

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**“ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ”**

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-62

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Назар ІЛЬКІВ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н. доцент Руслан ГУМЕНЮК
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.
“12” вересня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Ільківу Назарію Ігорьовичу

1. Тема роботи: **«Дослідження міцності відповідальних деталей сільськогосподарської техніки в експлуатації»**

Керівник роботи: Гуменюк Руслан Васильович, к.т.н. доцент

Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 06.12.2024 року

3. Вихідні дані: Літературні джерела за тематикою кваліфікаційної роботи відомих технологічних процесів виробництва та розрахунків технологічного обладнання; Матеріали навчальної, методичної довідкової та наукової літератури; Методики визначення економічної ефективності впровадження нового технологічного рішення.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Стан питання, мета і завдання роботи;

2. Програма і методика дослідження;

3. Результати дослідження;

4. Охорона праці та захист населення;

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: мета та завдання роботи; огляд конструкцій культиваторів; патентний огляд культиваторів; системи кріплення робочих органів культиватора; технічні характеристики культиваторів; аналіз конструкції навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту; статичне дослідження моделі пластини ДК2206.10.05; результати дослідження товщини пластини; перерахунок досліджень даної моделі пластини на предмет зміни її товщини до 20 мм; дослідження топології твердотілої моделі пластини; висновки та пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3	Гуменюк Р.В., к.т.н., доц. кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Виконання розділу: «Стан питання, мета і завдання роботи»</i>	12.09.24- 26.09.24	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Програма і методика дослідження»</i>	27.09.24- 16.10.24	
3.	<i>Виконання розділу: «Результати дослідження»</i>	17.10.24- 18.11.24	
4.	<i>Виконання розділу: «Охорона праці та захист населення»</i>	19.11.24- 27.11.24	
5.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	28.11.24- 06.12.24	

Студент _____ Назар ІЛЬКІВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Руслан ГУМЕНЮК
(підпис)

УДК 621.86.002.5

Дослідження міцності відповідальних деталей сільськогосподарської техніки в експлуатації. Ільків Н.І. - Кваліфікаційна робота. Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024р.

69 с. текст. част., 41 рис., 3 табл., 22 джерел інформації.

У розрахунково-пояснювальній записці проведений огляд конструкцій культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту, здійснено патентний аналіз культиваторів аналогічних робочих органів.

Проведено розрахунки основні геометричні параметрів культиватора і визначено основні параметри розробленого пристрою.

Проведено статичне дослідження, моделі пластини ДК2206.10.05 навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту та дослідження топології твердотілої моделі пластини

Розроблено заходи по підвищенню рівня охорони праці при роботі з культиватором і заходи по охороні навколишнього середовища в умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

Проаналізовано виробничі небезпеки під час експлуатації обладнання та створено логічну імітаційну модель виникнення травм.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ РОБОТИ	8
1.1 Агротехнічні вимоги до роботи культиватора.....	8
1.2 Призначення, класифікація і робочі органи культиваторів.....	10
1.3 Огляд конструкцій культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту..	14
1.4 Патентний огляд культиваторів.....	24
1.5 Мета і завдання роботи.....	30
2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	32
2.1 Програма дослідження.....	32
2.2 Методика розрахунку культиватора.....	33
2.2.1 Основні геометричні параметри робочого органу.....	33
2.2.2 Тяговий розрахунок.....	33
2.2.3 Розрахунок на міцність.....	37
2.2.4 Розрахунок болтів на зріз.....	37
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	39
3.1 Аналіз конструкції навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту.....	39
3.2 Статичне дослідження моделі пластини ДК2206.10.05 навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту.....	43
3.3 Дослідження топології твердотілої моделі пластини навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту.....	51
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	54
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	67
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	68

ВСТУП

Своєчасний і якісний догляд за рослинами – один з основних агротехнічних заходів щодо одержання високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур. Догляд за рослинами полягає в розпушуванні ґрунту, знищенні бур'янів у міжряддях, формуванні необхідної густоти, підживленні.

Культиватори призначені для розпушування ґрунту, боротьби з бур'янами, підгортання культурних рослин та внесення у ґрунт мінеральних добрив. Пластина ДК2206.10.05 є важливою деталлю триточкової навіски навісного дискового культиватора, яка відповідає за передачу навантаження від трактора до оброблювального інструменту. Проектування, моделювання та оптимізація її топології мають вирішальне значення для забезпечення максимальної міцності та ефективності роботи культиватора.

Ця кваліфікаційна робота присвячена дослідженню довговічності та оптимізації топології пластини ДК2206.10.05 триточкової навіски навісного дискового культиватора з використанням системи комп'ютерного проектування CAD/CAM/CAE - SOLIDWORKS.

У роботі буде розглянуто наступні аспекти:

- Огляд та аналіз існуючих культиваторів для суцільного обробітку ґрунту;
- Аналіз патентних технічних рішень конструкції навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту;
- Функціональні та конструктивні вимоги до пластини ДК2206.10.05 з метою правильного її проектування та моделювання.
- Методи моделювання та аналізу Solidworks для створення твердотілої моделі пластини і визначення оптимальної форми, що забезпечить максимальну міцність при мінімальному матеріаловикористанні.

- Використовуючи інструменти Solidworks, проведено оптимізацію топології пластини з метою покращення її характеристик та зниження маси без втрати міцності.
- Оцінено отримані результати моделювання та оптимізації, враховуючи якість, ефективність та економічність отриманого рішення.

Ця кваліфікаційна робота спрямована на дослідження, вивчення та практичне застосування сучасних методів проектування, моделювання та оптимізації топології деталей сільськогосподарської техніки з використанням високоточного програмного забезпечення Solidworks.

1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ РОБОТИ

1.1 Агротехнічні вимоги до роботи культиватора

Своєчасний і якісний догляд за рослинами – один з основних агротехнічних заходів щодо одержання високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур. Догляд за рослинами полягає в розпушуванні ґрунту, знищенні бур'янів у міжряддях, формуванні необхідної густоти, підживленні.

Культиватор повинен рівномірно розпушувати ґрунт у міжряддях, обробляти максимально можливу площу міжрядь, не пошкоджуючи і не присипаючи культурні рослини ґрунтом. При цьому з кожного боку рядка встановлюють захисні зони від 7-8 до 12-15 см. Відхилення від установленної глибини розпушування допускається не більш як ± 1 см, глибина розпушування ґрунту – в межах 4-16 см. При руйнуванні ґрунтової кірки культиватор регулюють так, щоб він розпушував поверхню ґрунту на глибину до 3 см, не пошкоджуючи сходів.

Необхідно, щоб робочі органи культиватора під час роботи не залипали ґрунтом і не забивалися бур'янами. При роботі в одному міжрядді кількох лап для кращого підрізання бур'янів вони повинні бути розставлені так, щоб перекриття було не менш як 3 см.

У зоні проходу робочих органів підрізання і знищення бур'янів повинно бути не менш як у 99% випадків.

При міжрядному обробітку слід дотримуватися таких вимог:

- ширина захвату культиватора має бути кратна ширині захвату сівалки;
- перше розпушування потрібно проводити на глибину 4-7 см, наступні – на 10-12 см;
- робочі органи повинні забезпечувати рівномірність розпушування ґрунту на всій довжині гону, по глибині і ширині їх захвату;

- стикові міжряддя обробляють крайніми робочими органами за два проходи культиватора;
- перекриття лап, що працюють в одному міжрядді, має бути не менше 3-4 см;
- ширина захисної зони при першому міжрядному обробітку – 4-5 см, на рівній поверхні – 7-10, при наступних обробітках – до 13-15 см;
- добрива треба вносити в ґрунт на глибину 12-14 см з обох боків рядка на відстані 15-25 см. Нерівномірність внесення добрив не повинна перевищувати 8%;
- у зоні проходу робочих органів культиватора має бути знищено 80-95% бур'янів;
- кількість засипаних ґрунтом рослин не повинна перевищувати 2%, а при підгортанні – 5%.

У період вирощування кукурудзи виконується ряд агротехнічних заходів, одним з них є глибоке розпушування ґрунту з одночасним підживленням рідкими добривами.

Промисловість випускає культиватор–рослинопідживлювач КРН-5,6, але робочий орган для внесення рідких добрив не цілком відповідає вимогам по внесенню аміачної води в міжряддя кукурудзи. Конструкція серійної розпушувальної лапи, у порівнянні з проектованою, має ряд недоліків.

Тому для ефективного внесення рідких добрив у ґрунт і з метою охорони навколишнього середовища, а також підвищення агрофізичних властивостей ґрунтів розробляється новий робочий орган для розпушування міжрядь:

Основні вимоги, яким він повинен відповідати:

- глибина заробки добрив до 20 см.;
- низький питомий опір при роботі на максимальній глибині обробки і розпушування ґрунту;
- необхідна якість при проході робочого органу.

Дотримання таких вимог дасть можливість отримати високі врожаї при оптимальних затратах.

1.2 Призначення, класифікація і робочі органи культиваторів.

Культиватори призначені для розпушування ґрунту, боротьби з бур'янами, підгортання культурних рослин та внесення у ґрунт мінеральних добрив. Культиватори класифікують [4 - 10]:

- за призначенням: для суцільного обробітку ґрунту (парові, плоскорізні, штангові, садові, лісові); для обробітку міжрядь просапних культур (культиватори-рослинопідживлювачі, підгортачі, універсальні, борознорізи, проріджувачі), спеціальні;
- за видом агрегування: тракторні, кінні;
- за способом під'єднання: причіпні, напівнавісні, навісні;
- за типом робочих органів: лапові (універсальні, плоскорізні), розрихлювачі (долотоподібні, пружинні, ножовидні), ротаційні (штангові, дискові, голкові), фрезерні (з Г-подібними робочими органами, шаблевидні, зубові).

На культиваторах для розпушування ґрунту, боротьби з бур'янами, підгортання культурних рослин та внесення у ґрунт мінеральних добрив застосовують такі робочі органи (рис. 1.1), як лапи, підгортачі, голчасті диски, підживлювальні ножі, штанги та полільні зуби.

Лапи залежно від призначення і виконуваного процесу поділяють на полільні і розпушувальні. Полільні бувають одnobічні плоскорізальні (бритви), стрілчасті плоскорізальні без хвостовика і з хвостовиком, долотоподібні (розпушувальні), оборотні (наральникові) та списоподібні.

Одnobічні плоскорізальні лапи (рис. 1.1, *а*) призначені для перших міжрядних обробітків з метою підрізування бур'янів і розпушування ґрунту на глибину до 6см. Лапи бувають ліві і праві з шириною захвату від 85 до 182мм.

Стрілчасті плоскорізальні лапи без хвостовика (рис. 1.1, *б*) і стрілчасті плоскорізальні з хвостовиком призначені для обробітку ґрунту на глибину до 6 см. Вони підрізають бур'яни і частково розпушують ґрунт, ширина захвату від 1,45 до 3,3 м.

Стрілчасті лапи-плоскорізи (рис. 1.1, в) призначені для обробітку ґрунтів, які піддаються ерозії, максимальна глибина обробітку до 16 см, ширина захвату 1,15-2,5 м. Стрілчасті універсальні лапи з хвостовиком (рис. 1.1, г) і стрілчасті універсальні лапи без хвостовика поєднують роботу полільних і розпушувальних лап. Одночасно із підрізанням бур'янів добре розпушують ґрунт. Такі лапи застосовують для передпосівного обробітку ґрунту і міжрядного обробітку просапних культур на глибину до 12 см. Ширина захвату лап від 220 до 330 мм.

Розпушувальні долотоподібні лапи (рис. 1.1, д) призначені для розпушування ґрунту на глибину до 16 см без вивертання його на поверхню нижнього шару. Такі лапи застосовують для міжрядного обробітку посівів цукрових буряків та інших культур. Розпушувальними оборотними лапами (рис. 1.1, е) розпушують ґрунт. Ці лапи заточені з обох боків, при спрацюванні одного кінця лапу можна повернути на 180°. Оборотні лапи кріплять як до жорстких так і до пружинних стояків, перші застосовують для передпосівного або міжрядного обробітку окремих культур, другі - для вичісування кореневищ багаторічних бур'янів при суцільному обробітку. Ширина лап – 45–55 мм, глибина обробітку до 12 см.

Списоподібні лапи (рис. 1.1, є) призначені для розпушування ґрунту та знищення кореневищ багаторічних бур'янів. Глибина обробітку до 16 см.

Підгортачі (рис. 1.1, ж) використовують для підгортання картоплі, капусти та інших культурних рослин і нарізування поливних борозн. Підгортач має полицю, до якої знизу прикріплено наральник, що розрізає ґрунт, а у верхній частині – крила, які піднімають угору ґрунт, розпушений полицею, і зміщують в обидва боки. Підгортачі застосовують для формування гребнів висотою до 25 см.

Лапи-полиці (рис. 1.1, з) призначені для підгортання картоплі та інших культур. Полиці підрізають бур'ян, розпушують ґрунт у міжряддях і частину ґрунту відкидають на захисну зону до куща картоплі, присипаючи бур'ян, який там є.

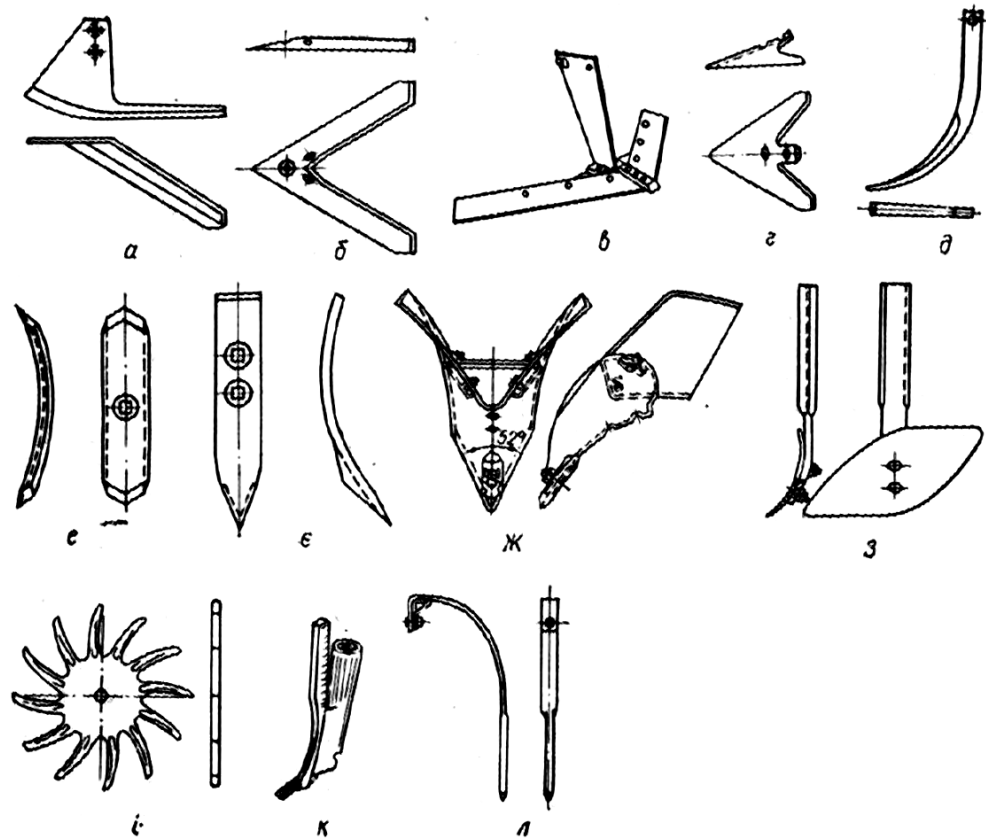


Рисунок 1.1 - Робочі органи культиваторів: а – однобічна плоскорізальна лапа, б – стрілчаста плоскорізальна лапа без хвостовика, в – плоскоріз,

г – стрілчаста універсальна лапа з хвостовиком, д – розпушувальна долотоподібна лапа, е – розпушувальна оборотна лапа, є – списоподібна лапа, ж – підгортач, з – лапа-полиця, і – голчастий диск, к – підживлювальний ніж, л – полільний зуб

Голчасті диски (рис. 1.1, *і*) призначені для руйнування кірки і знищення бур'янів у рядках рослин. Диски мають діаметр 350, 450 і 520 мм. При перекочуванні полем голки заглиблюються у ґрунт до 9 см і руйнують кірку та виривають сходи бур'янів.

Підживлювальні ножі (рис. 1.1, *к*) призначені для розпушування ґрунту і одночасного внесення сухих мінеральних добрив. Підживлювальний ніж складається з розпушувальної долотоподібної лапи і тукопроводу, прикріпленого ззаду до лапи.

Полільні зуби (рис. 1.1, л) призначені для одночасного обробітку захисних зон і міжрядь. Виготовлені зуби у вигляді стержнів круглого перерізу довжиною 275 мм із загостреними кінцями. Своєчасний обробіток захисних зон полільними лапами дає можливість знищувати до 72% однорічних бур'янів.

Штанговий робочий орган культиватора – це стальна квадратного перерізу штанга, яка заглиблюється у ґрунт на задану глибину і під час роботи обертається, розриваючи корені бур'янів, виносячи їх на поверхню та одночасно розпушуючи верхній шар ґрунту без перевертання його. Штанга обертається у напрямку, зворотному обертанню коліс культиватора. Такий робочий орган обробляє ґрунт на глибину 4-10 см.

Полільний ротор використовують для рихлення ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях з мінімальними захисними зонами. Так як диск ротора нахилений до поверхні поля, то розрихлювачі поблизу рядка рослин заглиблюються у ґрунт, а з протилежної сторони рядка навпаки. Зуби рихлять ґрунт, вичісуючи бур'яни засипаючи їх землею.

Полільний диск використовують для обробітку захисних зон при великій листовій поверхні рослин. Під час роботи диск і лезо лапи заглиблюються у ґрунт, ножі зачіплюються за ґрунту, диск обертається, підрізуючи кореневу систему бур'янів і рихлить ґрунт у захисній зоні рядків.

Розрізняють дві системи кріплення робочих органів культиваторів – жорстку і шарнірну. При жорсткій роботі органи нерухомо кріпляться безпосередньо до рами культиватора або до додаткових перемичок і не можуть вільно переміщатись відносно рами, а також копіювати поверхню поля, тому змінюють своє положення лише разом із рамою.

При шарнірній системі робочі органи з рамою з'єднані рухомо і кожний окремий робочий орган (або їх група) переміщається у вертикальній площині відносно рами. Таке вільне переміщення дає можливість робочим органам копіювати рельєф поля та забезпечувати більш рівномірну глибину обробітку [7 –11].

Розрізняють одношарнірну (радіальну) індивідуально-повідцеву та секційну і багатошарнірну (паралелограмну) системи кріплення робочих органів з рамою.

Радіальна індивідуально-повідцева система кріплення (рис. 1.2, а) – це система, при якій до повідця, шарнірно приєднаного до рами культиватора, кріпиться один робочий орган. Радіальна секційна система кріплення (рис. 1.2, б) передбачає кріплення до шарнірно закріпленого повідця кількох робочих органів.

Паралелограмна система кріплення (рис. 1.2, в) – це система, при якій гряділь (секція) з робочими органами і опорним колесом кріпиться до бруса рами паралелограмним механізмом. Ця система забезпечує найкращу рівномірність глибини обробітку. До її недоліку можна віднести те, що вона складніша від одношарнірної [2, 4, 7, 19].

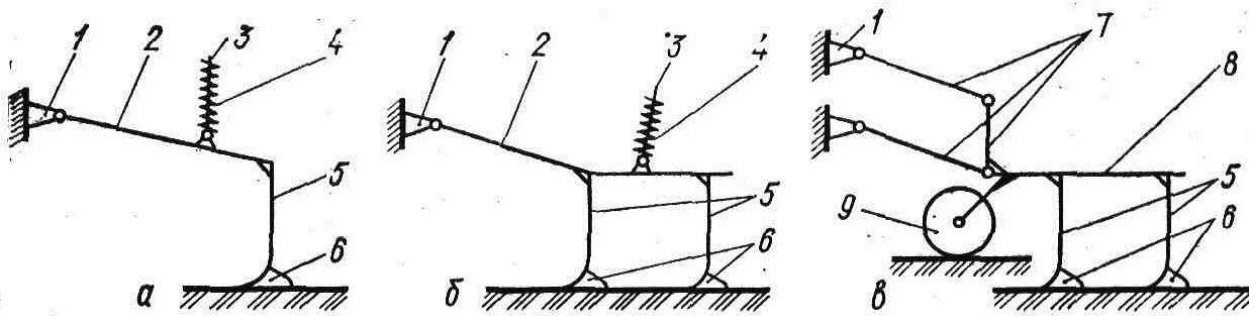


Рисунок 1.2 - Системи кріплення робочих органів культиватора:

а – радіальна індивідуально-повідцева; б – радіальна багатосекційна; в – паралелограмна;

1 – поперечний брус рами, 2 – повідець, 3 – штанга, 4 – пружина, 5 – стояки, 6 – лапи, 7 – паралелограмний механізм, 8 – гряділь, 9 – опорне колесо

1.3 Огляд конструкцій культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту

Наведемо коротку технічну характеристику культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту.

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний КРН-4,2 (рис. 1.3) призначений для передпосівного обробітку ґрунту, догляду за посівами кукурудзи, соняшника та інших просапних культур, посіяних з міжряддями 60 або 70 см.

До комплекту культиватора КРН-4,2 належать такі робочі органи, як плоскорізальні однобічні лапи з шириною захвату 165 мм – 14 шт. (7 лівих і 7 правих), стрілочасті плоскорізальні лапи з шириною захвату 270 мм – 7шт., розпушувальні зуби –19 шт., підживлювальні ножі – 12 шт. Культиватор можна комплектувати обертовими голчастими дисками для обробітку рядків і захисних зон.

Культиватор-рослинопідживлювач КРН-4,2А комплектують додатково борознорізом, а КРН-4,2Б – підгортачами. Якщо культиватор КРН-4,2

використовують для суцільного передпосівного обробітку, його обладнують пристроєм КРН-60. Агрегатують з тракторами класу 0,9 і 1,4.

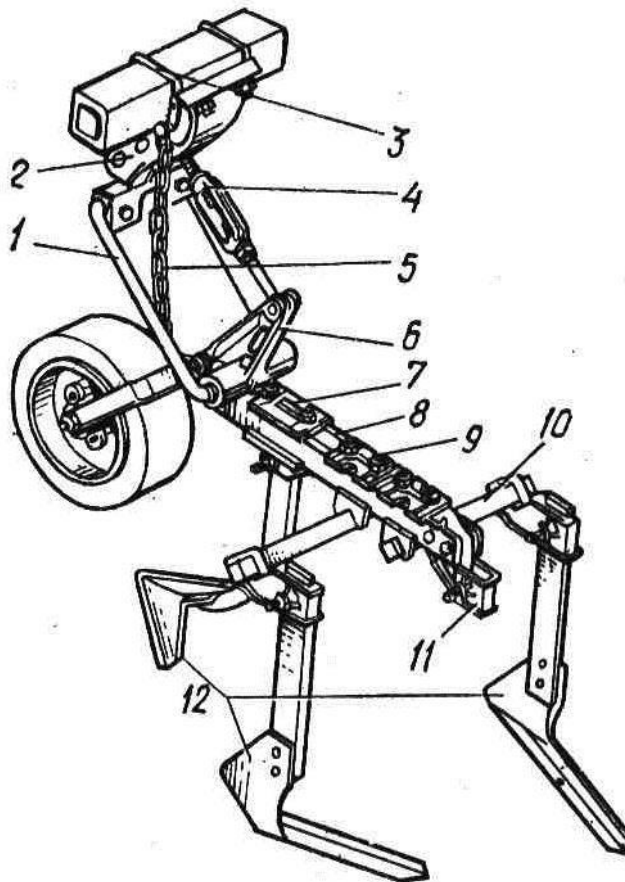


Рисунок 1.3 - Секція робочих органів культиватора КРН-4,2:

1 – нижня ланка паралелограмного механізму; 2 – передній кронштейн;

3 – скоба; 4 – натяжна гайка; 5 – транспортний ланцюг; 6 – задній кронштейн; 7 – накладка з тримачем; 8 – гряділь; 9 – накладка з призмою; 10 – стержень з боковим тримачем; 11 – задній тримач; 12 – робочі органи

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний КРН-4.2Г призначений для догляду за посівами просапних культур, посіяних шестирядними сівалками з міжряддями 70 см, за картоплею, посаженою шестирядними саджалками з міжряддями відповідно 90 та 60см. Культиватор комплектують долотоподібними, стрілочастими, плоскорізальними однобічними лапами, підживлювальними ножами, корпусами-підгортальниками і двома секціями сітчастої борони КГН-410. Агрегатують з тракторами МТЗ та ЮМЗ-6Л [7 - 11].

Культиватор-рослинопідживлювач овочевий КОР-4,2 призначений для знищення бур'янів, розпушування ґрунту, підгортання і внесення мінеральних добрив при вирощуванні овочевих культур на рівній поверхні, гребнях та грядках з міжряддями 45; 60; 70; 50+90; 60+120; 8+62 і 32+32+76см. За бажанням замовників укомплектовують полільними лапами, наплавленими або ненаплавленими твердим сплавом. Рослинопідживлювач КОР-4,2 використовують для роботи на рівній поверхні і гребнях, а КОР-4,2-0,1 - на грядках. Агрегатують з тракторами МТЗ і ЮМЗ-6Л.

Цей культиватор є модифікацією культиватора КРН-4,2. У нього рама піднята вище над поверхнею поля, що зумовило обладнання його понижувачами для секцій робочих органів і опорно-приводних коліс. Для внесення мінеральних добрив культиватор обладнують туковисівними апаратами АТД-2 [14].

Культиватор-рослинопідживлювач універсальний начіпний КРН-5,6 призначений для міжрядного обробітку і підживлення посівів кукурудзи, соняшника та інших просапних культур, посіяних восьмирядними сівалками з міжряддями 70 см.

За будовою КРН-5,6 подібний до культиватора КРН-4,2 і має багато уніфікованих складальних одиниць. Особливістю є те, що з обох боків до

поперечного бруса приєднані подовжувачі, на яких встановлено по одній секції робочих органів і одному туковисівному апарату. Якщо культиватор використовують на шестирядних посівах, то подовжувачі бруса знімають. Комплектують культиватор 9 правими і лівими однобічними полільними лапами з шириною захвату 165 мм, 9 і 16 стрілчастими полільними лапами з шириною захвату відповідно 270 та 220 мм, 25 розпушувальними лапами і 16 підживлювальними ножами. Агрегатують з тракторами МТЗ і ЮМЗ-6Л.

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний широкозахватний для високостебельних культур КРН-8,4 призначений для міжрядного обробітку високостеблових культур (кукурудза, сорго, соняшник та ін.), висіяних із шириною міжрядь 60,70 і 90 см. при ширині міжрядь 60 і 70 см культиватор обробляє 12-рядні посіви, а при міжряддях 90 см – 8-рядні.

Рама складається із зварної конструкції шириною 5,6 м та двох боковин, які кріпляться до неї болтами і збільшують ширину захвату до 8,4 м.

Секції робочих органів нагадують секції робочих органів культиватора КРН-4,2. Кожна секція складається з шарнірного чотириланкового механізму, гряділя, копіювального колеса, механізму регулювання глибини ходу робочих органів і механізму фіксації секції.

Культиватор комплектують однобічними плоскорізальними, стрілчастими і долотоподібними лапами, лапами-полічками (лівими та правими) і щитками для захисту рослин від засипання ґрунтом [7 -11].

Культиватор висококліренсний просапний начіпний КВП-6,3 призначений для міжрядного обробітку і підживлення кукурудзи, соняшника та інших просапних культур висотою до 2 м, посіяних стрічковим способом. Якщо висота рослин до 2 м, культиватором підрізують бур'яни і розпушують ґрунт на глибину 6-12 см. Коли висота рослин менша 70 см, додатково розпушують міжряддя на глибину до 16 см і вносять мінеральні добрива на глибину до 15 см.

На ці культиватори можуть бути встановлені ротаційні голчасті диски і рядкові прополювальні начіпні борінки КРН-38 з плоскими пружинними

зубами (для обробітку рядків та захисних зон посівів кукурудзи), захисні пристрої (для запобігання присипанню рослин кукурудзи при обробітку на підвищених швидкостях), а також лапи-полиці (для присипання бур'янів шаром ґрунту у захисних зонах). Агрегують культиватор з тракторами МТЗ та ЮМЗ-6Л [14].

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний УСМК-5,4А призначений для передпосівної підготовки ґрунту, досходового суцільного розпушування і руйнування ґрунтової кірки, міжрядного обробітку з одночасним підживленням мінеральними добривами цукрових буряків, а також інших просапних культур, посіяних дванадцятирядними буряковими сівалками з міжряддями 45 або 60 см.

Основними складальними одиницями культиватора є зварна рама із замком автозчіпки СА-1, два опорно-приводні колеса з пневматичними шинами, дванадцять секцій робочих органів, шість туковисівних апаратів АТД-2 з механізмом привода.

Основними робочими органами культиватора є полільні і долотоподібні лапи, підживлювальні ножі, ротаційні батареї та легкі начіпні борінки. Агрегують з тракторами МТЗ, Т-54В, або Т-70С [17].

Культиватор-підгортальник начіпний КОН-2,8ПМ (рис. 1.4) призначений для міжрядного обробітку, підживлення і підгортання картоплі та інших культур посаджених (посіяних) чотирирядними саджалками (сівалками) з міжряддями 60 і 70 см. Агрегують з тракторами МТЗ та ЮМЗ-6Л.

Культиватор складається з рами-бруса, двох опорно-приводних коліс з пневматичними шинами, п'яти секцій робочих органів, чотирьох тарілчастих туковисівних апаратів, ланцюгової передачі і начіпного пристрою з двома секціями сітчастих борін.

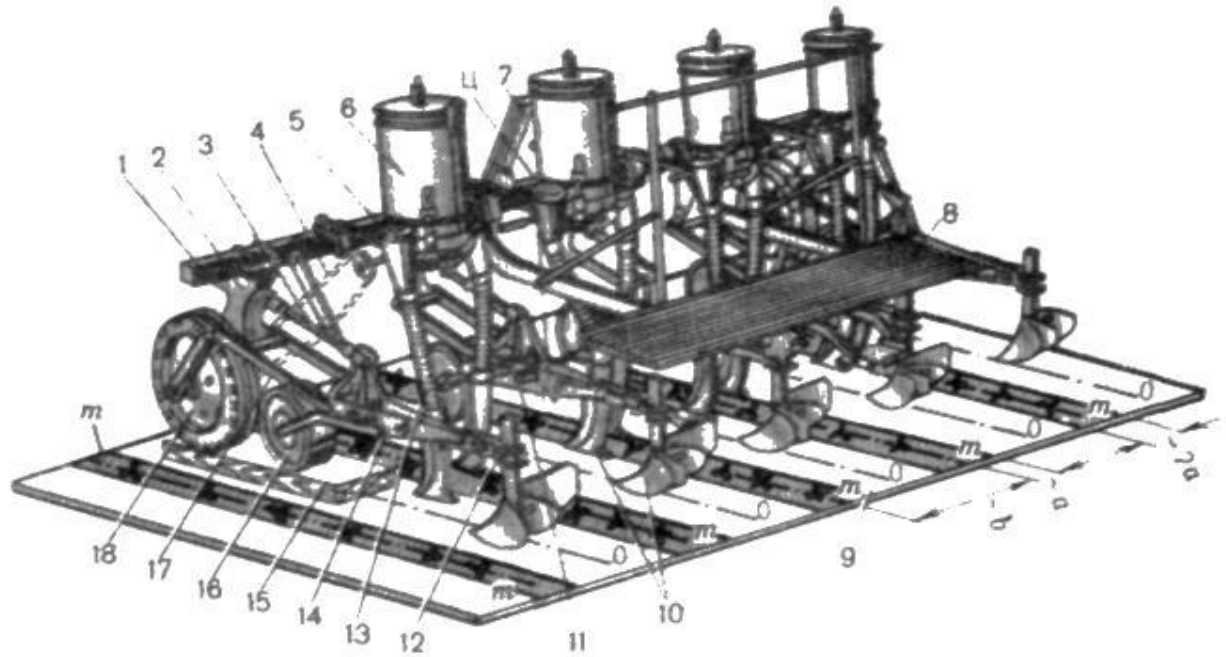


Рисунок 1.4 - Культиватор-підгортальник начіпний КОН-2,8ПМ

Кожна секція робочих органів має паралелограмний механізм, як і у культиваторі КРН-4,2, що складається з переднього і заднього кронштейнів, верхньої і нижньої ланок. Передній кронштейн кріпиться до рами-бруса, а до заднього прикріплюють гряділь з тримачами робочих органів і копіювальне колесо з пневматичною шиною атмосферного тиску. Конструкцією заднього тримача передбачена можливість зміни кута входження лапи у ґрунт. Кут входження у ґрунт всіх робочих органів секції регулюють зміною довжини верхньої ланки секції.

Культиватор КОН-2,8ПМ комплектують п'ятьма підгортальними корпусами, тринадцятьма долотоподібними лапами, п'ятьма стрілочастими лапами, вісьмома одnobічними плоскорізальними, вісьмома підживлювальними ножами, та двома секціями сітчастої борони [7-10].

Культиватор просапний КП-5, 6 «Казак «Пацюк». Культиватор призначений для міжрядної обробки та підживлення посівів цукрових буряків та інших просапних культур, що посіяні з шириною міжрядь 45 см, поставляється з комплектом робочих органів для переналадки під обробку міжрядь кукурудзи і соняшника, що посіяні з шириною міжрядь 70 см. Використовується у всіх зонах вирощування кукурудзи, буряків та

соняшнику, крім зон гірського землеробства і забезпечує необхідні якості при вологості ґрунту в шарі до 12 см не більше 25%, твердості в тому ж шарі не вище 0,2 МПа на рівних ділянках і схилах до 5°.



Рисунок 1.5 - Культиватор просапний КП-5, 6 «Казак «Пацюк»

Особливістю конструкції культиватора є те, що гряділь рядка має двоточкову систему кріплення (на відміну від тих, що використовувалися раніше), що дає стабільнішу роботу прополувальної секції. Рама культиватора також значно жорсткіша за рахунок двох паралельних балок. Крім того, робочі органи культиватора мають захисні «екрани», які регулюються по висоті, що виключає засипання культурних рослин під час першої прополки ґрунту.

Банки туковисівного апарату мають дно, що знімається. Це дозволяє швидко і зручно проводити очищення туковисівної системи від мінеральних добрив після закінчення роботи. Привід туковисівного апарату здійснюється від опорно-приводних коліс, які мають механізм регулювання по висоті.

Культиватор агрегується з тракторами тягового класу 1,4 (МТЗ-80; МТЗ-82; ЮМЗ-6; МТЗ-100 і т. д.). Спосіб агрегування при роботі - навісний, при транспортуванні - напівнавісний. Поставляється у двох видах комплектації: з туковими банками для проведення підживлення і без них. У

обидва види комплектації входять прополювальні лапи-бритви і стрілчасті лапи.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики КП-5,6 «Казак «Пацюк»

Найменування параметру та розміру	Значення показника	
	Налаштування на міжряддя 45 см	Налаштування на міжряддя 70 см
Тип машини у робочому положенні	навісний	навісний
Тип машини у транспортному положенні	напівпричіпний	напівпричіпний
Продуктивність за годину основного часу, в межах, га/год	3,2 – 4,3	3,4 – 4,5
Ширина міжряддя, см	45	70
Число рядків, що обробляються, шт.	12	8
Глибина обробки, см	Глибина обробки, см	Глибина обробки, см
Ширина захвату, м	5,4	5,6
Робоча швидкість руху, км/год	6 – 8	6 – 8
Транспортна швидкість руху, км/год, не більше	15	15
Маса загальна, кг	1340	940
Габаритні розміри у робочому положенні (Д×Ш×В), мм	2350×6850×1700	2350×6850×1700
Габаритні розміри у транспортному положенні (Д×Ш×В), мм	7050×2450×1700	7050×2450×1700

Культиватор-рослинопідживлювач навісний високостебельний КРНВ.

Призначений для міжрядної обробки посівів просапних культур з одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив. Забезпечує якісне розпушування ґрунту в міжряддях на задану глибину зі знищенням бур'янів:

- КРНВ-4,2 для обробки 6-рядних посівів кукурудзи, соняшника та інших культур, висіяних з міжряддям 70 см.

- КРНВ-5,6-04 для обробки 8-рядних посівів кукурудзи, соняшника та інших культур, висіяних з міжряддям 70 см.

- КРНВ-5,6-02 для обробки 12-рядних посівів сої, буряка та інших культур, висіяних з міжряддям 45 см.



Рисунок 1.6 - Культиватор-рослинопідживлювач навісний високостебельний КРНВ-5,6-02

Культиватор по необхідності комплектується підгортальниками, бороноутворюючими корпусами, захисними дисками. Агрегується із тракторами тягового класу 1,4 т.с.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики культиваторів КРНВ

Модель	КРНВ-4,2	КРНВ-5,6-04 (02)
Продуктивність, га/год	4,2	5,6
Ширина захвату, м	4,2	5,6
Норма висіву туків, кг/га	50-250	50-250
Робоча швидкість, км/год	5-10	5-10
Глибина обробки, см	6-16	6-16
Габаритні розміри, мм	4875x2100x1700	6500x2100x1700
Маса, кг	720	925

Начінний культиватор для міжрядного обробітку SFOGGIA. ТЕМА.



Рисунок 1.7 - Загальний вигляд культиватора ТЕМА-12

Призначення: культиватор ТЕМА призначений для міжрядної обробки посівів цукрового буряка, кукурудзи й соняшника з одночасним внесенням мінеральних добрив. Основні переваги:

- Трьох-точкова система навішення.
- Можливість комплектації твердою (фіксованою) або складною рамою.
- Можливість установки устаткування для внесення гранульованих мінеральних добрив.
- Можливість переустаткування для обробки самого широкого спектра культур.

Таблиця 1.3 - Характеристики культиваторів ТЕМА

М о д е л ь	ТЕМА-12 Beet	ТЕМА-12 Corn	ТЕМА 18 Beet+Corn Universal
Ширина міжрядь, см	45	70	45/70
Об'єм бункера, м ³	880	880	880
Робоча ширина, м	6	9	9
Транспортна ширина, м	6	9	9

Велика кількість різних видів культиваторів на ринку дозволяє вибрати оптимальний набір машин. Але окремі види робочих органів ще потребують удосконалення.

1.4 Патентний огляд культиваторів

Ми провели патентний аналіз для обрання оптимального напрямку удосконалення конструкції просапного культиватора і його робочих органів.

З метою забезпечення самоочищення робочого органу і розширення технологічних можливостей розроблено робочий орган для міжрядного обробітку ґрунту [4], який містить встановлену на стояку 1 (рис. 1.8, 1.9) стрілчасту лапу 2 і переставні по пластині 3 вгору і по ширині захвату за допомогою гвинта крила 4, що виконані у вигляді право- і лівосторонніх бритвених лез. Крила 4 закріплені на стояку 1 з можливістю регулювання кута атаки їх за рахунок пластини 5 з розміщеними на ній по колу отворами 6. Кріплення крил 4 в отворах 6 здійснюється гвинтами. Стрілчаста лапа 2 закріплена на стояку 1 за допомогою шарніру 7 і спирається на пружні елементи 8, виконані, наприклад, з гуми.

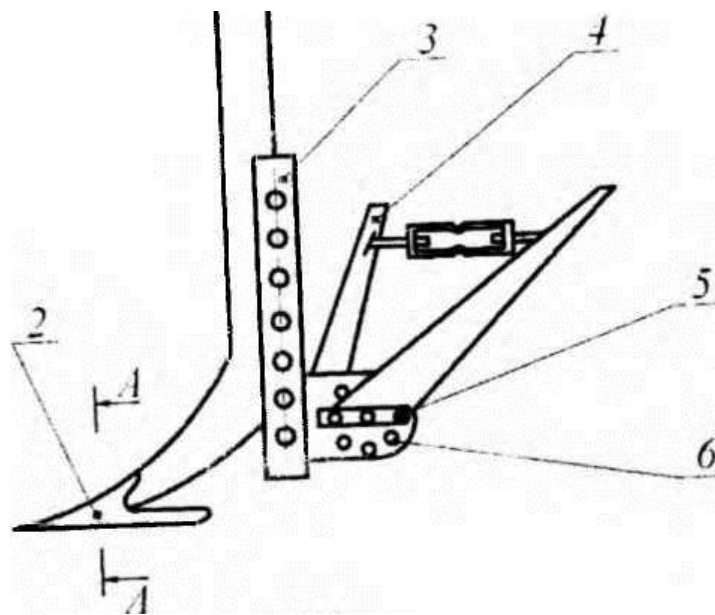


Рисунок 1.8 - Робочий орган для міжрядного обробітку ґрунту, [4], вид збоку

Пристрій працює таким чином. При переміщенні в ґрунті крила 4 встановлені по ширині захвату, глибині обробітку і куту атаки у відповідності з фазою росту і розвитку рослин, забезпечують підрізання бур'янів на схилах гребнів, рихлення міжрядь.

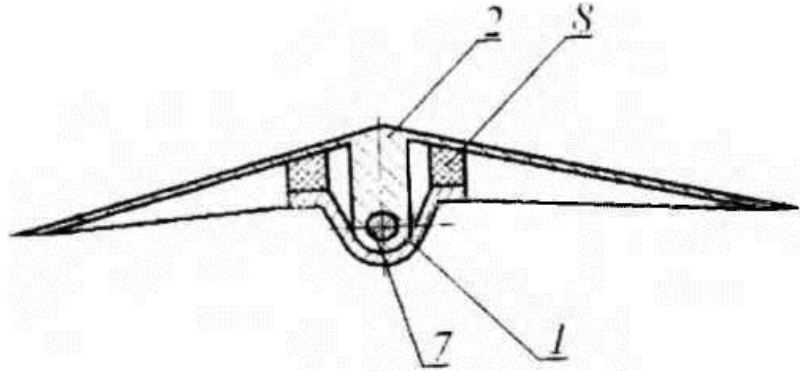


Рисунок 1.9 - Переріз А-А на рис. 1.8

Стрілчаста лапа 2, спирається на пружні елементи 8 і має змогу при 28 значних навантаженнях на крила змінювати положення. Якщо одне з крил, внаслідок обволікання бур'янами, буде сприймати опір ґрунту, який значно більший, ніж опір іншого, відбудеться поворот робочого органу. Лапа долаючи опір пружних елементів буде повертатись до тих пір, доки крило не звільниться від рослинних решток і опір на ньому не стане меншим. В подальшому робочий орган повертається у початкове положення. Таким чином за рахунок відхилення крил лапи від середнього положення відбувається автоматичне самоочищення лапи від рослинних решток.

З метою зменшення енергоємності процесу і зниження приживаємості бур'янів розроблено пристрій [5], який складається з рами 1 (рис. 1.10) і встановлених на ній першої 2 пари лап з відвалами і другої 3 пари лап з відвалами. Перша 2 пара лап розташована вище другої і відвали її нахилені від рядків. Відвали другої 3 пари лап нахилені до рядків. За другою 3 парою лап розташований коток 4 із закріпленими на ньому ножами 5. Коток 4 має натискну систему, що складається з пружини 6 і регулювального гвинта 7. Коток 4 обладнано ободом 8 для самоочистки ножів 5.

Пристрій працює в такий спосіб. В процесі руху пристрою перша 2 пара лап підрізає шар ґрунту разом з бур'янами в міжрядді і переміщує їх на

середину міжряддя, розташовуючи у вигляді гребня. Після цього друга пара 3 лап, ріжучі кромки яких встановлені нижче першої пари 2 лап, підрізає ґрунт, розташований під раніше знятим шаром і направляє в рядок і його захисну зону для присипання бур'янів. Утворений в міжрядді гребінь із бур'янів і ґрунту піддається дії котка 4 із закріпленими на ньому ножами 5. При цьому бур'яни травмуються і втрачають здатність до приживання. Розташування ободу 8 вибрано таким чином, що у процесі перекочування ножі 5 входять в прорізи і очищуються

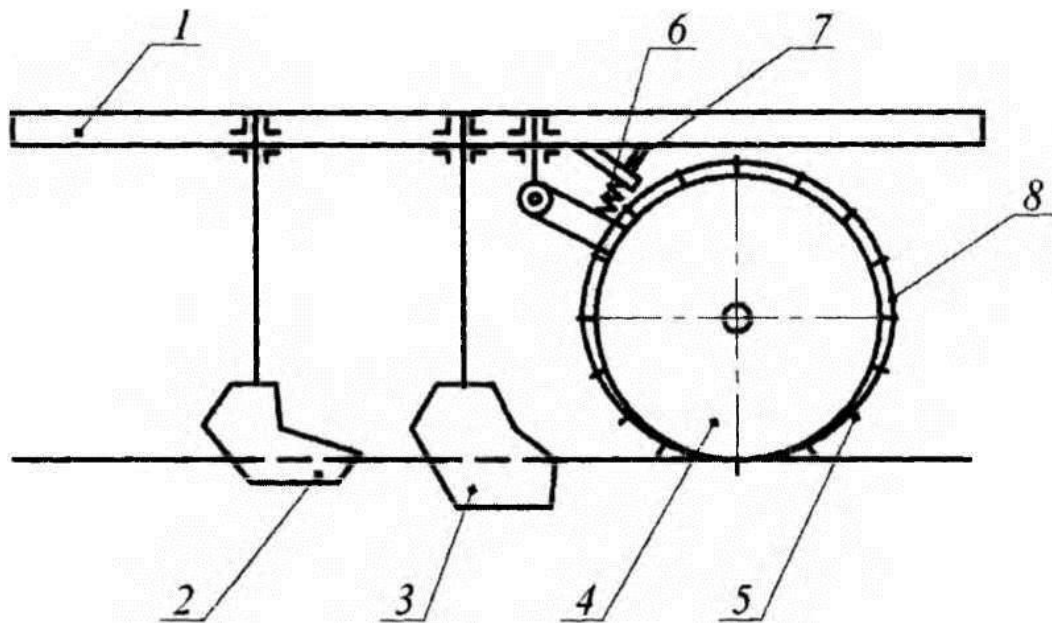


Рисунок 1.10 - Пристрій для обробітку міжрядь [5], вид збоку

З метою розширення технологічних можливостей, зниження приживаємості бур'янів, можливість застосування пристрою на різних стадіях розвитку рослин розроблено пристрій [6], який містить раму 1 (рис. 1.11 і 1.12) опорні колеса 2 зі стійками 3, гряділь 4 на якому встановлені плоскоріжучі робочі органи 5 і розташовані за ними дискові сферичні загортачі 6. Перед загортачами розміщені пружні пластини 7, закріплені на гряділі 4 за рахунок кронштейнів 8. Пластини 7 встановлені із зміщенням в поперечному напрямку на половину ширини захвату плоскоріжучого робочого органу 5. В середині пластин 7 встановлено стержень 11 з можливістю його переміщення і фіксації у потрібному положенні за допомогою гвинта 12. Кронштейни 8 встановлені в тримачах 9 за рахунок

болтів 10 з можливістю регулювання висоти встановлення пружних пластин 7.

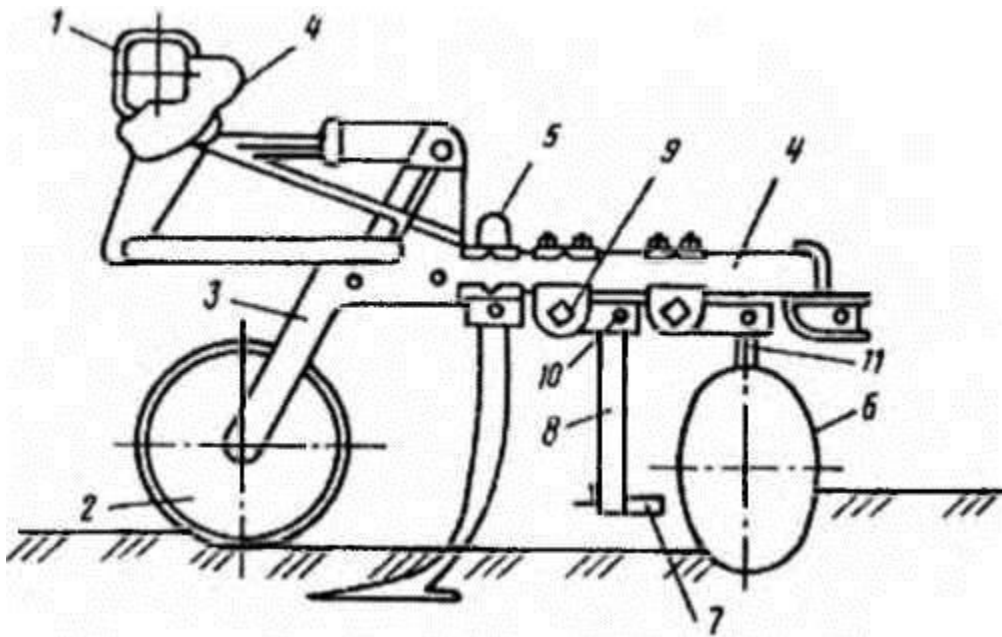


Рисунок 1.11 - Схема пристрою для знищення бур'янів в рядах рослин [6], вид збоку

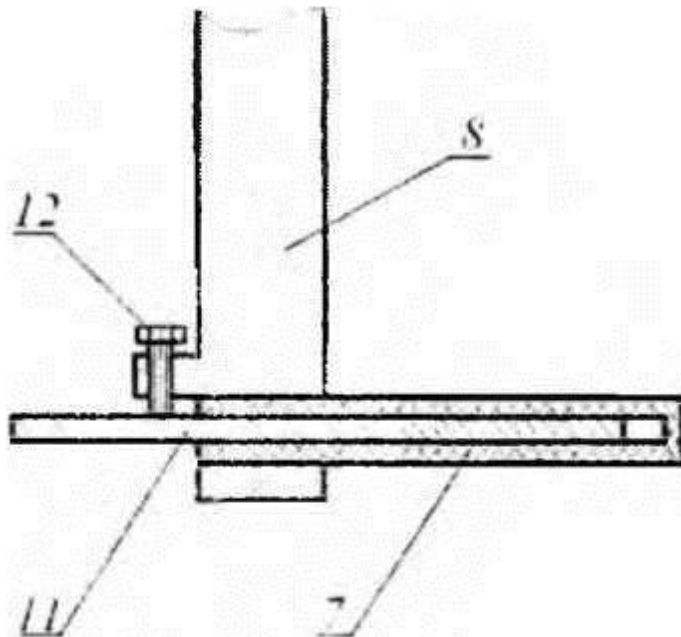


Рисунок 1.12 - Пружна пластина, повздовжній розріз

Пристрій працює в такий спосіб. При переміщенні пристрою плоскоріжучий робочий орган 5 знищує бур'яни, що ростуть у міжрядді. Пружна пластина 7 відхиляє бур'яни, що ростуть в рядку в захисній зоні, а дисковий загортач 6 присипає їх ґрунтовим валиком. В залежності від

агротехнічних строків обробітку, встановлюють необхідну жорсткість пружних пластин, для чого відпускають гвинт 12 і занурюють стержень 11 на потрібну довжину L , після чого фіксують гвинтом 12.

З метою підвищення сталості ходу по глибині і ширині захвату розроблено робочий орган культиватора [7], який містить важіль 1 (рис.1.13), встановлений на верхньому кінці поворотної стійки 2, і пружини 3. В нижній частині стійки симетрично відносно важеля 1 закріплена лапа 4 з двома крилами 5 і 6.

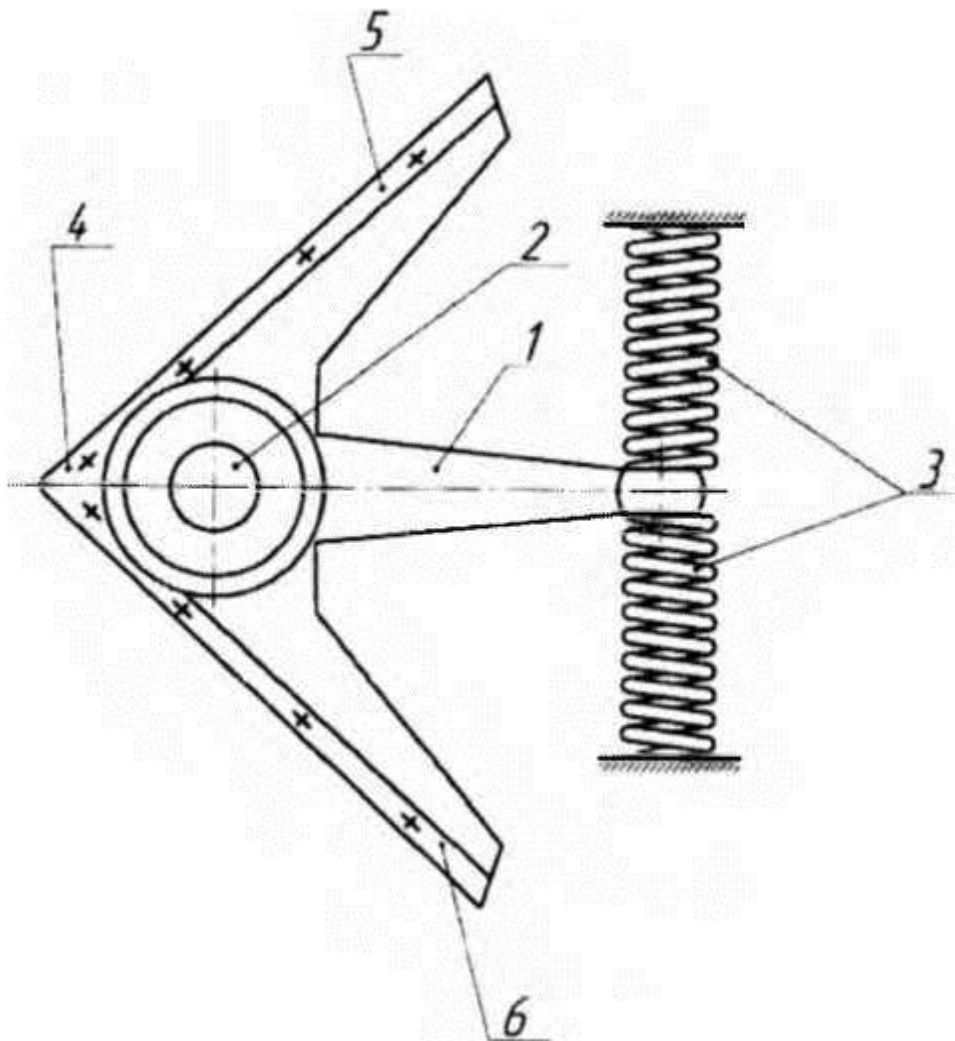


Рисунок 1.13 - Робочий орган культиватора [7], вид зверху

В роботу лапа вступає у положенні, що близьке до середнього. Якщо в середньому положенні зусилля опору ґрунту на обох крилах будуть приблизно однакові, то лапа 4, вібруючи, буде знаходитись в середньому положенні. Якщо одне крило, внаслідок обволікання бур'янами, буде

сприймати опір ґрунту, який значно більший ніж опір іншого, відбудеться поворот робочого органу. Лапа буде повертатись до тих пір, доки крило не звільниться від рослинних решток і опір на ньому не стане меншим. В подальшому робочий орган повертається у початкове положення. Таким чином за рахунок відхилення крил лапи від середнього положення відбувається автоматичне самоочищення лапи від рослинних решток. Одночасно з цим знижується тяговий опір культиватора, і непродуктивні прості, що пов'язані з необхідністю очищення робочих органів.

З метою підвищення сталості ходу по глибині і зменшення тягового опору знаряддя розроблено робочий орган культиватора [8], який містить криволінійне лезо (рис.1.14), яке виконане у вигляді кривої лінії, кривина якої збільшується від початку леза до кінця, а кут між дотичною та напрямком руху зменшується. На кожному з крил 1 встановлені диски 2, що мають ріжучу кромку 3 і закріплені на вісях 4.

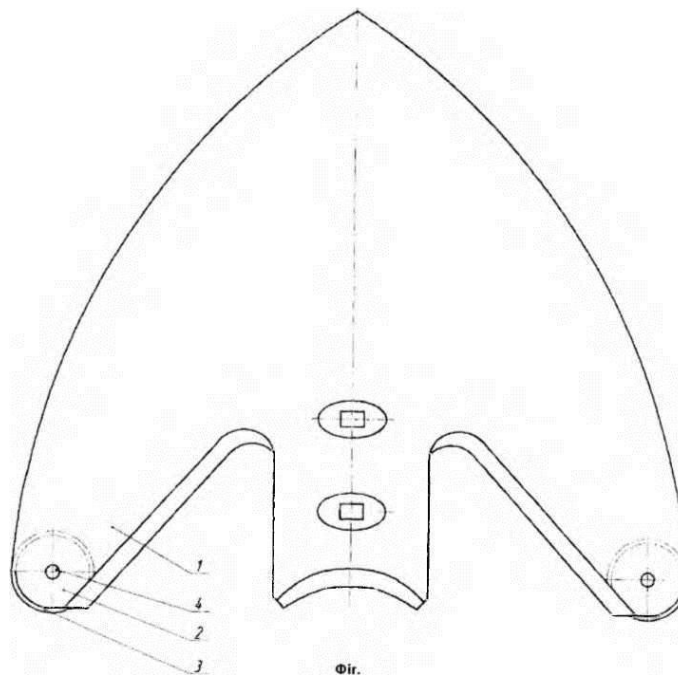


Рисунок 1.14 - Робочий орган культиватора [8], вид зверху

Робочий орган культиватора працює в такий спосіб. Підрізані та вирвані лапою бур'яни нависають на лезі і рухаються по ньому під дією течії розпушеного ґрунту від початку леза до кінця. Так як на кожному з крил 1 встановлені диски 2, які вільно обертаються на вісях 4, взаємодія із стінками

борозни і течія ґрунту приводить диски в обертання, що забезпечує схід бур'янів з кінця леза лапи і спричиняє зменшення тягового опору.

З метою збільшення ресурсу культиваторних лап і покращення якісних показників роботи розроблено робочий орган культиватора [9], який включає стрілочасту лапу 1 (рис. 1.15) із змінними лезами 2, що закріплені за допомогою заклепок 3. На лезо 2 нанесено шар зносостійкого матеріалу 4.

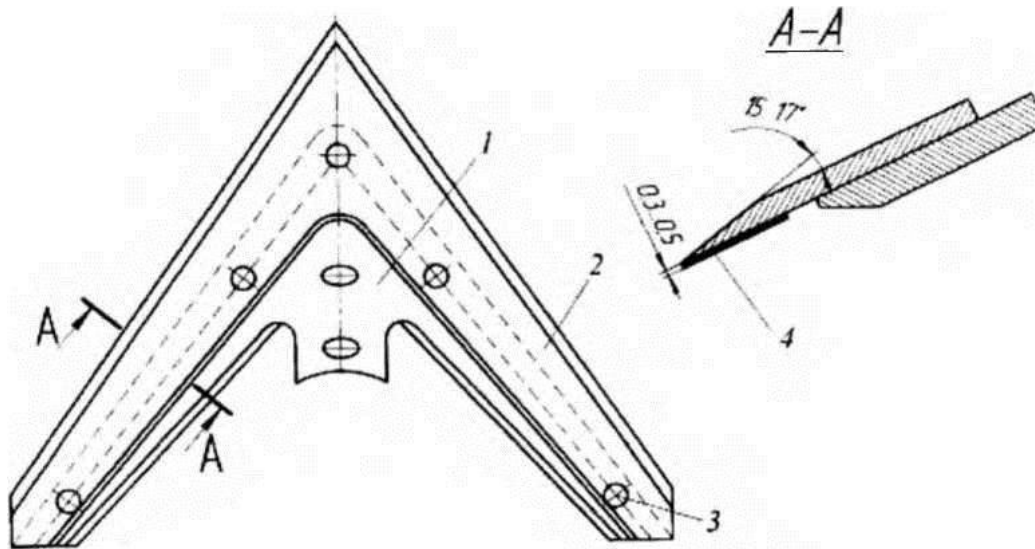


Рисунок 1.15 - Робочий орган культиватора [9], вид зверху

Робочий орган культиватора працює в такий спосіб. Стрілочаста лапа заглиблюється на агротехнічно задану глибину і в процесі поступального руху та взаємодії з ґрунтом її лезо зношується. В зв'язку з тим, що товщина ріжучої кромки леза лапи є основним показником, який визначає працездатність лап при використанні, є можливість застосування різних комплектів лез, що можуть бути використанні для різних ґрунтово-кліматичних умов.

1.5 Мета і завдання роботи

Мета роботи: дослідження довговічності відповідальних деталей сільськогосподарської техніки для підвищення ефективності та зниження трудомісткості робіт і на цій основі визначити можливість пошуку додаткових ресурсів для вдосконалення процесу.

Завдання роботи:

- огляд та аналіз існуючих культиваторів для суцільного обробітку ґрунту;
- аналіз патентних технічних рішень конструкції навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту;
- статичне дослідження моделі пластини навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту.
- дослідження топології твердотілої моделі пластини навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту
- провести заходи забезпечення безпечного перебігу роботи культиватора;
- підвести підсумки економічної ефективності кваліфікаційної роботи.

2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Програма дослідження

Основою розробки та проектування нових технологій і обладнання та оптимізації їх експлуатаційних характеристик є науковий метод визначення взаємозалежності основних параметрів та їх впливу на кінцеві результати взаємодії між собою. Для вирішення цієї проблеми необхідне комплексне вивчення об'єкта дослідження. Необхідно розуміти природу технологічного процесу, що протікає в конкретній машині, фактори, що впливають на характер цього процесу, і багато інших відповідних нормативних актів, без яких реальне вдосконалення існуючих машин і технологій, особливо розробка нових технічних засобів є неможливі.

У даній кваліфікаційній роботі були зроблені спроби дослідження довговічності відповідальних деталей сільськогосподарської техніки в експлуатації з метою визначення її оптимальних параметрів у заданих розрахункових умовах. Для цього необхідно виконати наступні дії:

- Вивчення сучасних тенденцій у розробці та проектуванні культиваторів для суцільного обробітку ґрунту;
- Складати конструктивні схеми та визначати геометричні розміри відповідальних ланок обладнання;
- Дослідження основних вузлів культиватора;
- Визначити статичне навантаження моделі пластини навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту;
- Провести дослідження топології твердотілої моделі пластини навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту;
- Визначте потенційно небезпечні місця конструкції та місця надлишкового матеріалу;
- Розробити рекомендації щодо використання результатів розрахунків;

- Підвести підсумки кваліфікаційної роботи.

2.2 Методика розрахунку культиватора

2.2.1 Основні геометричні параметри робочого органу.

Схема конструкції робочого органу показана на рис. 2.1. Кожен елемент конструкції має раціональну з погляду обробітку ґрунту форму.

З огляду на особливості ґрунту з таблиці приймаємо кут внутрішнього і зовнішнього тертя. Для нашого випадку:

$\alpha_1 = 22^\circ$ – кут зовнішнього тертя.

$\alpha_2 = 70^\circ$ – кут внутрішнього тертя.

Основні розміри і кути в робочому органі:

α_p – кут різання ґрунту долотом.

$$\alpha_p \geq 45 - \frac{\alpha_2}{2} = 45 - \frac{30}{2} = 30^\circ \quad (2.1)$$

Q – потиличний кут; $Q = 10^\circ$.

$$\gamma = \alpha_p - Q = 70^\circ - 10^\circ = 20^\circ \quad (2.2)$$

γ – кут зрушення, $\gamma \geq \alpha_1$, $\gamma = 70^\circ$;

b – ширина крихти долота, що ріже, $b = 70$ мм;

a – глибина обробки, $a = 200$ мм;

h – висота падіння шару з крила, $h = 14$ мм. □

2.2.2 Тяговий розрахунок

Для визначення сил, які викликають опір пересувного органу використовуємо формулу:

$$P_p = K_p \cdot B \cdot a \quad (2.3)$$

де K_p – коефіцієнт різання ґрунту,

B – ширина долота,

a – глибина обробки.

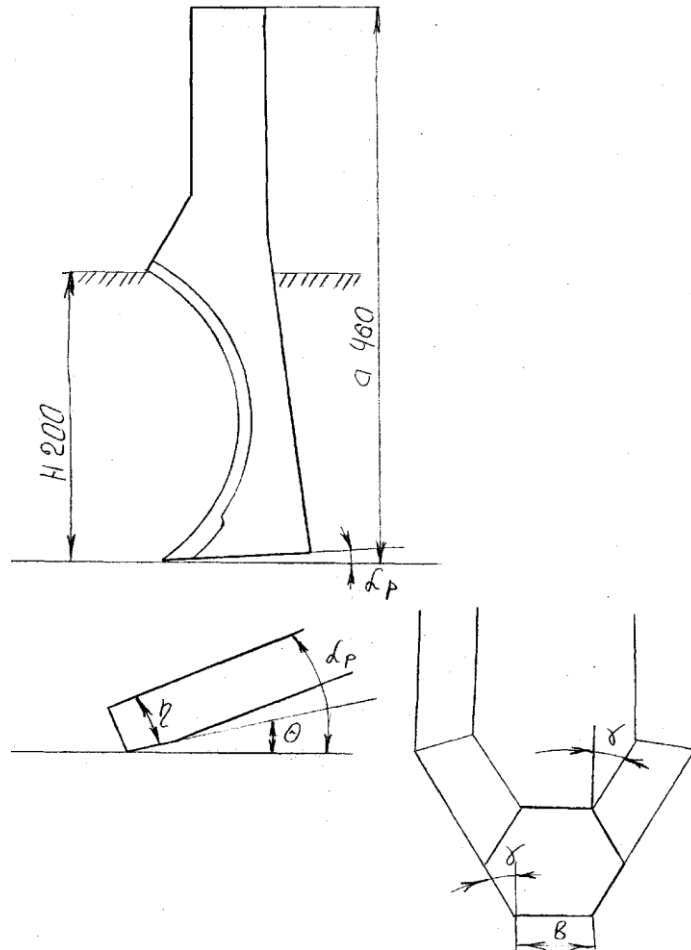


Рисунок 2.1 - Схема робочого органу і його основні параметри

Опір робочого органу складається з опору різання ґрунту долотом.

Коефіцієнт різання визначаємо по формулі:

$$K_p = \frac{C}{B} \operatorname{ctg} \varphi_2 \left(B + \frac{a}{\cos \varphi_2} \right) + 0,33 \cdot a^3 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi_2}{2} \right) \cdot \gamma \frac{1}{\sin \alpha_p} (1 + \operatorname{tg} \varphi_1) \quad (2.4)$$

де, $C = 2000$ Па – питомий опір ґрунту,

$B = 70$ мм – ширина долота,

$\varphi_2 = 70^\circ$ – кут внутрішнього тертя,

$a = 200$ мм – глибина обробки,

$\gamma = 1600$ Н/м³ – питома маса ґрунту,

$\alpha_p = 70^\circ$ - кут різання ґрунту долотом,

$\varphi_1 = 22^\circ$ - кут зовнішнього тертя.

$$K_p = \frac{2000}{0,3} \operatorname{ctg} 30 \left(0,3 + \frac{0,2}{\cos 30} \right) + 0,33 \cdot 0,2^3 \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{30}{2} \right) \cdot 1600 \frac{1}{\sin 30} (1 + \operatorname{tg} 22) =$$

$$= 23026 + 1156 = 24,1 \text{ кН}$$

$$P_p = K_p \cdot B \cdot a = 24,1 \cdot 0,03 \cdot 0,2 = 0,14 \text{ кН}$$

Сила опору від руху ґрунту нагору по долоту:

$$P_{\text{вс}} = N \cdot \operatorname{tg} \alpha, \cos \alpha_p; \quad (2.5)$$

де, $B = 0,03$ м; $a = 0,02$ м; Н/м³,

$$\alpha_2 = 70^\circ;$$

$$\gamma = 1600 \text{ Н/м}^3.$$

$$N = 0,5 \cdot B \cdot \alpha^2 \operatorname{tg}^2(45 - \alpha_2/2) \gamma \quad (2.6)$$

Тоді

$$N = 0,5 \cdot 0,03 \cdot 0,02^2 (45 - 70/2) 1600 = 81 \text{ Н}$$

де, N - сила нормального тиску

$$\alpha_1 = 22^\circ, \alpha_p = 70^\circ$$

$$P_{\text{вв}} = N \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \cos \alpha_p = g_1 \cdot \operatorname{tg} 22 \cdot \cos 30 = 0.015 \text{ кН.}$$

Різання нахиленими стояками.

Так як в нас нахилені стояки розташовані під кутом, то при визначенні опору різання будемо враховувати і коефіцієнт ковзання.

Тоді формула прийме вид:

$$P_p = K_p \cdot a \cdot v(1-i); \quad (2.7)$$

де, $K_p = 24,1$ кН; $a = 0,2$ м; $v = 0,16$ м – ширина проекції нахилоного стояка на горизонталь, $i = 0,2$ – коефіцієнт ковзання;

тоді

$$P_p = 24,1 \cdot 0,02 \cdot 0,16(1-0,2) = 0,3 \text{ кН.}$$

Визначасмо опір тертя і похилі стояки:

$$P_{\text{ТР}} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot 0,5 \cdot b \cdot \cos \varphi \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi_2}{2} \right) \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi_1; \quad (2.8)$$

де, $v = 0,06$ м – ширина стояка,

$\alpha = 25^\circ$ - кут нахилу,

$H = 0,165$ м – проекція стояка на вертикаль,

$$\alpha_2 = 70^\circ, \gamma = 1600 \text{ Н/м}^3, \alpha_1 = 22^\circ.$$

Тоді:

$$P_{\text{ТР}} = 0,5 \cdot 0,016 \cdot \cos 25^\circ \cdot 0,165 \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{30}{2} \right) \cdot 1600 \cdot \operatorname{tg} 22 = 0,012 \text{ кН.}$$

Визначаємо опір у бортових прорізах:

$$P_{\delta} = m_{\text{бок}}^H \cdot a + m_{\text{бок}}^v \cdot a^2; \quad (2.9)$$

де, $m_{\text{бок}} = 0,5$ кПа – коефіцієнт, який характеризує силу бічного опору,

$m_{\text{бок}} = 9$ кПа – коефіцієнт, який характеризує опір ґрунту в залежності від швидкості:

a – глибина обробітку.

Тоді:

$$P_{\delta} = 0,5 \cdot 0,02 + 9 \cdot 0,02^2 = 0,13 \text{ кН.}$$

Визначаємо загальний тяговий опір одного робочого органу:

$$\begin{aligned} P &= P_p + P_{vv} + 2 \cdot P_{pH} + 2P_{trH} + 2P_{\delta} = \\ &= 0,14 + 0,015 + 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,012 + 2 \cdot 0,13 = 1,039 \text{ кН.} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Для всього культиватора без обліку бритв і ротаційних робочих органів тяговий опір буде дорівнювати:

$$P = P_1 \cdot 12 = 1,039 \cdot 12 = 12,46 \text{ кН.} \quad (2.11)$$

З цього числа видно, що трактор, який має тягове зусилля 20 кН успішно може агрегатувати переобладнаний культиватор.

2.2.3 Розрахунок на міцність

Небезпечним місцем з погляду умови міцності є місце кріплення стояка глибокорозпушувальної лапи в місці кріплення в проекції секційної рамки.

Тому необхідно перевірити стійку на згин. Для цього складаємо епюру згинаючого моменту в спрощеному вигляді (рис. 2.2).

У точці А прикладена сила опору різання долотом $P_p = 0,3$ кН, у точці В прикладені сили опору різання бічного стояка, а також сила опору в бічних прорізах. Тоді епюра згинаючих моментів буде мати вигляд, як показано на рис. 2.2.

Максимальний згинаючий момент буде в точці С, що і є небезпечним перерізом.

$$M_{\text{max}} = P_{py} \cdot l + P_{pH} \cdot l_1; \quad (2.12)$$

де, $P_{py} = 0,3$ кН,

$l = 0,46$ м – довжина стійки,

$l_1 = 0,38$ м – довжина закріпленого стояка.

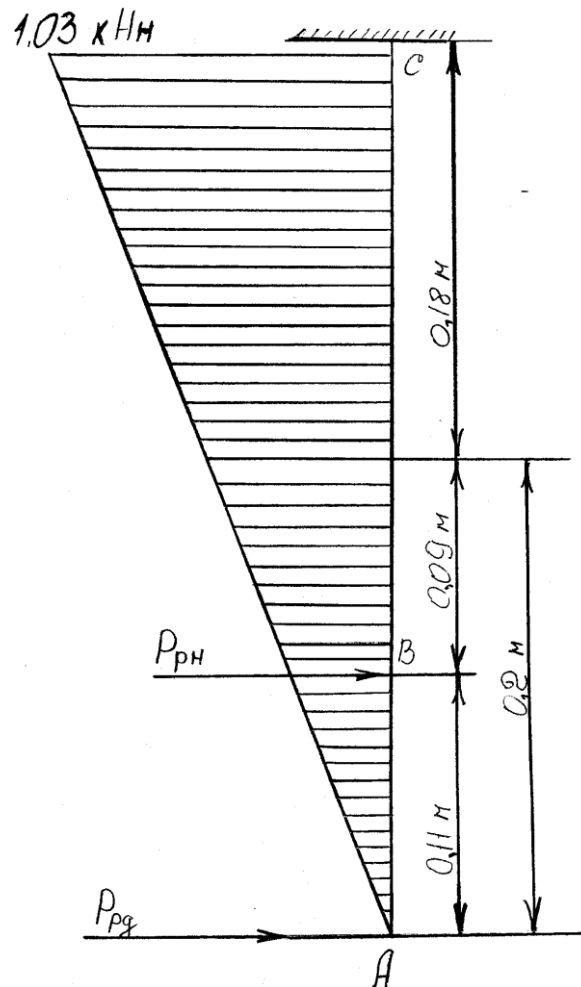


Рисунок 2.2 - Епюра згинаючого моменту

$$P_{pH} = 0,6 + 2 \cdot 0,13 = 0,86 \text{ кН}$$

$$M_{max} = 0,6 \cdot 0,46 + 0,86 \cdot 0,38 = 0,6 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Але тому, що в нас секція кріпиться до основної рами в трьох місцях, то розроблюваний орган тільки в одному місці, то згинаючий момент буде складати:

$$M_{зг} = 0,6 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Визначаємо допустиму згинаючу напругу по формулі:

$$\sigma = 6 \left(\frac{M_{зг}}{W} \right) = 6 \left(\frac{0,6}{0,02 \cdot 0,05^2} \right) = 79 \text{ МПа} \quad (2.13)$$

Для сталі Ст3 $\sigma \leq 140 \text{ МПа}$. З цього випливає, що в стояку є запас міцності.

2.2.4 Розрахунок болтів на зріз

У розроблювальній розпушувальній лапі два болти М10 працюють, при спрямованій симетрично долоту силі різання ґрунту, на зріз.

Виходячи, з умови міцності болтів на зріз знаходимо:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{P}{n \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\sigma] \quad (2.14)$$

де, P – зовнішні сили (навантаження);

d – діаметр болтів;

n – кількість болтів;

$$\sigma = \frac{1039}{2 \frac{3,14 \cdot 10^2}{4}} = 66 \text{ Н/мм}^2$$

Межа міцності для сталі Ст3 на розтяг і зріз 400 Н/мм^2

$$\sigma_{\text{ц}} = 400 \text{ Н/мм}^2$$

Умові міцності на зріз дотримується, болт має запас міцності 70%.

За проведеними розрахунками проводимо дослідження довговічності основних деталей культиватора.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Аналіз конструкції навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту

Навісний дисковий культиватор для суцільного обробітку ґрунту (рис.3.1) є ефективним сільськогосподарським інструментом, який використовується для підготовки ґрунту до посіву шляхом розриву, розрівнювання та розпушування ґрунту.

Основний робочий елемент - це диски, які розташовані на вісці, з'єднані з рамою та обертаються. Ці диски здатні розбивати ґрунт, розгладжувати його та створювати рівномірне ложе для посіву.

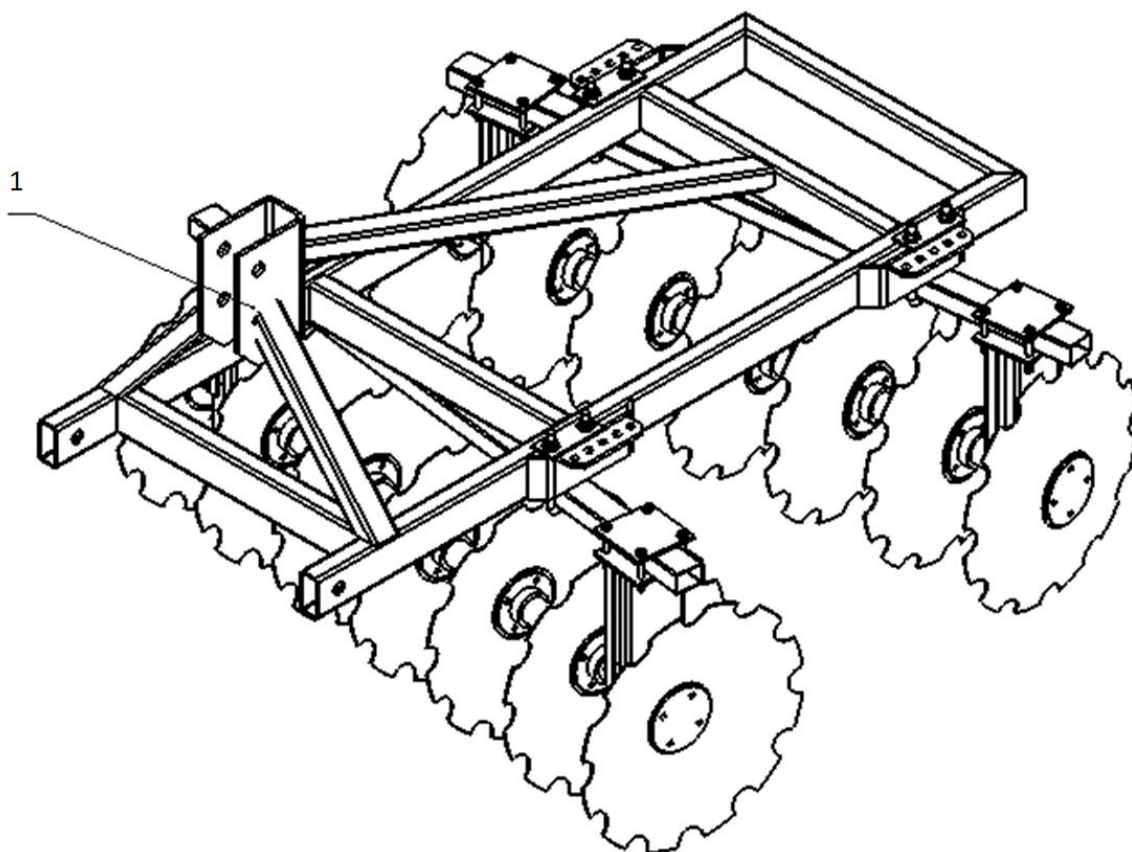


Рисунок 3.1 - Навісний дисковий культиватор для суцільного обробітку ґрунту

Диски можуть бути регульовані за глибиною, щоб забезпечити оптимальну обробку ґрунту на різних глибинах. Це дозволяє змінювати

глибину обробітку в залежності від властивостей ґрунту та потреб посіву. Диски також можуть мати регульовану ширину, що дозволяє налаштувати робочу ширину культиватора відповідно до ширини ряду посіву або розміру поля.

Деякі моделі обладнані механізмами захисту від перевантажень, які дозволяють уникнути пошкоджень від каміння або інших твердих предметів у ґрунті.

Навісні дискові культиватори зазвичай працюють на високих швидкостях, що дозволяє швидко та ефективно обробляти великі площі землі. Ці культиватори зазвичай мають компактну конструкцію та можуть бути легко приєднані до трактора за допомогою триточкової навіски, що дозволяє швидко переміщати їх між полями.

Навісний дисковий культиватор для суцільного обробітку ґрунту є незамінним інструментом для сільськогосподарських робіт, який дозволяє підготувати ґрунт для посіву та забезпечити високу якість посадкового матеріалу.

Пластина 1 (рис. 3.1) є важливою деталлю триточкової навіски навісного дискового культиватора, призначеної для суцільного обробітку ґрунту. Дана пластина виконує функцію передачі навантаження від трактора до оброблювального інструменту, забезпечуючи рівномірне та ефективне оброблення ґрунту. Вона має спеціально розроблену форму, що забезпечує оптимальну міцність та стійкість під час роботи. Вона може бути виготовлена з високоміцних сталевих або спеціальних сталевих сплавів.

Розміри і параметри пластини можуть варіюватися в залежності від конкретної моделі культиватора, але зазвичай вони відповідають стандартним розмірам для ефективного оброблення ґрунту на великих площах.

Пластина піддається значному навантаженню під час роботи, такому як тиск та тяга. Вона повинна витримувати ці навантаження при різних умовах ґрунту та робочих швидкостях.

Для оптимізації дизайну та підвищення міцності пластини можуть використовуватися сучасні методи моделювання та аналізу, такі як метод скінчених елементів. Застосування оптимізаційних методів може допомогти знайти оптимальну топологію та конструкцію пластини для максимальної міцності та ефективності.

Дослідження моделі пластини ДК2206.10.05 може допомогти вдосконалити її дизайн та забезпечити надійну та ефективну роботу навісного дискового культиватора.

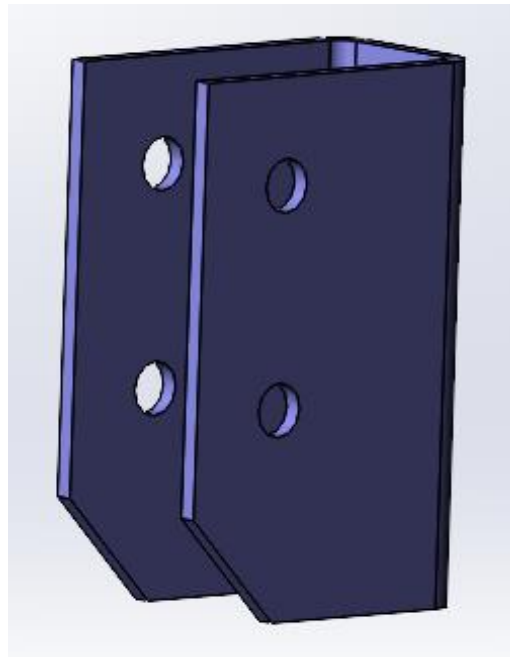


Рисунок 3.2 - Пластина ДК2206.10.05

Основними параметрами даної деталі культиватора є:

- маса: 10,76 кг
- об'єм: 0,001367097 м³
- густина: 7870 кг/м³
- матеріал: Сталь Ст3.

Для правильного моделювання та аналізу пластини ДК2206.10.05 триточкової навіски навісного дискового культиватора необхідно враховувати закріплення (рис. 3.3) та розподіл сил (рис. 3.4), які діють на цю деталь. Прикладене зусилля становить 5000 кг (49033.25 Н).

Пластина ДК2206.10.05 зазвичай закріплюється на рамі культиватора. Можна припустити, що пластина закріплена стійким чином відносно рами, що дозволяє врахувати тільки деформації і напруження в самій пластині.

Сили, що діють на пластину, складаються з вертикального навантаження від ґрунту та горизонтальних сил тяги, які передаються через точки кріплення триточкової навіски. Вертикальне навантаження - ця сила моделює тиск ґрунту на пластину під час її роботи. Вона може бути рівномірно розподілена або залежати від глибини обробки та інших факторів. Горизонтальні сили - вони виникають внаслідок тяги, яка передається через точки кріплення пластини. Ці сили можуть бути визначені залежно від навантаження на культиватор та умов роботи.

Розташування точок кріплення важливо врахувати для точного моделювання горизонтальних сил та моментів, що діють на пластину. Модель повинна включати точки кріплення, які дозволяють пластині переміщатися лише у визначених напрямках та обмежують її рух у інших.

Загальний підхід полягає в тому, щоб врахувати усі сили, що діють на пластину, та забезпечити вірне їх розподілення для точного аналізу міцності та надійності пластини під час роботи культиватора.

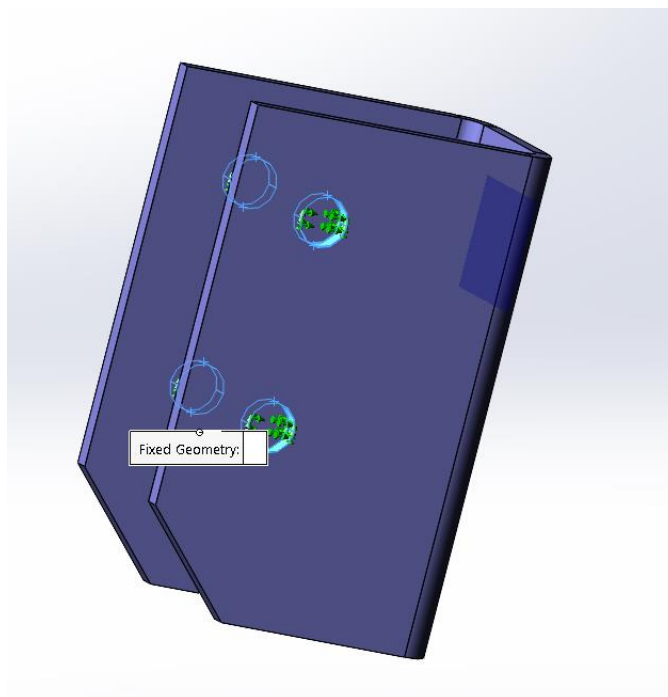


Рисунок 3.3 - Закріплення моделі для досліджень

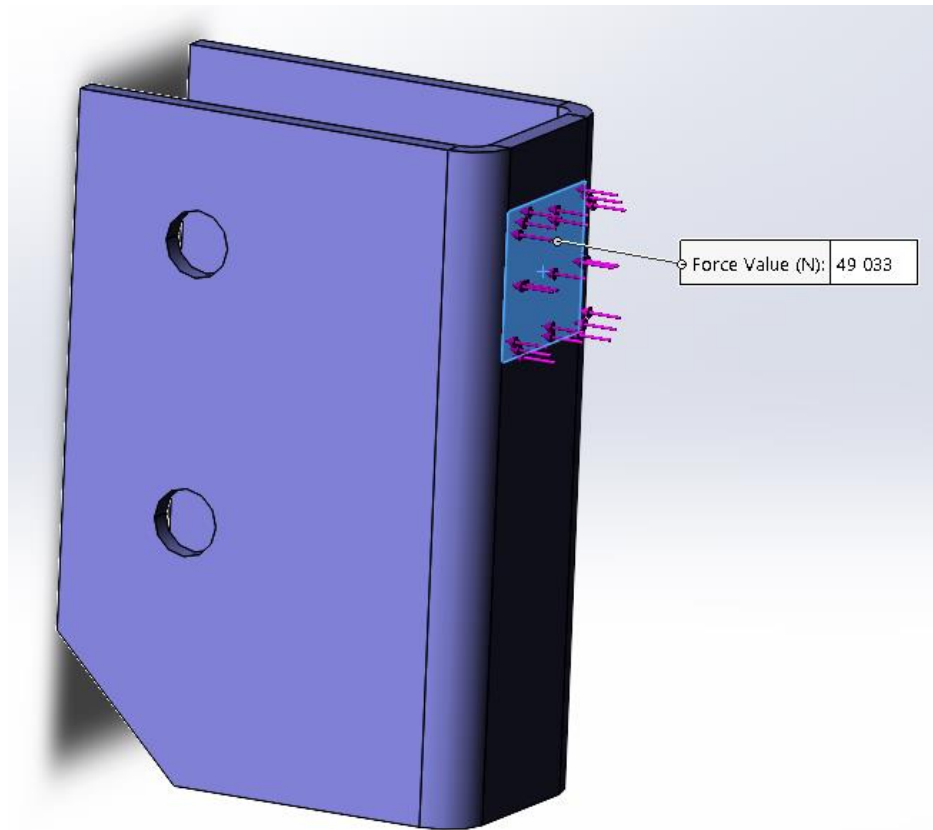


Рисунок 3.4 - Проставлення навантажень з заданими параметрами сили

3.2 Статичне дослідження моделі пластини ДК2206.10.05 навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту

Статичне дослідження моделі пластини ДК2206.10.05 навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту полягає в аналізі напружень та деформацій, які виникають у деталі під впливом зовнішніх навантажень. Статичне дослідження надасть важливу інформацію про поведінку пластини під навантаженням та дозволить покращити її дизайн для оптимальної ефективності у роботі культиватора.

Для подальшої роботи під час статичних досліджень нами проведено розбиття моделі на кінцеві елементи (рис. 3.5).

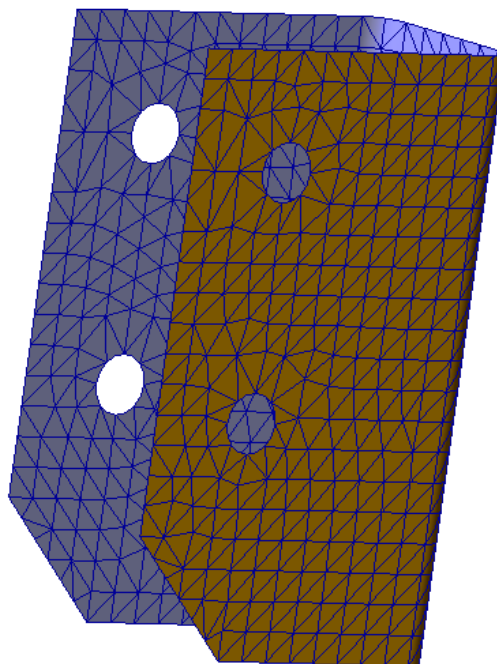


Рисунок 3.5 - Розбиття на сітку кінцевих елементів

Статичні дослідження проводимо за такими показниками:

- напруження (рис. 3.6);
- переміщення (рис. 3.7);
- деформація (рис. 3.8).
- запас міцності (рис. 3.9).

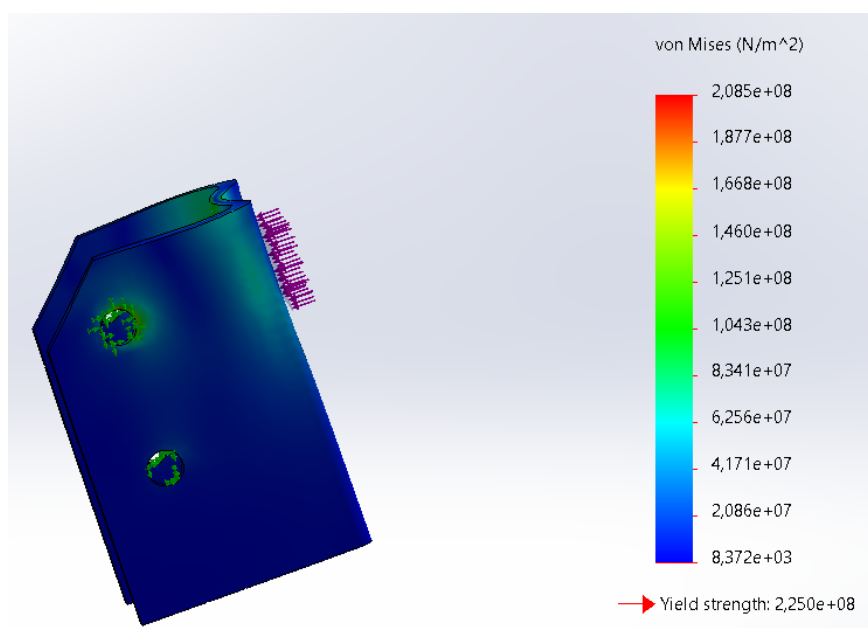


Рисунок 3.6 - Результати досліджень прикладеного зусилля (5 т (49033.25 Н)).

Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 230,612

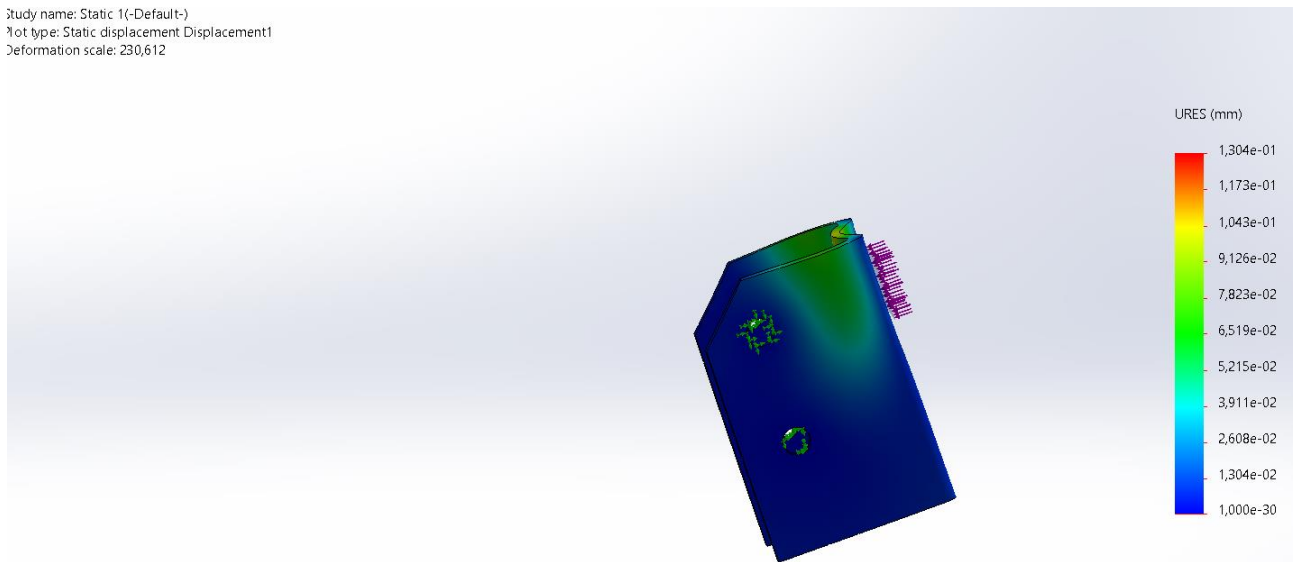


Рисунок 3.7 - Результати досліджень переміщення.

Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Static strain Strain1
 Deformation scale: 230,612

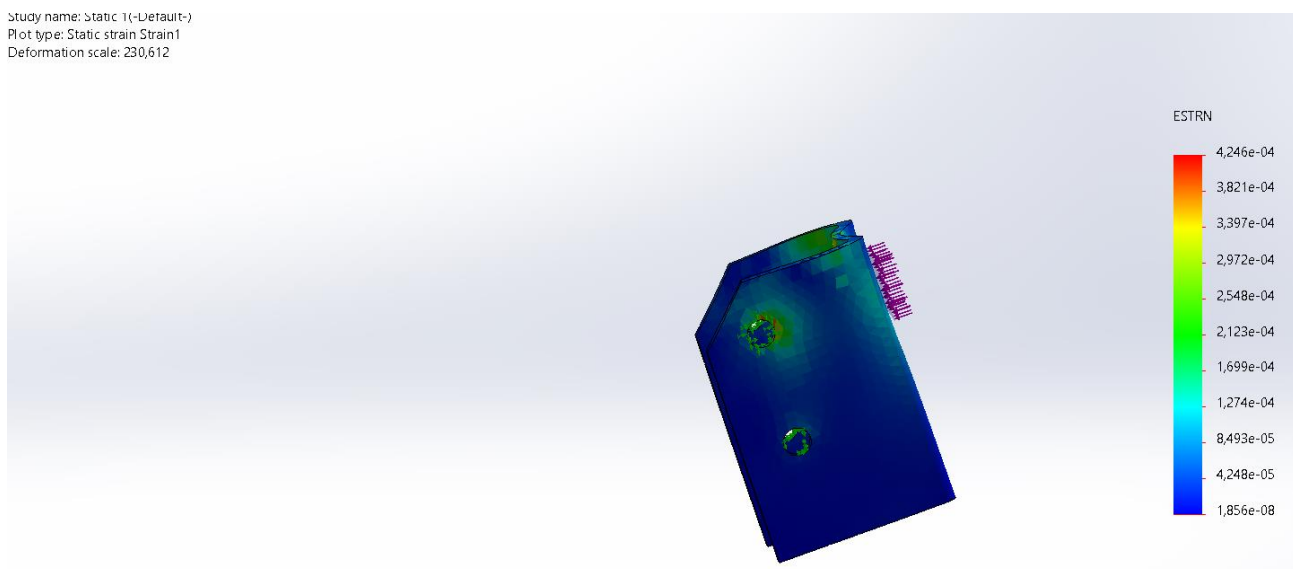


Рисунок 3.8 - Результати досліджень деформації моделі

Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion : Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 1,1

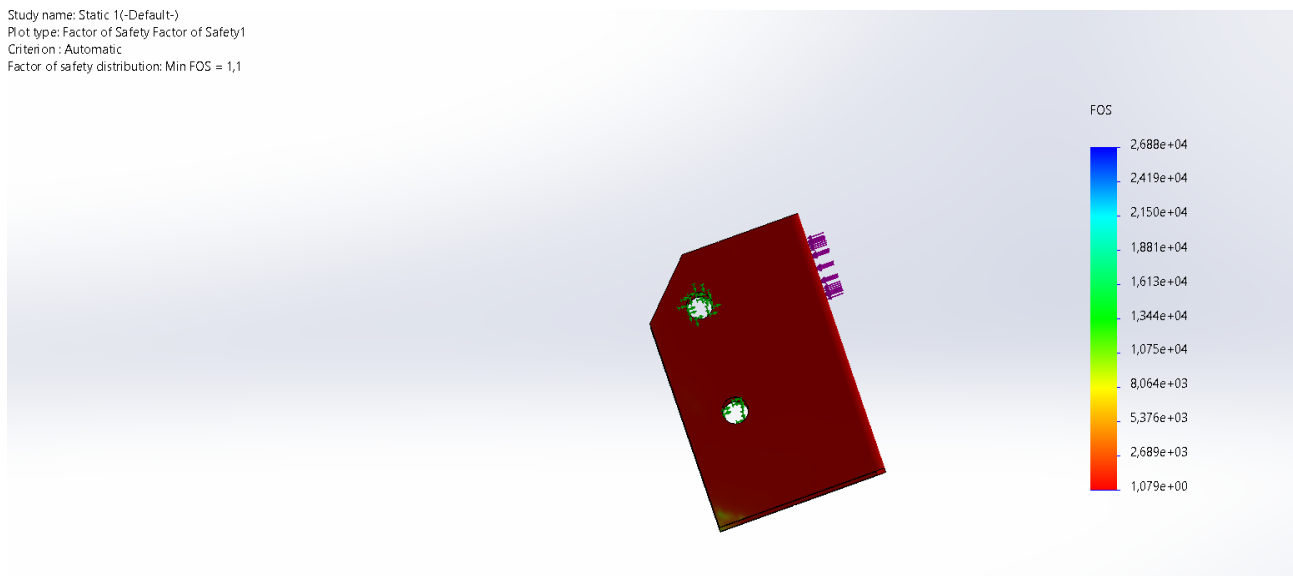


Рисунок 3.9 - Результати досліджень коефіцієнта запасу міцності

В останньому рисунку коефіцієнт запасу міцності даної деталі культиватора становить 1.1.

За допомогою програмного модуля Design Insight провели візуальне відображення найбільш навантажених зон моделі (рис. 3.10).

Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Design Insight Design Insight1
 Volume (Element/Geometric) = 18,90 %/ 21,12 %

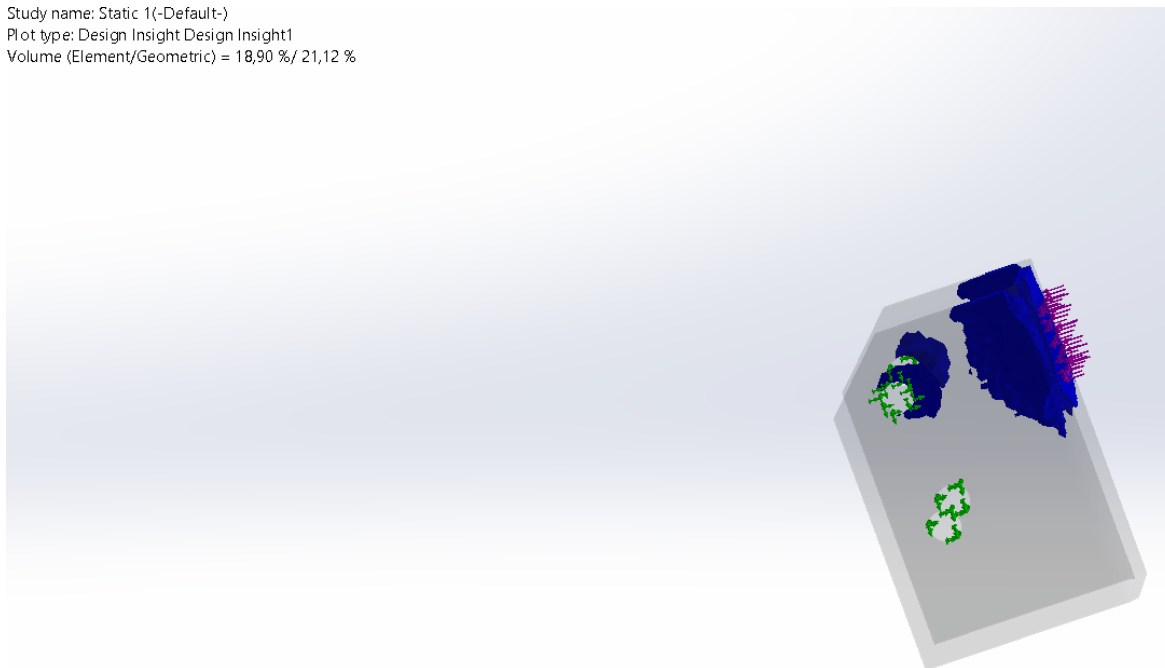


Рисунок 3.10 - Результати відображення найбільш навантажених зон моделі

Оскільки механізм працює циклічно дослідимо дану модель на кількість циклів до руйнування. Результати дослідження наведено на рис. 10. Задаємо вхідні дані з максимальної кількості циклів 1 млн. циклів з врахуванням модуля пружності заданого матеріалу (рис. 3.11).

Study name: Fatigue 1(-Default-)
 Plot type: Fatigue(Damage) Results1

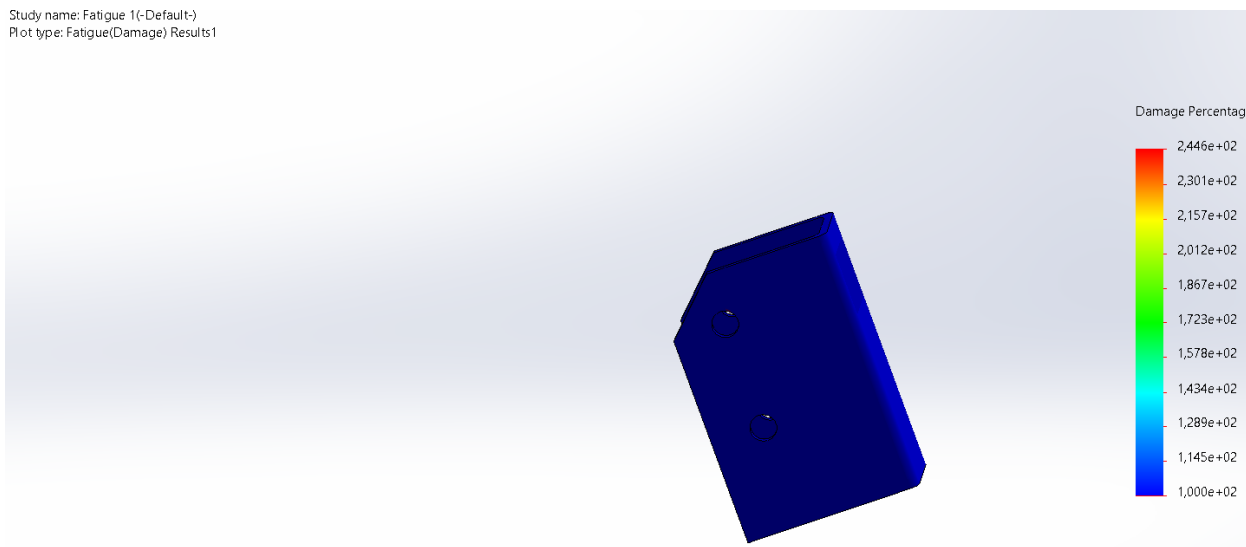


Рисунок 3.11 - Дослідження моделі на кількість циклів до руйнування

Зі шкали (рис. 3.11) бачимо, що наша модель працюватиме справною до 244600 циклу.

Оскільки на рис. 3.10 синім кольором виділено ділянку найбільш навантажених зон і на рис. 3.11 червоним кольором відображено найменшу кількість циклів проведемо дослідження проектування, яке полягає у зміні товщини балки враховуючи усі попередньо задані параметри. Для цього вводимо такі дані (рис. 3.12):

- змінні (задана товщина пластини становить 10 мм, максимальна 20 мм, крок – 2 мм;
- обмеження (розрахований коефіцієнт запасу міцності становить 1.1 (рис. 3.9), а максимальний заданий – 2;
- ціль (досягнути вищого коефіцієнта запасу).

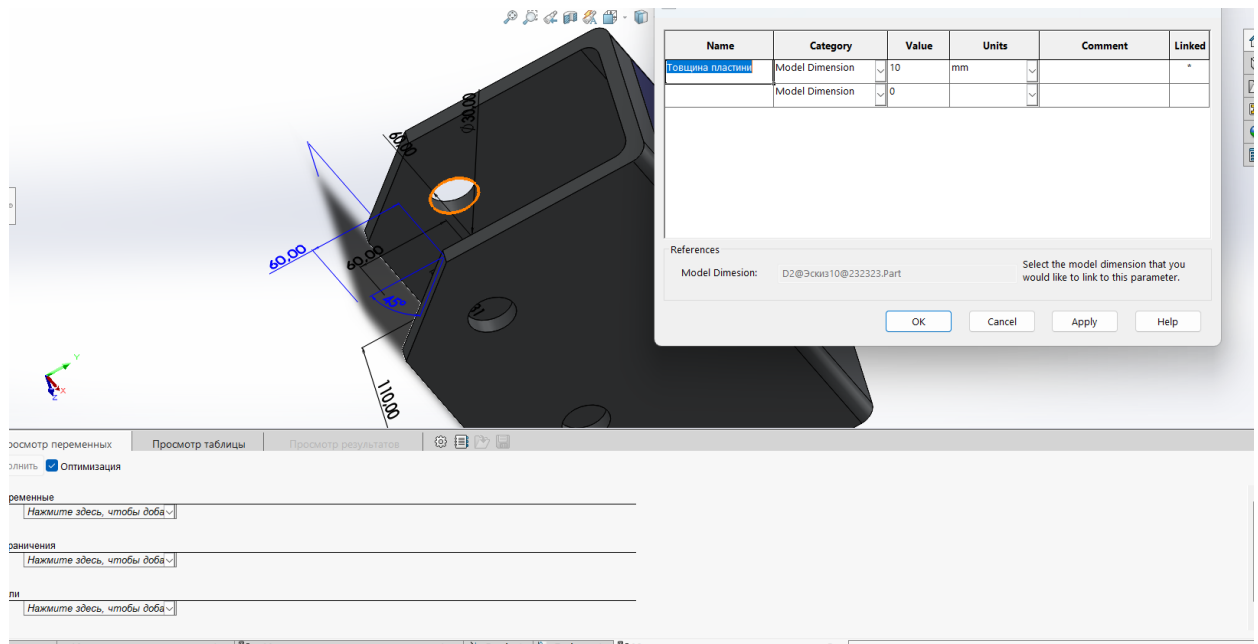


Рисунок 3.12 - Вікно задання змінних параметрів для дослідження товщини пластини

Результати дослідження відображено на рис. 3.13.

		Текущая	Начальная	Оптимальная (6)	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5	Сценарий 6
Товщина пластини		14мм	14мм	20мм	10мм	12мм	14мм	16мм	18мм	20мм
Minimum Factor of Safety2	(1.100000 ~ 2.000000)	0.890137	0.890137	1.412848	1.079066	0.790246	0.890137	1.301097	1.080309	1.412848
Minimum Factor of Safety3	Максимизировать	0.890137	0.890137	1.412848	1.079066	0.790246	0.890137	1.301097	1.080309	1.412848

Рисунок 3.13 - Результаты дослідження товщини пластини

З даного розрахунку бачимо, що найбільш оптимальним значенням товщини пластини є 20 мм.

Результати автоматизованою розрахунку та побудови балки з оптимальною товщиною 20 мм відображено на рис. 3.14.

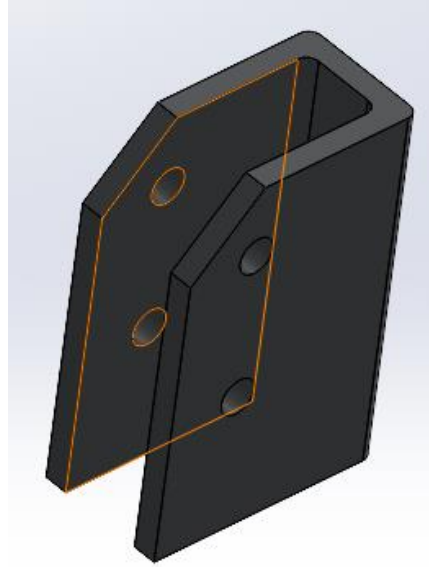


Рисунок 3.14 - Автоматизовано збільшена товщина пластини

Проведемо перерахунок досліджень даної моделі пластини на предмет зміни: напруження (рис. 3.15); переміщення (рис. 3.16); деформації (рис.3.17); запасу міцності (рис. 3.18).

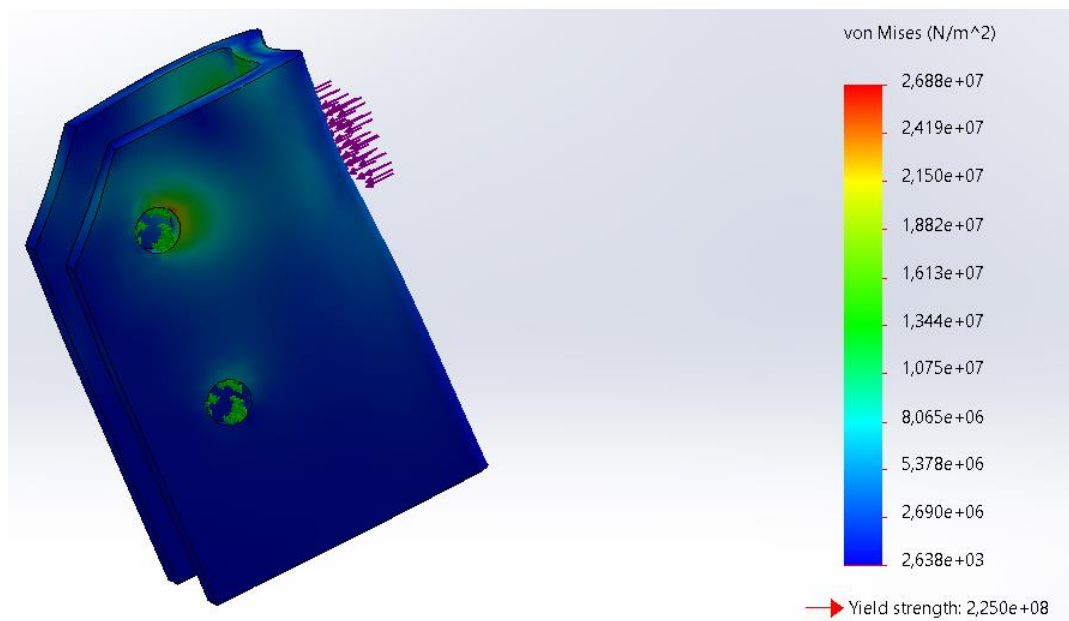


Рисунок 3.15 - Результати досліджень прикладеного зусилля (5 т (49033.25 Н)).

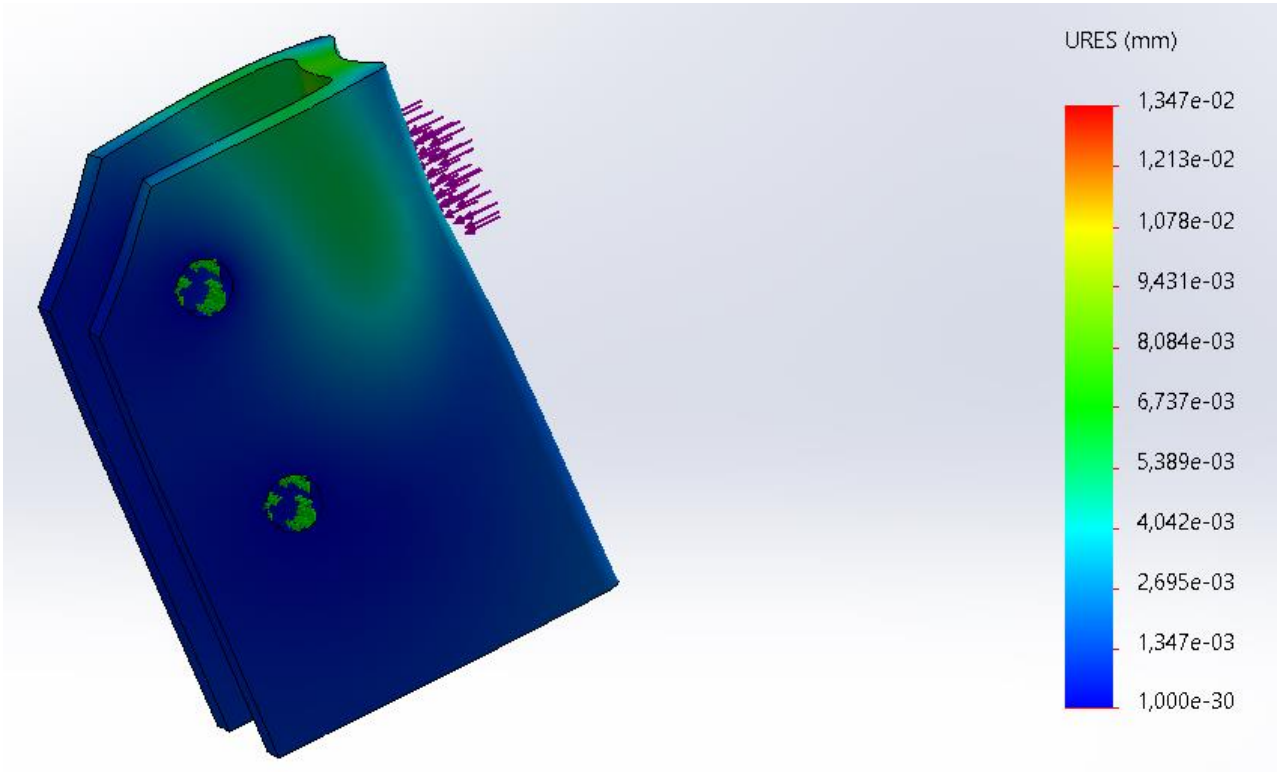


Рисунок 3.16 - Результати досліджень переміщення.

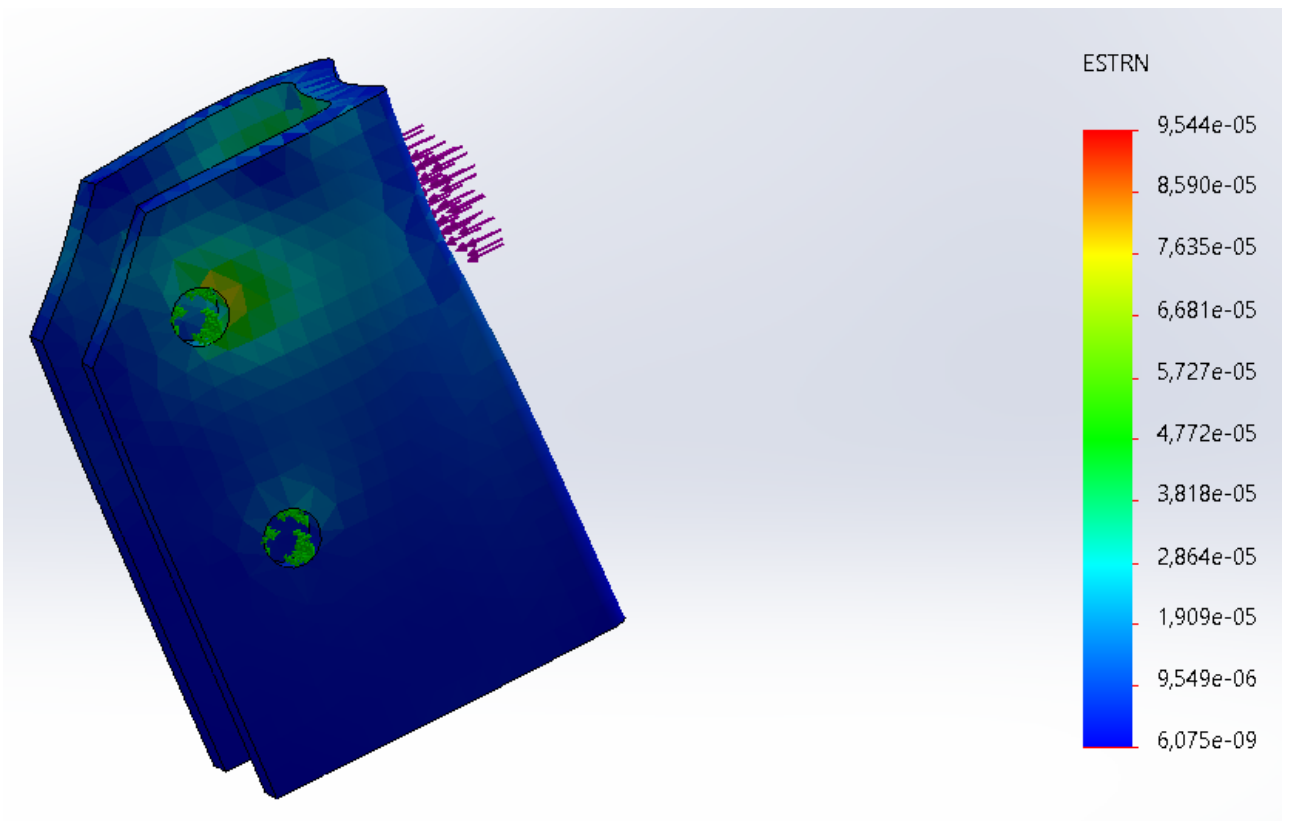


Рисунок 3.17 - Результати досліджень деформації моделі

Study name: Static 1(-Default-)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion : Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 1,7

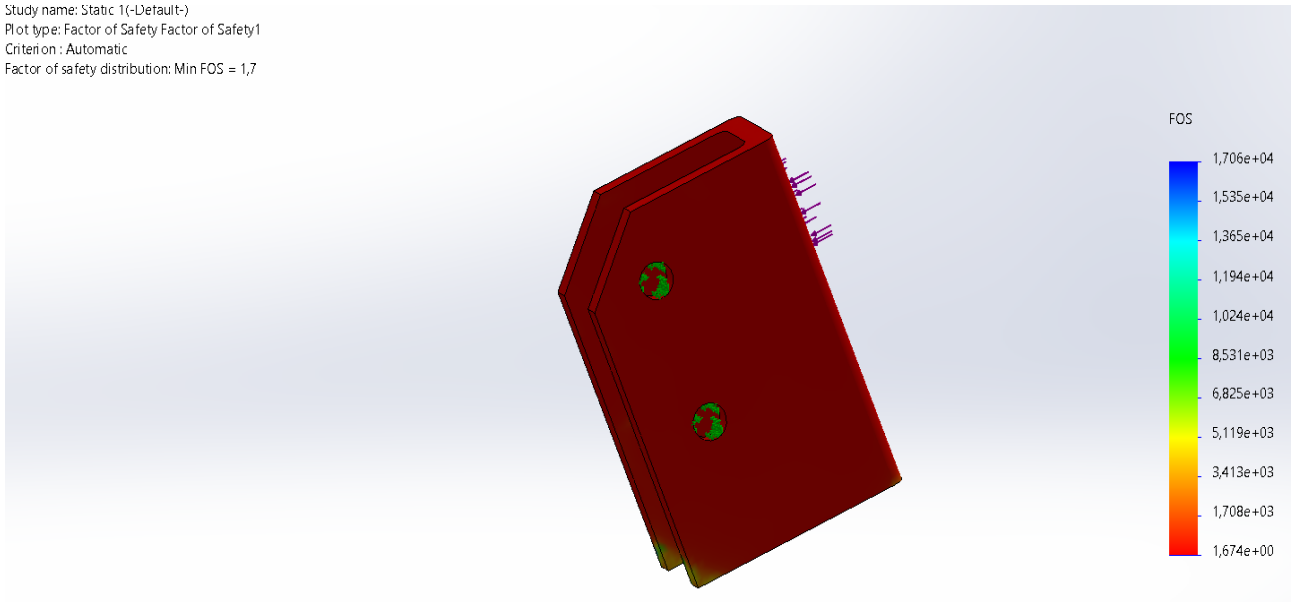


Рисунок 3.18 - Результати досліджень коефіцієнта запасу міцності

В останньому рисунку коефіцієнт запасу міцності даної моделі становить 1,7, що у порівнянні з (рис.3.9) де він становить 1,1 значно зріс.

За допомогою програмного модуля Design Insight провели візуальне відображення найбільш навантажених зон моделі (рис. 3.19).

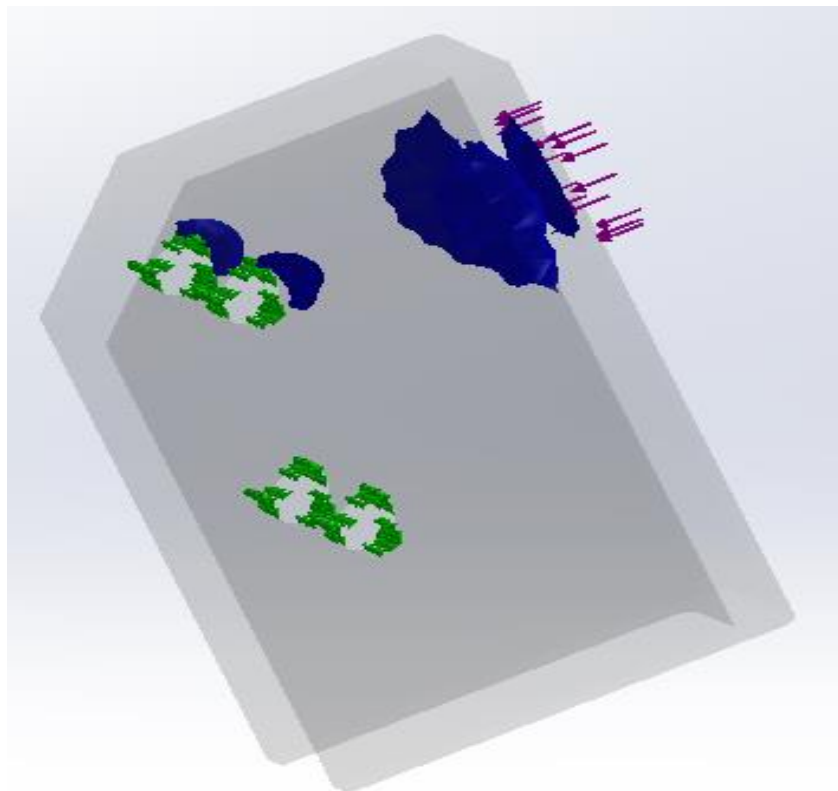


Рисунок 3.19 - Результати відображення найбільш навантажених зон моделі

3.3 Дослідження топології твердотілої моделі пластини навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту

Дослідження топології твердотілої моделі пластини ДК2206.10.05 навісного дискового культиватора для суцільного обробітку ґрунту спрямоване на оптимізацію її форми та конструкції з метою покращення міцності, ефективності та економії матеріалів.

Дослідження топології твердотілої моделі допоможе знайти оптимальний дизайн пластини ДК2206.10.05 для забезпечення надійності та ефективності роботи навісного дискового культиватора.

Топологічні розрахунки проводимо згідно попередньо висвітленої процедури присвоєння моделі закріплень, прикладених зусиль та вибору матеріалу (рис. 3.20).

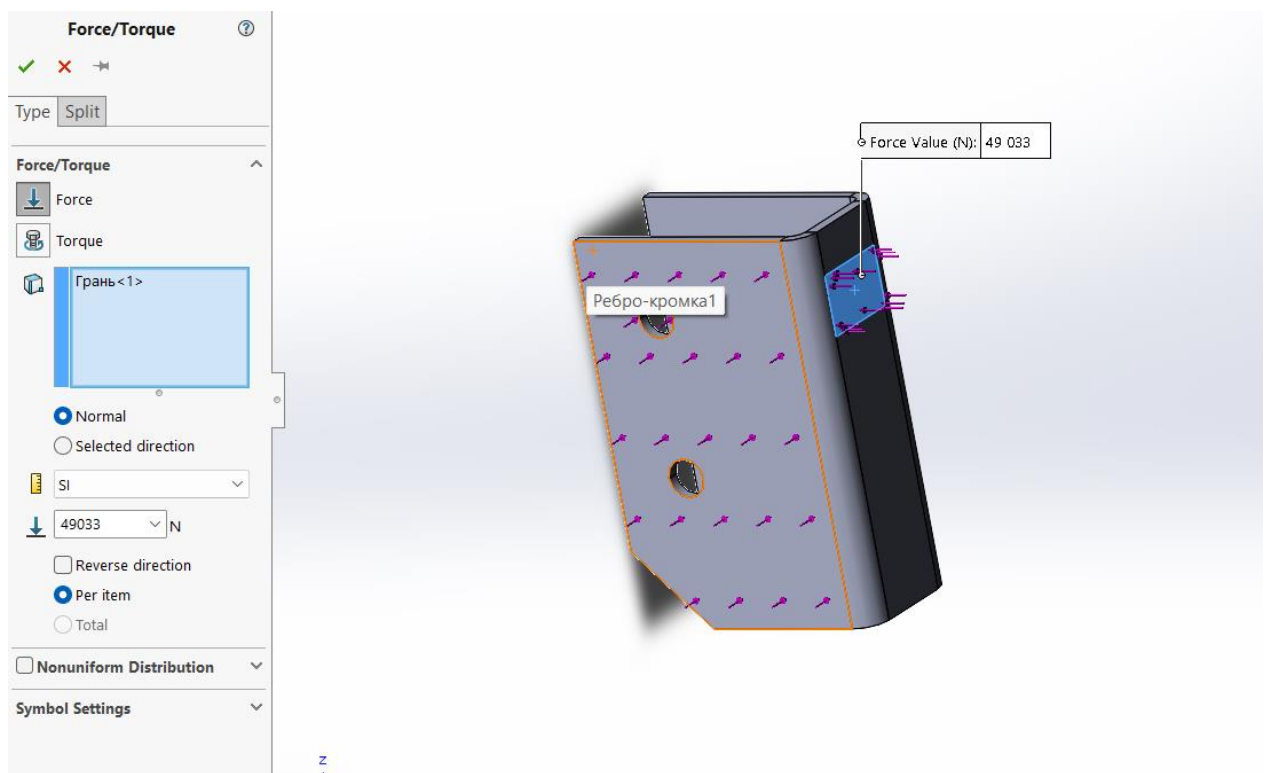


Рисунок 3.20 - Присвоєння моделі закріплень та прикладених зусиль

Проставляємо межі і обмеження – найкраще співвідношення маси моделі до її жорсткості і запускаємо процес розрахунку топології (рис. 3.21).

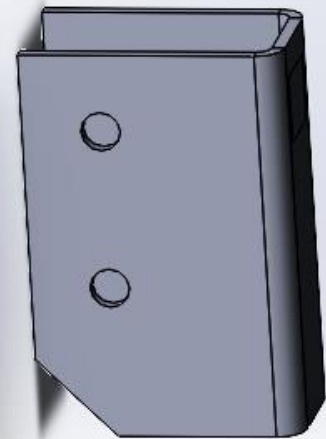
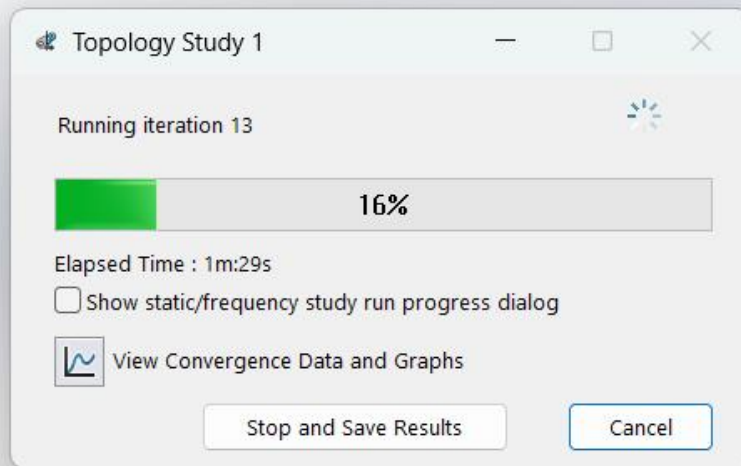


Рисунок 3.21 - Процес розрахунку топології твердотільної моделі

На рис. 3.22 представлений графік зміни маси деталі пластини ДК2206.10.05 в залежності від кількості ітерацій проведеного дослідження топології. Графік демонструє, як змінюється маса деталі після кожної ітерації оптимізаційного процесу.

Переважно зниження маси деталі є однією з цілей оптимізації, оскільки воно дозволяє економити матеріали та зменшує вагу всього конструктивного елемента. При цьому слід також враховувати, що зменшення маси не повинно впливати на міцність або функціональність деталі.

Для вибору оптимального варіанту дизайну рекомендується аналізувати не лише зміну маси, а й інші параметри, такі як міцність, стійкість та ефективність. Також слід враховувати практичність реалізації отриманого дизайну.

Цей графік є важливим інструментом для визначення оптимального рішення та встановлення прогресу в оптимізації конструкції пластини ДК2206.10.05 навісного дискового культиватора.

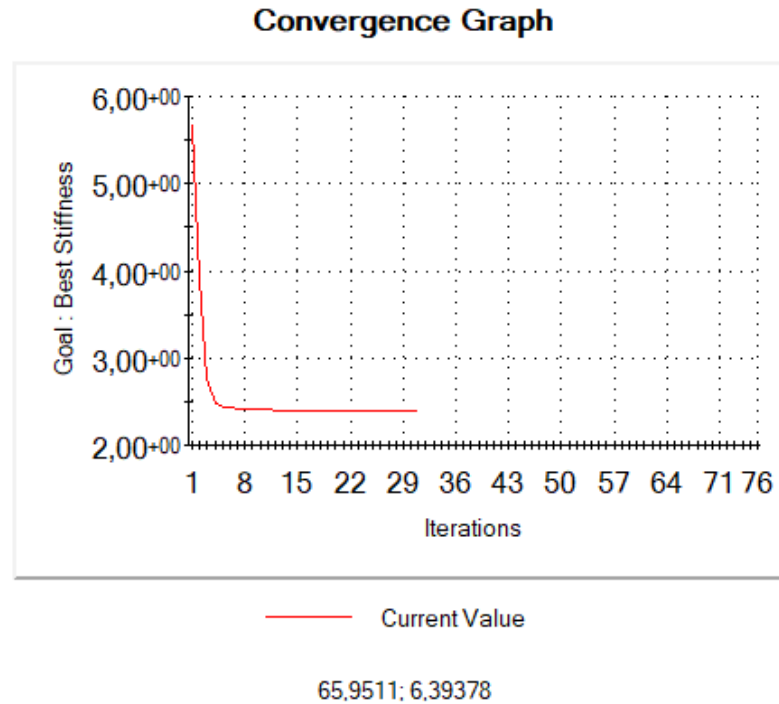


Рисунок 3.22 - Графік зміни маси моделі пластини

Згідно з графіком (рис.3.22) і рис. 3.23 маса моделі зменшується з 10,76 кг до 7,63 кг тобто різниця в масі становить 3,13 кг.

Calculated Element Mass : 7,63025Kg

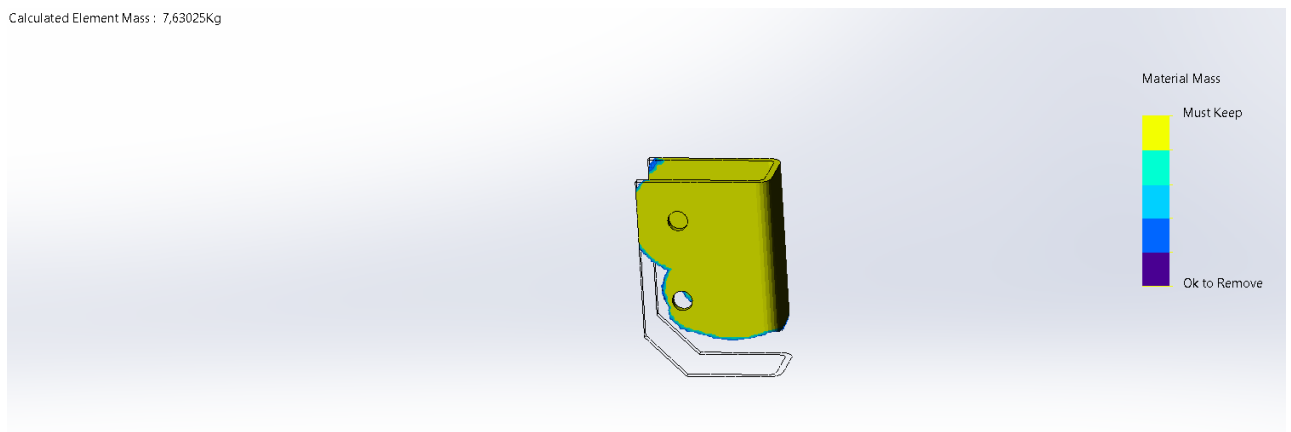


Рисунок 3.23 - Результат топологічного дослідження моделі пластини

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

Культиватор повинен обслуговуватись одним оператором, який пройшов спеціальний інструктаж з техніки безпеки і ознайомлений з інструкцією її експлуатації

1. Повинен бути забезпечений вільний доступ до всіх механізмів культиватора, захарашення проходів не допустимо.
2. Всі зовнішні рухомі та нагрівальні елементи лабораторної установки повинні бути закриті захисними кожухами.
3. Обслуговування, ремонт і наладку механічної частини повинні проводити тільки ті особи, які пройшли спеціальну підготовку і мають відповідне кваліфікаційне посвідчення.
4. Роботи з ремонту електрообладнання повинні проводитись тільки при відключеній напрузі. В місці відключення напруги повинна бути вивішена табличка "НЕ ВМИКАТИ! РЕМОНТНІ РОБОТИ".
5. На культиваторі повинні бути встановлені блокувальні пристрої.
6. Оператор не має права залишати без нагляду культиватор.
7. Категорично заборонено проводити санітарну обробку при робочому стані культиватора.

Вимоги безпеки. ГОСТ12.2.003 “Виробниче обладнання. Загальні вимоги безпеки” встановлює вимоги безпеки до виробничого обладнання в частині конструкцій, органів його управління, засобів захисту, які входять в конструкцію, а також вимог безпеки, які визначаються особливостями монтажних і ремонтних робіт, транспортуванням і зберіганням виробничого обладнання.

Обладнання повинне бути безпечним при монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні і зберіганні, не повинно забруднювати викидами, шкідливих речовин навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) вище встановлених норм. Безпечність обладнання забезпечується вибором принципу дії, конструктивних схем, безпечних елементів конструкції і т. п.,

застосуванням засобів механізації, автоматизації, дистанційного управління і захисту; виконанням ергономічних вимог; включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту, транспортуванню і зберіганню [6].

Обладнання повинно бути пожежно - і вибухобезпечним, стійким до підвищення вологості, коливання тиску і температури, дії агресивних речовин, обледеніння, вітрових навантажень.

Крім загальних вимог безпеки до виробничого обладнання необхідно враховувати також специфічні вимоги до обладнання м'ясної промисловості, передбачені стандартом ОСТ 27-00-216 "Виробничі машини і обладнання. Загальні вимоги безпеки".

Робочі місця обслуговуючого персоналу повинні знаходитися поза зоною переміщення механізмів.

Конструкція обладнання повинна передбачати заходи (теплоізоляція) з обмеження виділення конвекційного променевого тепла. В машинах з місцевим охолодженням повинен бути пристрій, який блокує запуск машин при відсутності холодоагенту.

Обладнання, яке виділяє вологу, газу, порох і сторонні запахи, повинне бути максимально герметизоване. При недостатній герметизації необхідно використати місцеві відсмоктування повітря.

Зовнішні виступаючі частини обладнання повинні бути заокруглені по радіусі не менше 5 мм і не мати зазубрень, напливів металу після зварки.

Кнопки включення виробничого обладнання повинні бути заглиблені на 3-5 мм в корпусі пускової коробки.

Органи управління (кнопки, ричаги, маховички і т. д.) в постійного робочого місця повинні розміщатися в робочій зоні, обмеженої в межах: по довжині не більше 0,7 м, по глибині не більше 0,4 і по висоті не більше 0,6 м; вказані органи управління повинні бути над рівнем підлоги (площадки) на висоті в межах від 0,9 до 1,5 м при обслуговуванні стоячи і на висоті 0,6-1,2 м при обслуговуванні сидячи. Всі кнопки, ричаги, маховички і інші органи

управління повинні мати позначення і надписи, які пояснюють їх функціональне призначення, а також пофарбовані у відповідні кольори:

- червоний колір – зупинка;
- ахроматичний колір (чорний, білий чи сірий), допускається зелений - пуск;
- ахроматичний колір – поперемінні зупинка чи пуск;
- жовтий колір – аварійне включення;
- ахроматичний або синій колір – спеціальне включення.

Площадки обслуговування машин і обладнання, розміщені на висоті, повинні мати огорожі і сходи з поруччям, а площадки крім цього, - повинні мати вільний прохід шириною не менше 0,7 м. Покрив площадок повинен виключати слизькість і мати по краях суцільну обшивку на висоті 0,15 м. Висота огорожі і перил повинна бути не менше 1 м, а на висоті 0,5-0,6м від покриття площадки (сходів) необхідно розміщувати додаткові повздовжні огорожі і вертикальні стійки з кроком не більше 1,2 м. Сходи на висоті 3-5 м повинні мати перехідні площадки; ширина сходів не менше 0,6 м, проміжок між сходами – 0,2, ширина сходини – не менше 0,12м. Сходи висотою більше 1,5 м повинні мати нахил не більше 45°, меншої висоти не більше 60° до горизонту.

Зусилля на важелі, постійного використання при ручному управлінні не повинно перевищувати 40 Н, а при ручному регулюванні і накладанні – 100 Н.

Пускові педалі ніжного управління обладнанням повинні мати огороження або попереджувальні пристрої, які виключають випадкове включення обладнання (падіння предмету, випадкове натиснення). Огороження педалі повинно бути міцним, не мати гострих країв і не обмежувати рухів ноги. Площадка пускової педалі повинна бути прямою з рифленою поверхнею (неслизькою) і мати заокруглені з початку і упору для ноги в кінці. Ширина педалі повинна бути не меншою 80 мм, а довжина до упору 110-130 мм. Підвищення педалі над рівнем підлоги площадки (перед її включенням) не повинно перевищувати 120 мм, а прогин її (після

включення) – 60 мм; посилення при натисканні на педаль в положенні сидяче – 24,5 Н, в положенні стоячи – 34,5 Н.

Засуви, гвинти і крани, розміщені вище 2 м від рівня підлоги (робочої площадки або заглиблені, повинні мати пристрої (ричагові, штангові і ін.) які б дозволили відкривати і закривати їх з робочого місця.

Стационарна контрольно-вимірна апаратура повинна бути встановлена на робочих місцях не вище 2 м від рівня підлоги (робочої площадки).

Струмopовідні частини обладнання повинні бути надійно електроізолювані, огорожені або знаходитися в недоступних до людей місцях.

Температура нагрітих поверхонь обладнання, огороження і трубопроводів на робочих місцях не повинна перевищувати 45с.

Конструкція обладнання, працюючого під тиском, повинна відповідати правилам його проектування, виготовлення і експлуатації.

Економічно доцільно застосовувати універсальне (за призначенням) і багатоопераційне обладнання. Воно повинно бути дешевим, надійним і довговічним. Таке обладнання можна створювати за принципом агрегування, застосовуючи загальний привід і змінні органи для виконання різних операцій. Деталі і вузли повинні уніфіковані і мати мінімальні розміри.

Для роботи обладнання на підприємствах, як правило, не потрібне використання пари (особливо високого тиску), стиснутого повітря і газу.

Для експлуатації обладнання на підприємствах необхідні спеціально підготовлені технології, механіки, лаборанти і робочі.

Найбільш ефективною робота обладнання всього малого виробництва в цілому буде при використанні місцевих природних джерел тепло-, водо- і холодопостачання. При проектуванні виробництва необхідно враховувати можливість використання натурального холоду для зберігання сировини і продукції.

Охорона навколишнього природного середовища – це система заходів направлених на забезпечення гармонійної взаємодії суспільства і природи ,

на основі збереження, виробництва і раціонального використання природних ресурсів.

Відходи виробництва пов'язані з викидами в атмосферу шкідливої пилуки і газів викидами у водойми стічних вод, які їх забруднюють і стравлюють, погіршують стан ґрунту, який знаходиться біля підприємства.

Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій на виробництві

У зображеннях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій.

Слід зауважити, що поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва.

Якщо на схемах, що зображують процеси протікання (перебігу) випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються.

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними. Статистичне залежні події — це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо жодна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть з'являтися незалежно одна від одної, то такі події є статистичне незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні — послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) подій.

Шляхом дослідження небезпечних ситуацій, які можуть виникати при експлуатації виробничого обладнання, описані і побудовані логічні моделі різні за формою і характером подій. Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо вжити обґрунтованих профілактичних заходів.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій.

Процес пошуку потенційних небезпек на виробництві ґрунтується на більш точному і ефективному проведенні існуючого оперативного контролю, який також повинен бути відповідно удосконалений.

Аналізуючи кожен з побудованих логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків.

Якщо дослідження логічних зв'язків провести у зворотному напрямку, то обов'язково можна знайти ту подію (явище), що є причиною (однією з причин) формування досліджуваного процесу.

Метод логічного моделювання травмонебезпечних, аварійних та інших ситуацій значно полегшує пошук причин аварій, виробничих травм і дорожньо-транспортних пригод при їх розслідуванні.

Вивчені, побудовані і систематизовані логічні моделі для окремих виробничих процесів, обладнання та інших об'єктів можна програмувати, а складений з них банк даних, може бути використаний для прогнозування виникнення аварій, травм, катастроф та інших небажаних явищ за допомогою ЕОМ.

Логічні моделі можна застосовувати при прийнятті рішень про відповідальність осіб, винних у виникненні таких пригод, а також ступінь вини самого потерпілого.

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми або катастрофи залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-якого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини (об'єкта) виявляють виробничі небезпеки, можливі аварійні або травмонезбезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логіко-імітаційної моделі аварії або травми (чи катастрофи). Після цього будують модель («дерево відказів і помилок оператора»). При цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події.

Головну випадкову подію (конкретна аварія, травма або катастрофа), модель якої нам необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва може виникнути.

Залежно від об'єкта головними подіями можуть бути:

- для технологічного обладнання: «захват одягу», «захват рук, ніг та інших елементів тіла людини», «удар», «падіння людини», «електричний удар», «опіки тіла», «опромінення» тощо;

- для підприємства в цілому: «вихід з ладу обладнання», «пошкодження електричного обладнання», «пошкодження будівель», «пожежа» тощо.

Після вибору головного випадкового явища (події) розпочинають побудову моделі («дерева»). Використовуючи оператори «I» та «АБО», виконують набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

У деяких випадках головна подія може мати; і більше однакових небезпечних ситуацій за змістом, але різних за природою і причинами виникнення [6].

В кожному конкретному випадку виробництва необхідно ретельно вести пошук і дослідження небезпечних ситуацій. Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів «I», «АБО» та інших. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Слід мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірності базових подій визначають за даними виробництва. Наприклад, базова подія «стан контролю з охорони праці». Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність «не здійснення контролю» становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки «дерева», позначають номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора «І» входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 P_2$$

2. За допомогою оператора «І» три події з ймовірностями P_1, P_2 і P_3 формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події P_4 обчислюють так:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3$$

3. Оператор «І» об'єднує n подій з ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 P_2 P_3 \dots P_n$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора «АБО» входять до третьої події. Тоді її ймовірність P_3 буде:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2$$

5. Оператор «АБО» об'єднує три базові події з ймовірностями P_1, P_2, P_3 які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3.$$

6. Якщо в оператор «АБО» входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

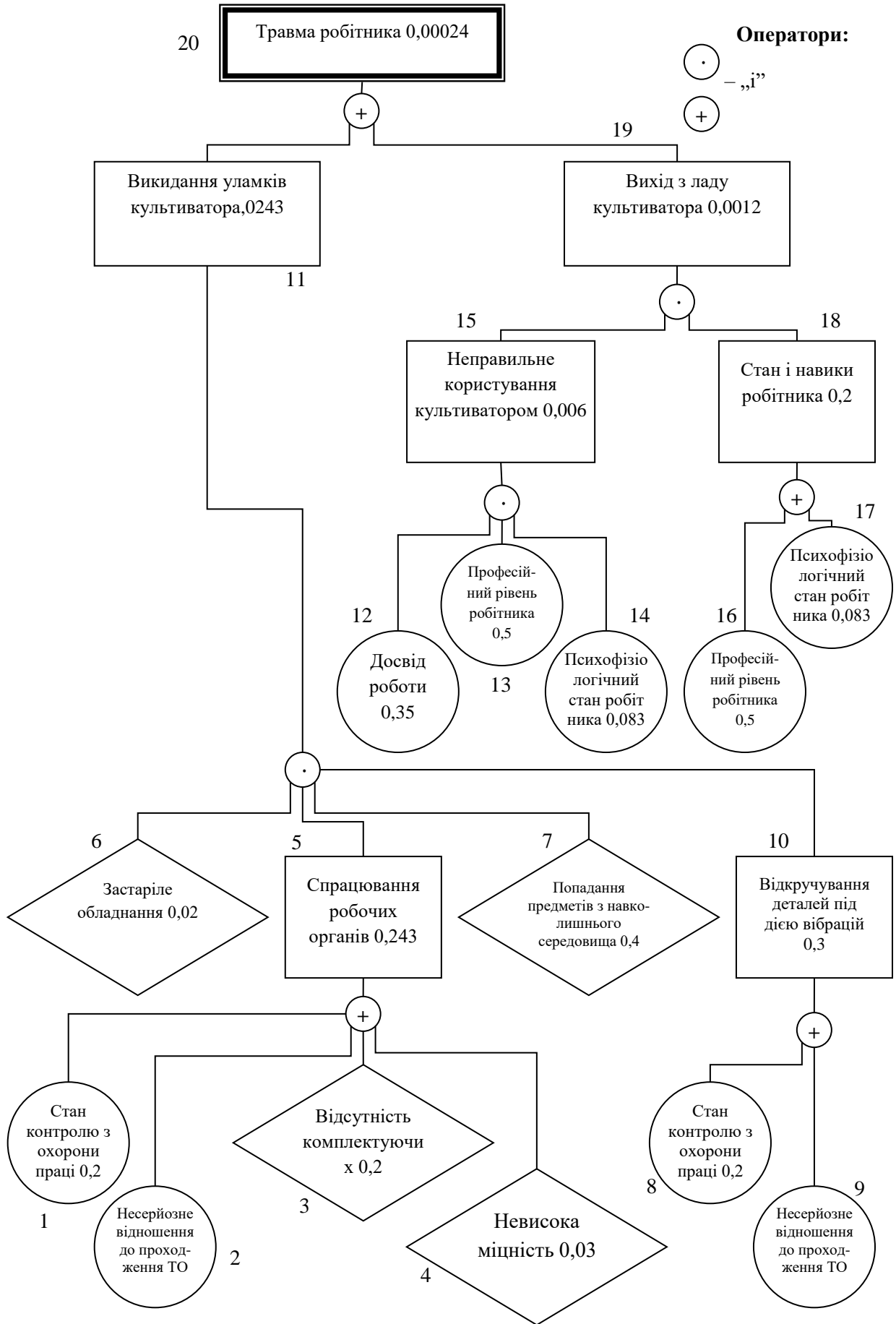


Рисунок 4.1 - Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час роботи культиватора.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, на жаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людино-машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірності тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну (малоймовірну) небезпеку.

Єдиний документ, який можна взяти для орієнтиру, це ГОСТ 12.1.010-76, в якому зазначено, що виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність виникнення вибуху на будь-якій вибухонебезпечній ділянці протягом року не перевищувала 10^{-6} ($P=0,000001$).

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування.

Оскільки значення ймовірності виникнення аварії або травми (аварійної чи травмонебезпечної ситуації) найбільш точно і об'єктивно характеризує рівень небезпеки на конкретному об'єкті, то цим створені умови для удосконалення системи управління безпекою праці в окремих підрозділах або господарствах. При цьому значення ймовірності можуть бути використані при розробці заходів впливу на працюючих, що часто допускають небезпечні дії, і заохочуючих (стимулюючих) заходів до тих працюючих, на робочих місцях яких існує дуже низька ймовірність виникнення травми або аварії.

Наведемо приклад визначення ймовірності аварії за допомогою логіко-імітаційної моделі (рис. 4.1).

Позначимо події моделі відповідними номерами від 1 до 13. Подія 9 характеризує саме аварію. Ймовірності базових подій покажемо умовно, але значення їх будуть близькими до реальних умов виробництва.

$$P_1=0,05; P_2=0,2; P_3=0,3; P_5=0,1; P_7=0,5; P_8=0,5.$$

Використовуючи указану модель, визначимо послідовно ймовірність події 3:

$$P_4=P_1+P_2+P_3-P_1P_2-P_1P_3-P_2P_3+P_1P_2P_3=0,243;$$

$$P_6=P_4P_5=0,0243;$$

$$P_9=P_6P_7P_8=0,006.$$

Одержане значення ймовірності виникнення аварії (викришення зубів) $P_9=0,006$, характеризує те, що при наявності таких подій, які відображені у моделі, на кожну 1000 одиниць аналогічного обладнання можна очікувати 6 аварій.

Якщо продовжити розрахунки далі, то можна розрахувати ймовірність травми:

$$P_{10}=0,2; P_{12}=0,2;$$

$$P_{11}=P_9 P_{10}=0,0012;$$

$$P_{13}=P_{11} P_{12}=0,00024.$$

Логіко-імітаційні моделі аварій і травм допомагають зменшити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Виконані в кваліфікаційній роботі технологічні та інженерні розрахунки дозволяють констатувати наступні висновки:

1. Проведений огляд та аналіз конструкцій існуючих культиваторів, здійснено пошук існуючих патентних рішень культиваторів в Україні та зарубіжного досвіду.

2. Удосконалена конструкція культиватора дає можливість підвищити якість роботи, а значить і провести обробіток ґрунту з кращими якісними показниками і продуктивністю та збільшити урожайність с.-г. культур.

3. Обґрунтовано інженерними розрахунками основні параметри і режим роботи основних вузлів машини. Згідно проведених досліджень нами отримано результати з перевірного розрахунку моделі пластини під час прикладення до неї сили на напруження, переміщення, деформацію, визначено запас міцності та кількість циклів до руйнування. Визначено найбільш навантажені зони моделі, що дало поштовх до продовження дослідження моделі на предмет її оптимізації. Завдяки статичним розрахункам пораховано і вибрано оптимальну товщину пластини, яка становила 10 мм, а змінена – 20 мм. Проведений розрахунок топології моделі показав, що форму даної моделі можна змінювати, тобто зменшувати масу деталі, не порушуючи її міцність. Згідно з результатами маса моделі зменшується з 10.76 кг до 7.61 кг, а це мінус 29,3% від початкової маси.

4. Приведені в кваліфікаційній роботі заходи з охорони праці забезпечать безпечне проведення польових робіт, передбачених технологією вирощування с.-г. культур.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Залога В.О. Пуховський Є.С., Малафеев Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ машинобудівних спеціальностей / Частина I / Під ред. Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 286 с.
2. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
3. Козяр М.М., Фещук Ю.В., Парфенюк О.В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks. Олді Плюс, 2018. 252 с. ISBN 978-966-289-191-1
4. Кобець А.С., Дирда В.І., Демидов О.А., Кобець О.М., Сокол С.П., Пугач А.М. Робочий орган для міжрядного обробітку ґрунту. - Патент на корисну модель №58069. – 25.03.2011. – Бюл. №6.
5. Кобець А.С., Демидов О.А., Кобець О.М., Хотюн Г.В., Сокол С.П., Пугач А.М. Пристрій для обробітку міжрядь. - Патент на корисну модель №58070. - 25.03.2011. – Бюл. №6.
6. Кобець А.С., Демидов О.А., Кобець О.М., Хотюн Г.В., Сокол С.П., Пугач А.М. Пристрій для знищення бур'янів в рядах рослин. - Патент на корисну модель №58071. - 25.03.2011. – Бюл. №6.
7. Кобець А.С., Науменко М.М., Демидов О.А., Кобець О.М., Пугач А.М. Робочий орган культиватора. - Патент на корисну модель №58386. – 11.04.2011. – Бюл. №7.
8. Кобець А.С., Науменко М.М., Демидов О.А., Кобець О.М., Пугач А.М. Робочий орган культиватора. - Патент на корисну модель №58390. – 11.04.2011. – Бюл. №7.
9. Кобець А.С., Кобець О.М., Волик Б.А., Мареніченко В.В., Гаврильченко О.С., Пугач А.М. Робочий орган культиватора. - Патент на корисну модель №58392. – 11.04.2011. – Бюл. №7.
10. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко,

А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

11. Пахолук А.П., Пахолук О.А. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали. Посібник для студентів інженерних спеціальностей ВНЗ. - Львів.: Світ. 2005. 220с.

12. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ машинобудівних спеціальностей / Частина I / Під ред. Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 286 с.

13. Серіков Я. О. Безпека життєдіяльності – секюритологія. Проблеми. Завдання. Шляхи вирішення : монографія : в 2-х. ч. / Я. О. Серіков, Л. Ф. Коженєвські. – Харків : ХНАМГ ; Краків : ЕАС, 2012. – Ч. 1. – 168с. Ч. 2. – 337 с.

14. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

15. Термічна обробка металів: [навч. посіб.] / А.В. Мохорт, М.Г. Чумак - К.: Либідь, 2002. - 512 с. - ISBN 966-06-0212-X

16. Ясній П. В. Пластично деформовані матеріали: втoma і тріщинотривкість / П. В. Ясній. – Львів : Світ, 1998. – 292 с.

17. Yang C. Design and analysis of composite pipe joints under tensile loading / C. Yang // J of Composite Materials. – 2000. – 34, № 4. – P. 332 – 349.

18. Yokobori T. The effect of frequency on fatigue crack propagation spacing in A12024-T3 aluminium alloy and SM-50 steel / T. Yokobori, K. Sato // Eng. Fract. Mech. – 1996. – № 63. – P. 81 – 88.

19. SolidWorks 2010. Расширенное моделирование деталей. Training. 2010. 341 с.

20. SolidWorks 2010. Основные элементы SolidWorks. Training. 2010. 550 с.

21. <https://balka-book.com/solidworks-76>

22. https://www.solidworks.com/sw/docs/student_wb_2011_rus.pdf