатації ґрунтообробних машин**

Загальні вимоги безпеки праці при роботі з ґрунтообробними машинами

1. Обробіток ґрунту проводиться колісними і гусеничними тракторами класу 20-30 кН. Виконуючи ці роботи дозволяється трактористам-машиністам, які мають категорію "А" і "В" з талонами попередження та пройшли інструктаж вимог безпеки і не мають медичних протипоказань.

2. Трактористи повинні бути забезпечені спецодягом: костюм з пилонапроникної тканини, рукавиці комбіновані, окуляри захисні.

3. Технічний стан тракторів, сільськогосподарських машин повинен відповідати вимогам інструкції.

4. Під час роботи, переїзду не дозволяється перебувати на тракторах стороннім особам.

5. Тракторист повинен бути навчений прийомам надання долі карської допомоги. На кожному тракторі має бути невеличка аптечка.

6. При роботі в нічний час відпочивати в борозні, у кабіні трактора при працюючому двигуні не дозволяється. При груповій роботі тракторів визначаються місця відпочинку за межами поля.

7. У разі недомагання необхідно припинити роботу, повідомити керівників і звернутися в медпункт.

Вимоги безпеки до початку роботи.

1. Одягти спецодяг, акуратно його заправити, щоб не було звисаючих кінців.

2. При під'єднанні трактора до причіпної машини людям треба відійти від техніки на відстань не менш як 1,5 м. З'єднання проводити при повній зупинці трактора.

3. Перед початком запускання двигуна трактора перевірити положення важелів переключення передач та справність блокуючого пристрою.

4. Починати роботу тільки після ретельної перевірки справності всього агрегату.

5. При запуску пускачем не дозволяється намотувати мотузку на руку.

6. Перед початком руху трактора з місця необхідно переконатися, що це нікому не загрожує, подати попереджуючий сигнал.

7. Особливо бути обережним при навішуванні на трактор навісних машин.

Вимоги безпеки під час роботи.

1. При підйманні та опусканні навісного знаряддя, а також при поворотах треба переконатися, що ці дії не створюють небезпеки для інших працівників.

2. Під час руху агрегату сідати, сходити з нього не дозволяється.

3. Забороняється перебувати під піднятим навісним знаряддям при регулюванні та усуненні неполадок.

4. Не дозволяється залишати навісне знаряддя у піднятому положенні при довгочасних зупинках трактора.

5. На причіпних знаряддях не дозволяється встановлювати допоміжні сидіння, якщо вони не передбачені заводом – виробником.

6. При роботі у нічний час трактор повинен мати справне освітлення.

7. При з'єднанні відвалів, стояків корпусів, передплужників, отвори необхідно суміщати за допомогою бородків.

8. Очищати плуг від бур'янів, налиплого ґрунту тільки після повної зупинки.

9. При боронуванні очищення зубових борін необхідно робити за допомогою гачків. Невиконання цієї вимоги призводить до травмування

працівників. При боронуванні поля, яке забруднено рослинними рештками, бур'янами, зубці борін встановлюють скосами в бік руху агрегату, це забезпечує самоочищення борін. Якщо поле чисте, скоси направляються в протилежний бік руху агрегату.

10. При зберіганні зубові борони повинні ставитися зубцями вниз.

11. При застосуванні дискових борін, луцильників необхідно звертати увагу на правильне встановлення чисток. Зазор між чисткою і диском повинен бути не менше 2 мм.

12. Забороняється регулювати глибину ходу дисків, сидіти на баластних ящиках при рухові агрегату.

13. З робочими органами культиваторів необхідна обережність. При роботі з начіпним культиватором під опорні колеса підкладають дерев'яний брус рівний глибині рихлення. Ця вимога забезпечує безпеку праці, бо зникає необхідність регулювання під час роботи,

14. При використанні культиваторів на підживленні добрива засипати їх у банки туковисівних апаратів тільки після повної зупинки агрегату.

15. При заточуванні лап культиваторів, дисків луцильників, борін, сошників до сівалок необхідно користуватися рукавицями і захисними окулярами

Заходи безпеки в аварійних ситуаціях.

1. При несправності агрегату негайно його треба зупинити.

2. Якщо стався нещасний випадок, повідомити адміністрацію. Потерпілому надати першу долікарську допомогу, місце нещасного випадку зберегти без змін до повного розслідування.

Вимоги безпеки після закінчення робіт.

1. Вигнати агрегат із заїмки і, по затвердженім у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун, загальмувати трактор, у холодний період року злити воду і впевнитись, що вона повністю витекла з системи охолодження.



2. Очистити агрегат від бруду, пилу, рослинних решток. Оглянути та усунути виявлені недоліки.

3. Зняти одяг, вмитися, по-можливості прийняти душ.

### **7.3. Запобігання виникнення надзвичайних ситуацій**

Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки населення і територій, зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризики надзвичайних ситуацій природнього і техногенного характеру невпинно зростають.

Забезпечення безпеки та захисту населення в Україні, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатись як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій державної влади, Ради міністрів Автономної республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад.

Вирішальним кроком у цьому напрямі є прийняття Закону України “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природнього характеру” від 8 червня 2000 року, що визначає стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природнього характеру та реагування на них.

Найбільш ефективний спосіб зменшення шкоди та збитків від надзвичайних ситуацій – запобігти їх виникненню, а в разі виникнення виконувати відповідні до даної ситуації заходи.

*Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій* – це підготовка та реалізація комплексу заходів, спрямованих на регулювання безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків.

Зазначені функції запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру в нашій країні покликана виконувати Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру (ЄДСЗР), затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1998р №98. ЄДСЗР включає в себе центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад, державні підприємства, установи та організації з відповідними силами і засобами, які здійснюють нагляд за забезпеченням техногенної та природної безпеки, організують проведення роботи із запобігання надзвичайним ситуаціям і реагування у разі їх виникнення з метою захисту населення і довкілля, зменшення матеріальних втрат. ЄДСЗР складається з постійно діючих функціональних та територіальних підсистем і має чотири рівні: *загальнодержавний, регіональний, місцевий та об'єктовий*. Кожен рівень ЄДСЗР має координуючі та постійні органи управління.

*Координуючими органами ЄДСЗР є:*

- на загально державному рівні:
  - Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;
  - Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення;
- на регіональному рівні – комісії обласних державних адміністрацій з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;
- на місцевому рівні – комісія районних державних адміністрацій і виконавчих органів рад з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;
- на об'єктовому рівні – комісії з питань надзвичайних ситуацій об'єктів.

До систем повсякденного управління ЄДСЗР входять оснащені засобами зв'язку, оповіщення, збирання, аналізу і передачі інформації:

– центри управління в надзвичайних ситуаціях, оперативно-чергові служби уповноважених органів з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення усіх рівнів;

– диспетчерські служби центральних та місцевих органів виконавчої влади, державних підприємств, установ та організацій.

До складу *сил і засобів ЄДСЗР входять* військові і спеціальні цивільні аварійно-рятувальні (пошуково-рятувальні) формування, які укомплектовуються з урахуванням необхідності проведення роботи в автономному режимі не менше трьох діб і перебувають у стані постійної готовності, а також недержавні (добровільні) рятувальні формування. Залежно від масштабів і особливостей надзвичайної ситуації, що прогнозується або виникла, може існувати один із таких *режимів функціонування ЄДСЗР*: повсякденної діяльності, підвищеної готовності, діяльності у надзвичайній ситуації, діяльності у надзвичайному стані. З метою ліквідації наслідків надзвичайної ситуації у мирний час може поводитися цільова мобілізація.

Ефективність функціонування систем захисту населення і територій досягається через завчасну підготовку, оперативне реагування та ефективне управління під час надзвичайних ситуацій, своєчасне відновлення життєдіяльності населення в їх зоні.

Узагальнюючи питання про наявність надзвичайного ризику, підкреслюючи, що техногенна небезпека є найбільш характерною і значною за питомою вагою серед загального кола випадків, інші ризики, властиві Україні: природні, епідеміологічні, геофізичні та інші, у країні створена потужна система захисту населення і економіки від надзвичайних ситуацій.

Держава, як гарант права людини на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха створює систему цивільної оборони, яка має за мету захист населення від наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

## 8. ЕКОЛОГІЯ

### 8.1. Вплив сільськогосподарської діяльності людини на довкілля

Під впливом господарської діяльності людства в неосфері відбуваються незворотні процеси, пов'язані з гіперконцентрацією виробництва, істотними змінами характеру землекористування.

Вплив господарської діяльності на природне середовище останнім часом вражає своїми масштабами [11]. Його інтенсифікація, спеціалізація і концентрація приводить до появи небажаних процесів, які негативно впливають на природні ресурси – ґрунт, воду, рослинність, тваринний світ.

Практично вся продукція, в тій чи іншій мірі, містить нітрати. І досить часто понад допустимі норми. Про це потрібно пам'ятати і знати, як зменшити її забруднення. Якщо вона забруднена понад встановлені норми, її використання недопустиме.

Забруднення ґрунтів призводить до забруднення підземних вод, які є важливим джерелом забезпечення питною водою людей у містах та селах.

Забруднення ґрунтів впливає на рослини, які ростуть на них. А через рослини, які їсть людина - на її здоров'я. Для того, щоб зменшити вміст забруднювальних речовин в рослинах, необхідно правильно вибрати терміни проведення збирання врожаю - коли культури досягли повної біологічної, а не товарної стиглості.

Ґрунт, як складний організм, постійно розвивається і змінюється. У ньому постійно проходять процеси створення і руйнування. Підраховано, що для створення шару ґрунту у 2..3 см необхідно при сприятливих умовах від 200 до 1000 років [11].

Талі води, дощ і вітер можуть за 20..30 років знищити те, що природою створювалось тисячоліттями. Руйнівну силу води, вітру і антропогенних факторів на ґрунт і підґрунтові породи, змив найбільш родючого верхнього шару чи розмивання, називають ерозією, яка спричиняє найбільшу шкоду [11].

Розрізняють ерозію нормальну (природну або геологічну) і прискорену (або сучасну). Нормальна ерозія виникає на поверхні ґрунту під впливом природних факторів. Сучасна або прискорена ерозія ґрунтів пов'язана із господарською діяльністю людини. До ерозійних процесів також часто відносять хімічну ерозію (зниження ґрунтової родючості у результаті накопичення у ґрунті отрутохімікатів) і механічну (агротехнічну) ерозію.

У складі комплексу протиерозійних заходів передбачено організаційно-господарські, агротехнічні, гідротехнічні [11]. Найбільш радикальними з них є встановлення спеціалізації господарства і його виробничих підрозділів; раціональний розподіл землі за угіддями; правильна структура посівних площ; диференціальне розташування полів. Склад і чергування сільськогосподарських культур, систем обробітку ґрунту також повинні максимально можливо забезпечувати надійний захист ґрунтів від ерозії.

## **8.2. Забруднення довкілля, що виникають при експлуатації удосконаленого культиватора**

Сільськогосподарська екологія вивчає еколого-господарську інфраструктуру, агроєкосистеми, широко вивчає ґрунтовий комплекс, його забруднення, збереження та відновлення. Вузлові питання екології полягають у вивченні екологічних наслідків хімізації сільського виробництва, дослідженні її впливу на стан довкілля та пошуки засобів зменшення дії негативних чинників.

Екологія сільського господарства розглядає екологічні наслідки рослинництва та тваринництва, методи утилізації їх відходів. Актуальною є також проблема екологічно чистого землеробства та одержання екологічно чистих продуктів харчування для людей і кормів для тварин.

Розглядаючи питання екологізації сільського господарства необхідно виявити тенденції, що визначають його стан у недалекому майбутньому. Прогрес у сільському господарстві ще донедавна визначався головним чином механізацією, хімізацією та впровадженням нових сортів рослин і тварин. Підбір цих нових сортів сприяв формуванню нових властивостей рослин.

Великогабаритна важка техніка кардинально трансформує рельєфі структуру ґрунту, поверхневий та підземний стоки вод, видозмінює гідрографічну мережу. Великої шкоди ґрунту завдають кислотні дощі та інші фактори підкислення. У таких ґрунтах пригнічується мікрофлора і, як наслідок, погано розвиваються культури (особливо бобові та олійні).

Надмірна хімізація сільського господарства привела до забруднення як самих ґрунтів так і продуктів харчування нітратами, пестицидами. Основні джерела забруднення ґрунту – це вихлопів газу, викиди промислових підприємств. В ґрунт вони потрапляють з атмосфери разом із пиловими частками.

Площа забруднених земель в Україні близько 265 тис. га. Великої актуальності набули останнім часом забруднення радіоактивними елементами, зокрема стронцієм та цезієм, які швидко засвоюються рослинами. Поглинаючи їх через кореневу систему вони накопичуються у продуктах. Часто концентрація органічних пестицидів у моркві більша, ніж у ґрунті, на якому вона виростає. Пестициди забруднюють увесь харчовий ланцюг, потрапляючи разом з біомасою до харчового раціону тварин, а далі через м'ясо і молоко – до людей.

### **8.3. Заходи із зменшення забруднення довкілля**

Найбільш важливу частину земель України займають сільськогосподарські угіддя – пасовища, сінокоси та пашні. Тому при розгляданні питань щодо охорони земельних ресурсів особливу увагу

приділяють охороні та захисту земель, придатних для використання у сільськогосподарському виробництві і, в першу чергу, орним землям.

Існує проблема відходів сільськогосподарського виробництва і пов'язаної з ним переробної промисловості. Нинішнє світове виробництво зернових дає щорічно 1700 млн т соломи, більша частина якої не використовується і забруднює середовище. Значна кількість відходів вирощеної сільськогосподарської продукції опиняється на смітниках.

Органічні рештки в багатьох випадках просто спалюють, викидають на вітер нагромаджену віками ґрунтову родючість. Значно доцільніше було б, проте, на основі відходів рослинної продукції готувати компости і органічні добрива. Регулярне і достатнє внесення їх на сільськогосподарські поля дозволить більш ефективно використовувати земельні угіддя.

Вплив хімізації на продуктивність агроecosystem обмежений природними умовами. Межа позитивного впливу використання добрив - повне засвоєння сільськогосподарською культурою поживних речовин. Звідси задача виробників сільськогосподарської продукції полягає у підвищенні коефіцієнту засвоєння мінеральних добрив рослинами, у запобіганні його втрат за рахунок вимивання.

При чергуванні сільськогосподарських культур слід враховувати розміри глибини їх кореневих систем. Включаючи в сівозміну культури, які мають глибокопроникну кореневу систему (наприклад, багаторічні бобові і злакові краще використовують поживні речовини і насамперед нітратний азот із глибоких шарів ґрунту (до 2 м). Це дає змогу не тільки істотно підвищити ефективність і коефіцієнт використання азоту добрив, але і звести до мінімуму втрати нітратів за рахунок вимивання і забруднення природних вод.

Рішення питань з екології сільського господарства досягається шляхом введення передової системи землеробства, яка основана на використанні правильних сівозмін, науково обґрунтованої обробки ґрунту з необхідною кількістю добрив, а також проведення різноманітних заходів, спрямованих на покращення водного режиму ґрунтів. Порушення цих вимог та несприятливі

умови призводять до погіршення ґрунту та його структури та розвитку водної й вітрової ерозії.

Крім цього, для підвищення екологічної безпеки при експлуатації машинно-тракторного агрегату з проєктованим культиватором доцільно:

- застосовувати сучасні трактори, що дозволить уникнути переущільнення ґрунту;
- застосовувати сучасні технології виробництва сільськогосподарської продукції;
- дотримуватись науково обґрунтованих систем ведення землеробства: дотримання сівозмін, внесення обмеженої кількості добрив;
- дотримуватись системи природоохоронних, комплексно-меліоративних, протиерозійних та інших заходів;
- підвищити науково-технічний рівень проєктування та виробництва культиваторів.

Застосування таких заходів дозволить підвищити екологічну безпеку вирощування сільськогосподарської продукції, оскільки раціональне господарювання на землі – головний фактор її процвітання. Боротьба за екологічну безпеку повинна розглядатись як одне з найвідповідальніших завдань спеціалістів усіх галузей народного господарства.



## ВИСНОВКИ

Одним з перспективних напрямків розвитку комплексної механізації сільськогосподарського виробництва є створення комбінованих ґрунтообробних машин, які дозволяють одночасно в одному технологічному процесі виконувати кілька операцій обробки ґрунту.

Комбінований агрегат розглядуваної конструкції складається з трисекційної рами, яку можна складати за допомогою гідравлічної системи, що дозволяє: зменшити транспортну ширину до 4 м, заощадити час на додаткову підготовку до роботи, усуває необхідність застосування додаткового транспорту для перевезення двох культиваторів і зчіпки.

Основними несучими елементами, які сприймають експлуатаційні навантаження і працюють у важких умовах складного напружено-деформованого стану є центральна рама та причіпний пристрій широкозахватного культиватора.

На основі розроблених твердотільних моделей центральної рами та причіпного пристрою широкозахватного культиватора проведено аналіз напружено-деформованого стану цих несучих конструкцій та запропоновано збільшити товщину стінки квадратної труби поперечного бруса причіпного пристрою культиватора з 6 мм до 8 мм.

Завдяки впровадженню запропонованих змін у несучих елементах культиватора досягається збільшення міцності рами, підвищення надійності конструкції несучих елементів широкозахватного культиватора, зменшуються затрати на технічне обслуговування та ремонт.

Використання широкозахватного культиватора з удосконаленими несучими елементами забезпечує річний економічний ефект більше 18000 грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Акимов Н.И., Ильин В.Г. Гражданская оборона на объектах сельскохозяйственного производства. – М.: Колос, 1973. – 432 с.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1975. –
3. Антонюк В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию приспособлений. – Минск: Беларусь, 1979. –
4. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1979. – 461 с.
5. Бакка М.Т. Основи безпеки життєдіяльності людини. - Житомир: РВВ ЖІТІ, 1997. – 340 с.
6. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
7. Великанов К.М. Расчет экономической эффективности новой техники. – М.: Машиностроение, 1990. - 420с.
8. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
9. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г.Войтюка. – Суми: Університетська книга, 2008. - 543 с.
10. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Теорія сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Практикум / За ред. С.С. Яцуна. – Суми: Університетська книга, 2008. - 201 с.
11. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
12. Горбацевич А.Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск.: Высшая школа, 1983. – 288 с.
13. ГОСТ 23729-88 Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки спеціалізованих машин / Agricultural machinery. Economic evaluation of machines. – 5 с.

14. Данилевский В.В. Справочник молодого машиностроителя. – М.: Высшая школа, 1973. – 647 с.
15. Дементьев Ю.В., Щетинин Ю.С. САПР в автомобиле- и тракторостроении. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 220 с.
16. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машина сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
17. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машина та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
18. Иванов М.Н. Детали машин: Учебник для студентов высших технических учебных заведений. - М.: Высшая школа, 1991. - 383 с.
19. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
20. Матрин Ю.Н., Малахов И.Н. Выбор и оптимизация технико-экономических показателей машин.- Москва: 1987. – 140 с.
21. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: ВНИИПИ, 1986. – 52 с.
22. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машина сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
23. Организация производства в сельскохозяйственных предприятиях / Под ред. Н.С. Власова. – М.: Колос, 1982. – 458 с.
24. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. проф. Ермольева Ю.И. – М.: Машиностроение, 2006. – 344 с.
25. Практикум із машинвикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.

26. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін. / За ред. І. Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
27. Примак І.Д. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей, В.А. Мазур, В.І. Горшар, О.В. Конопльов, С.П. Паламарчук; О.І. Примак. – За ред. І.Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456с.
28. Резников Л.А., Ещенко В.Т., Дьяченко Г.Н. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин. – М.: Агропромиздат, 1991.–543 с.
29. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
30. Розрахунок основної рами широкозахватного культиватора / В.А. Баб`як, М.Я. Сташків // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – с. 41-42.
31. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
32. Сендряков И.Ф., Кубарева Л.С. Качество и способы внесения удобрений. – М.: Колос,1983. – 362 с.
33. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
34. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
35. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. / Под ред. Анурьева В.И. – М.: Машиностроение, 1979.
36. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.

## **ДОДАТКИ**