

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Удосконалення технології садіння картоплі з розробкою

системи протруювання насіннєвого матеріалу

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41

спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Тимофій Я.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Тимофія Ярославу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології садіння картоплі з розробкою системи протруювання насінневого матеріалу

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «24» січня 2024 року № 4/7-62

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2024

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до садіння протруєної картоплі; типовий технологічний процес садіння картоплі; базова конструкція картоплесаджалки

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки. Перелік посилань

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Окіпний І.Б., к.т.н., зав. каф.</i>		

7. Дата видачі завдання 24.01.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкту дослідження</i>	<i>01.02.2024</i>	
2	<i>Технологічна частина</i>	<i>11.02.2024</i>	
3	<i>Проектна частина</i>	<i>15.06.2024</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>20.06.2024</i>	
	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>23.06.2024</i>	

Студент

_____ (підпис)

Тимофій Я.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сташків М.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Тимофій Ярослав Андрійович

Тема роботи – «Удосконалення технології садіння картоплі з розробкою системи протруювання насінневого матеріалу».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – удосконалення технології садіння картоплі шляхом розробки системи протруювання насінневого матеріалу.

Об'єкт дослідження – технології садіння картоплі.

Предмет дослідження – садильний апарат картоплесаджалки з системою протруювання насінневого матеріалу.

Методи дослідження: порівняльний, теоретико-емпіричний, математичного та комп'ютерного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій висаджування картоплі та агротехнічних вимог до протруювання та висаджування картоплі;
- розглянуто способи та засоби нанесення захисних препаратів;
- проведено технологічні розрахунки картоплесаджалки;
- обґрунтовано устаткування для дообладнання картоплесаджалки протруювачем насінневого матеріалу;
- обґрунтовано вибір розпилювача та кут його розташування;
- розраховано трубопроводи гідролінії та вибрано гідронасос;
- виконано проектні розрахунки кронштейна кріплення гідронасоса та з'єднувальної муфти з використанням комп'ютерного моделювання;

- подано заходи охорони праці та техніки безпеки при використанні картоплесадильних агрегатів з системою протруювання насінневого матеріалу.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення технології садіння картоплі, яка передбачає застосування картоплесадильної машини із системою протруювання насінневого матеріалу.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 59 арк. формату А4, додатки – 1 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: картопля, садіння картоплі, протруювання насінневого матеріалу, машини для протруювання, технологічні параметри.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ВИСАДЖУВАННЯ ПРОТРУЄНОЇ КАРТОПЛІ	8
1.1. Аналіз технологій та засобів висаджування картоплі.....	8
1.2. Агротехнічні вимоги до протруювання та висаджування картоплі	14
1.3. Способи та засоби нанесення захисних препаратів.....	16
1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	22
2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕСАДЖАЛКИ З ПРОТРУЮВАЧЕМ.....	24
2.1. Розрахунок технологічних параметрів картоплесаджалки.....	24
2.2. Обґрунтування устаткування для дообладнання картоплесаджалки протруювачем.....	26
2.3. Обґрунтування вибору розпилювача	28
2.4. Обґрунтування розташування і кута нахилу розпилювача.....	30
3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	32
3.1. Розрахунок трубопроводів гідролінії.....	32
3.2. Вибір гідронасоса.....	34
3.3. Проектування кронштейна кріплення гідронасоса.....	36
3.4. Розрахунок з'єднувальної муфти	41
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1. Завдання безпеки життєдіяльності	46
4.2. Техніка безпеки при експлуатації картоплесаджалки.....	51
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56
ДОДАТКИ.....	59

ВСТУП

Вирощування картоплі в Україні має глибокі традиції та важливе значення для економіки країни. Ця культура є однією з основних продовольчих культур для населення і відіграє значну роль у сільськогосподарському виробництві, особливо у тваринництві.

Україна зі своїм помірним кліматом і родючими чорноземами створює сприятливі умови для вирощування картоплі. Картопля вирощується майже по всій території країни, але особливо великі площі займають у західних, північних і центральних регіонах. Загальна площа під картоплею в Україні коливається від 1 до 1,5 мільйона гектарів щороку. Найбільші площі картоплі зосереджені на Поліссі та в Лісостеповій зоні.

Технологія вирощування картоплі включає оранку, боронування, внесення добрив, підготовку та садіння бульб, догляд за насадженнями (полив, прополювання, гербіцидне оброблення), збір врожаю та зберігання. Вирощування може бути як механізованим, так і ручним, залежно від розміру господарства та наявної техніки.

Врожайність картоплі в Україні значно варіюється в залежності від регіону, технологій вирощування та погодних умов. Середня врожайність становить близько 200-300 центнерів з гектара, але на добре оброблених полях ця цифра може бути значно вищою.

Серед основних проблем вирощування картоплі в Україні – це поширення хвороб та шкідників, які можуть істотно знижувати якість та кількість врожаю. Окрім того, потребує уваги питання зберігання врожаю, оскільки неадекватні умови можуть призвести до його псування.

Враховуючи важливість картоплі для внутрішнього ринку, існує потенціал для розвитку виробництва картоплі в Україні через впровадження сучасних агротехнологій, поліпшення системи зберігання та підвищення якості насінневого матеріалу.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ВИСАДЖУВАННЯ ПРОТРУЄНОЇ КАРТОПЛІ

1.1. Аналіз технологій та засобів висаджування картоплі

Підготовка бульб перед садінням включає кілька ключових етапів: відбір і сортування, пророщування або прогрівання перед посадкою, а також обробку захисними та стимулюючими препаратами.

Картоплю висаджують, як тільки ґрунт досягне стану придатного для орання і на глибині 10 см прогріється до 7–8° С. На легких піщаних і супіщаних ґрунтах, на піднесених місцях і південних схилах бульби висаджують раніше, ніж на важких суглинних і глинистих ґрунтах.

Оптимальна густина посадки картоплі для північних і північно-західних районів – 50-55 тис. кущів на 1 га (40-45 тис. на піщаних і супіщаних ґрунтах і 50-55 тис. на суглинках), у всіх посушливих районах і з нестійким зволоженням – 40 тис.

Картоплю висаджують рядовим способом з міжряддями 60, 70 або 90 см при відстані 22-40 см між окремими бульбами в рядку (в залежності від родючості ґрунту і сорту картоплі). Величину міжрядь для картоплі вибирають в залежності від кліматичних умов (70-90 см для районів підвищеної вологості і 60 см – для посушливих районів).

Перед появою перших сходів картоплі формують гребені заввишки 27-30 см з рівною вершиною завширшки 15-20 см для кращого прогрівання куща.

Посадку картоплі проводять при човниковому способі руху агрегату.

На даний час на території України використовуються наступні картоплесаджалки з безпосереднім протруюванням насінневого матеріалу.

Картоплесадильні машини КСП – 4 (рис. 1.1) КСП –6 (4-х та 6-рядні) пристосовані до будь-яких ґрунтових умов.



Рис. 1.1. Картоплесаджалка КСП –4

Картоплесаджалка обладнана пристроєм для протруювання бульб, забезпечує можливість посадки в заздалегідь підготовлені гряди. Можливе обладнання гідравлічним начіпним пристосуванням для комплектації фрезою-гребнеутворювачем. Технічна характеристика подана у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Технічні характеристики картоплесадильних машин КСП

Тип КСП	КСП – 4	КСП – 6
Ширина захвату, м	3	4,5
Кількість рядів	4	6
Міжряддя	75	75
Об'єм бункера, кг	3000	3500
Вага, кг	2000	3200
Трактор	T-85	150T

Картоплесаджалка 4-рядна напівнавісна СК-4 (рис. 1.2) призначена для рядкового висаджування непророщених відкаліброваних бульб картоплі з міжряддями 70, 90 см з одночасним протруюванням бульб і внесенням мінеральних добрив на ґрунтах всіх типів у всіх зонах вирощування картоплі.

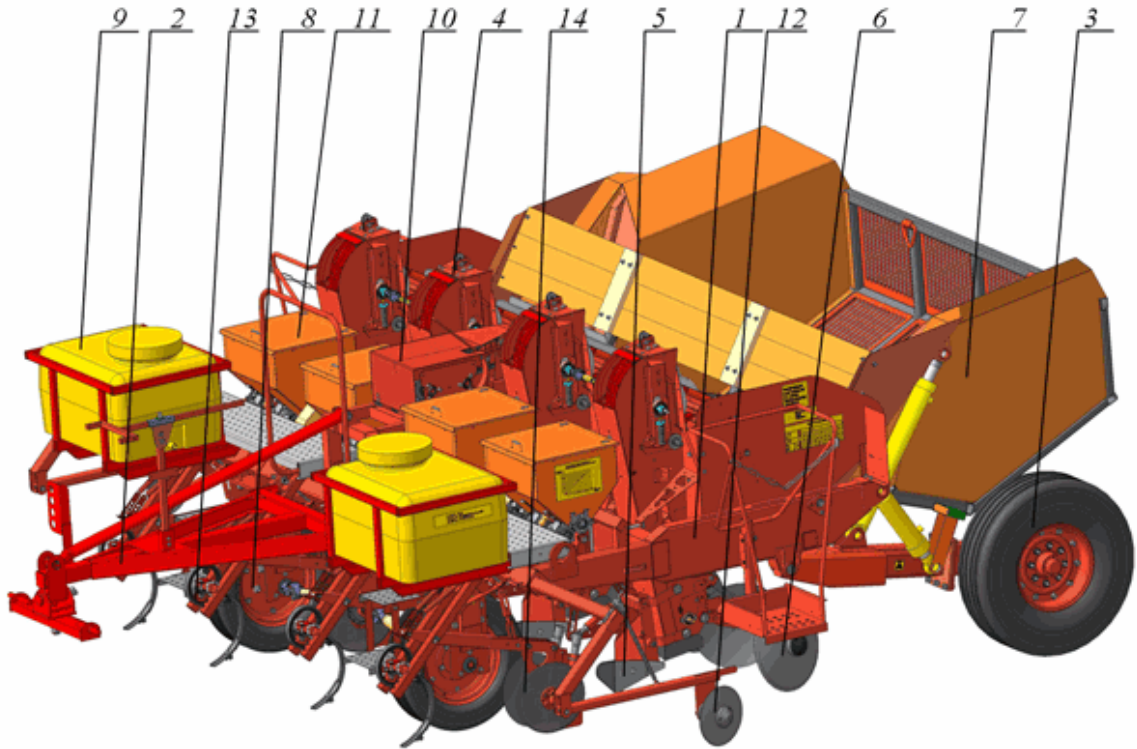


Рис. 1.2. Картоплесаджалка напівнавісна СК-4:

- 1 – рама; 2 – сниця з причіпним пристроєм; 3 – бункер для насіння;
 4 – висаджувальний апарат; 5 – сошник; 6 – бороздозакривачі; 7 – колісний хід;
 8 – передні ходові колеса; 9 – устаткування для протруювання картоплі; 10 – механізм приводу;
 11 – устаткування для внесення мінеральних добрив; 12 – маркери;
 13 – начіпка з культивуєчими лапами; 14 – сошник для внесення мінеральних добрив.

Картоплесаджалка складається з наступних складових частин: рами 1, сниці з причіпним пристроєм 2, бункерів для насіння 3, висаджуючих апаратів 4, сошників 5, бороздозакривачів 6, колісного ходу 7, передніх ходових коліс 8, устаткування для протруювання картоплі 9, механізму приводу 10, устаткування для внесення мінеральних добрив 11, маркерів 12, навішування з культивуєчими лапами 13, сошників для внесення мінеральних добрив 14 і світлосигнального устаткування.

Привід висаджуючих апаратів картоплесаджалки – від передніх опорних коліс. Переміщення бункера і підйом-опускання ходових коліс здійснюється гідроприводом з живленням від гідросистеми трактора.

Привід висаджуючих апаратів здійснюється від передніх опорних коліс.

Технічна характеристика картоплесаджалки СК-4 подана в табл. 1.3

Таблиця.1.3

Технічна характеристика картоплесаджалки СК-4

Найменування показника	Значення
Тип машини	напівнавісна
Транспортна швидкість, км/ч	15
Ширина міжрядь, см	70, 90
Продуктивність за 1 годину основного часу, га	
– на міжряддях 70 см	1,4–2,2
– на міжряддях 90 см	1,8–2,9
Витрата палива трактора при виконанні операції посадки картоплі, кг/га	
– на міжряддях 70 см	10,5
– на міжряддях 90 см	8,1
Обслуговуючий персонал, чіл.	1
Місткість бункера для картоплі, кг	2500
Маса машини конструкційна, кг	2900
Габаритні розміри, мм (довжина, ширина, висота)	5200, 4400, 2990
– в транспортному положенні, мм (довжина, ширина, висота)	4750, 4000, 3700
Густина посадки, тис. шт./га	37–70
Глибина посадки, см	5–15

Стрічковий висаджувальний апарат дозовано подає бульби з живильного бункера на ложечки і далі в сошник, за допомогою якого вони укладаються в ґрунт. Закривання бульб ґрунтом з утворенням гребеня проводиться борознозакривачами. При посадці бульб з одночасним протруюванням посадочний матеріал обробляється безпосередньо перед укладанням в землю

шляхом розпилювання протруюючого засобу двома форсунками, встановленими в нижній частині висаджуючого апарату.

При посадці картоплі з одночасним внесенням мінеральних добрив туки вносяться локально під формований гребінь по тукопроводу туковисіваючого апарату перед укладанням бульби.

При посадці картоплі без попередньої нарізки гребенів картоплесаджалка в агрегаті з трактором прямує по маркерах.

Форма і розмір посадочного матеріалу можуть бути різними. Щоб не допустити попадання в ложечки двох бульб, можна встановлювати стрічки з ложечками різних розмірів. Агрегатується з тракторами класу 1,4.

Машина не призначена для роботи в гірських районах.

Останнім часом у невеликих фермерських господарствах широко застосовують картоплесаджалку німецького виробництва «CRAMER».

Напівпричіпна чотирирядна картоплесаджалка «CRAMER» (рис. 1.3) розроблена для точної рядкової посадки непророщених бульб картоплі. Вона дозволяє завантажувати бульби безпосередньо з універсальних самоскидів та сільськогосподарських причепів без необхідності їх додаткового обладнання.



Рис. 1.3. Загальний вигляд картоплесаджалки «CRAMER»

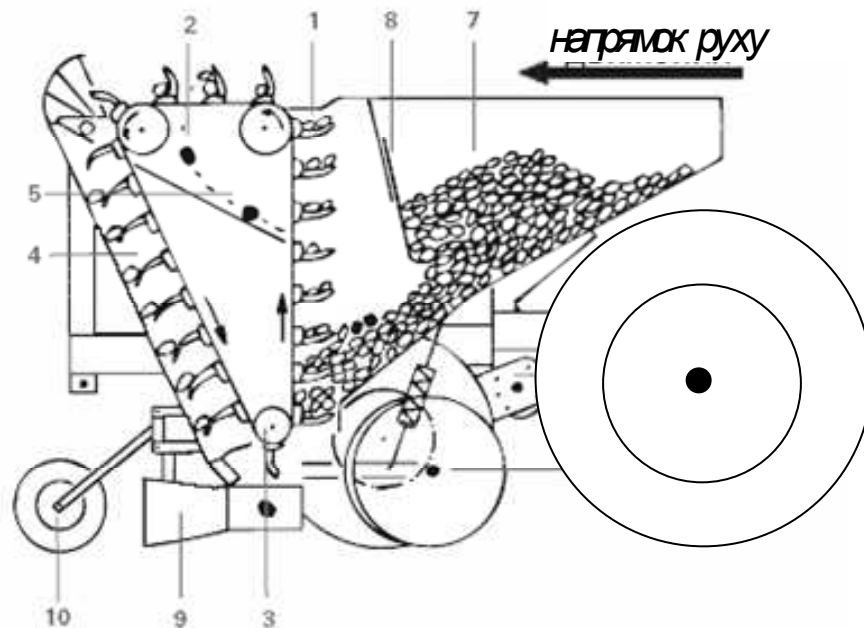


Рис. 1.4. Технологічна схема картоплесаджалки «CRAMER»

1 – чашечка на сталевому ланцюгу; 2 – відділяюча секція; 3 – привод ланцюга; 4 – нахилений висівачий канал; 5 – відокремлення «подвійної» картоплі; 6 – пристрій регулювання висоти; 7 – бункер; 8 – розсувна стінка; 9 - сошник на паралелограмному механізмі; 10 – колесо регулювання глибини закривання бульби; 11 – закривачі диски.

Картоплесаджалка оснащена висаджувальним апаратом чашково-елеваторного типу (див. рис. 1.4), який забезпечує не тільки точність посадки бульб, але й їх ефективне зберігання під час процесу.

Технічна характеристика картоплесаджалки «CRAMER»:

- Продуктивність 1,4-2,5 га/год.
- Робоча швидкість руху 5,0-9,0 км/год.
- Робоча ширина захвату 3.0 м.
- Ширина міжряддя 75см.
- Місткість бункера для картоплі 700 кг.

Картоплесаджалка має високу технологічність та надійність, низький відсоток пошкодження бульби, низький рівень енергоспоживання, повністю задовольняє вимоги невеликих фермерських господарств.

Конструкція картоплесаджалки «CRAMER» не передбачає можливості протруювання бульб прямо під час посадки, через що для боротьби зі шкідниками та хворобами насінневого матеріалу потрібно використовувати додаткове обладнання. Такий підхід вимагає додаткових витрат і часу на обробку картоплі перед її висаджуванням.

1.2. Агротехнічні вимоги до протруювання та висаджування картоплі

При висаджуванні картоплі необхідно дотримуватись прямолінійності рядків та задану ширину міжрядь. При ширині міжрядь 70 см відхилення ширини основних міжрядь не повинно перевищувати ± 2 см, а стикових ± 10 см.

Картоплесаджалка має забезпечувати гребеневе (у районах надмірного зволоження) і рівне (в засушливих районах) садіння. Бульби картоплі перед посадкою необхідно розсортувати на фракції масою 30...50, 50...80, 80... 100 г і висаджувати кожену фракцію роздільно. Крупні бульби масою більше 100 г ріжуть навпіл або застосовують змінні ложечки для їх посадки. Різані бульби повинні бути сухі. Паростки пророщених бульб не повинні перевищувати 20 мм. У посадочному матеріалі домішок і пошкоджених бульб повинно бути не більше 2 %. Схожість бульб повинна бути не менше 98 %.

Відхилення глибини посадки від нормальної на 5 см знижує урожай картоплі до 15%. Відповідно до цього до машин для посадки картоплі ставлять наступні вимоги.

При посадці бульб допускається відхилення фактичних значень від заданих: для норми посадки 10 %, глибини закладення бульб ± 4 см, норми внесення добрив $\pm 10\%$, ширина основних міжрядь ± 4 см, ширина стикових

міжрядь ± 5 см. При посадці середніх бульб допускається не більше 3 % пропусків.

Вершина (середня лінія) гребеня повинна співпадати з лінією рядка картоплі. Допустимі відхилення ± 2 см.

При посадці крупних і середніх бульб кількість пропусків не повинно перевищувати 1,5-2%, а наявність двох бульб в одному гнізді – 2%. При роботі з різними бульбами пропуски допускаються до 3% і гнізд з двома бульбами – до 10%. При посадці дрібних бульб гнізд з двома бульбами може бути до 15%, але без пропусків і збільшення їх розмірів.

В цілях збереження вологи в ґрунтах робочі органи картоплесаджалок не повинні витягувати на поверхню вологий горизонт ґрунту.

У районах з достатнім і надмірним зволоженням робочі органи повинні сприяти розпушуванню ґрунту і збереженню її структурного стану. Мінеральні добрива вносять пунктирно до двох рядка по обох сторонах гнізд на відстані 5-7 см від ряду і на 2-3 см глибше за закладення бульб.

Відхилення густини посадки допускається не більше 5%.

Посадка картоплі повинна бути рівномірною за всією площею і в рядках. Середнє відхилення рівномірності допускається не більше 10%.

Всі бульби повинні бути закладені на однакову глибину. Відхилення допускається не більш ± 2 см.

Огріхи на стиках, краях поля, поворотних смугах, а також в результаті забивання сошників і ложечок не допускається.

1.3. Способи та засоби нанесення захисних препаратів

Протруювання є важливою технологічною процедурою, яка включає обробку посівного і садильного матеріалу спеціалізованими препаратами. Ці препарати ефективні для знищення патогенів і шкідників, а також для запобігання поширенню різних рослинних захворювань протягом вегетаційного періоду.

Препарати для протруювання, залежно від їхнього призначення, поділяють на наступні категорії:

- **Фунгіциди** – для боротьби з грибковими інфекціями;
- **Бактерициди** – для боротьби з бактеріальними захворюваннями;
- **Інсектициди** – для захисту від шкідливих комах;
- **Комбіновані протруювачі** – що містять фунгіциди, бактерициди та інсектициди для комплексного захисту.

Протруювання насіння спрямоване на недопущення поширення захворювань через інфіковане насіння, значно знижує потребу в хімічних обробках посівів під час вегетації, зменшуючи тим самим забруднення ґрунтів пестицидами.

Для обробки насінної картоплі застосовують різні методи нанесення захисно-стимулюючих препаратів на поверхню бульб, включаючи занурення у препарат, обприскування, нанесення піни, а також опудрювання порошкоподібними засобами.

Метод занурення вирізняється своєю простотою, надійністю технологічного процесу та високою якістю покриття поверхні. Однак, цей метод має істотні недоліки, такі як необхідність миття насінних бульб, що призводить до накопичення великої кількості грязьового осаду з отрутохімікатами – до 2% від маси оброблених бульб. Це вимагає періодичного (3-4 рази за зміну) очищення машини від осаду, його безпечної утилізації та нейтралізації згідно з санітарними правилами зберігання, транспортування і

використання пестицидів у сільському господарстві. Також після обробки бульби стають перезволоженими, що потребує їх подальшої сушки для уникнення до 30% пропусків при висаджуванні картоплесаджалками. Отже, таку обробку слід проводити заздалегідь, щоб бульби встигли висохнути.

Значно менші питомі витрати робочої рідини та подібну ефективність обробки можна досягнути за допомогою методу обприскування. При цьому, чим менше розмір крапель робочої рідини, тим нижчі питомі витрати. Зменшення діаметра частинок збільшує площу покриття однією й тією ж кількістю препарату обернено пропорційно їх розміру, забезпечуючи тим самим більшу економію препарату.

Якісна обробка насінних бульб із застосуванням мінімальної кількості захисно-стимулюючих препаратів можлива за допомогою методу пінної обробки. Цей спосіб не тільки спрощує технічне виконання задачі, але й дозволяє повною мірою відповідати санітарно-гігієнічним стандартам, усуваючи потребу в герметизації машини та сушінні бульб після обробки.

Метод опудрювання бульб порошкоподібними препаратами, через відсутність дотримання санітарно-гігієнічних вимог, низьку якість та ефективність обробки, не застосовується на початковому етапі розробки процесу протруювання і використовується тепер лише в окремих випадках.

Протруювання насінної картоплі може відбуватися безпосередньо на картоплесаджалках під час посадки за допомогою спеціальних насадок, а у стаціонарних умовах - на механізованих картоплесортувальних пунктах чи пересувних установках.

Витрати на протруювання виправдовуються, коли використовується повна норма препарату, і при цьому важливо врахувати, що в стаціонарних умовах витрата робочої рідини знижується.

Один із методів збільшення врожайності картоплі полягає у використанні високоякісного насіння. Для цього насіння обробляється за інтенсивною технологією на стаціонарних картоплесортувальних пунктах

(СКСП), де проводиться обов'язкове протруювання бульб. Наприклад, такими пунктами можуть бути КСП-25 та КСП-50, які мають продуктивність 25 та 50 тонн на годину відповідно.

Ці сортувальні пункти оснащені спеціальними відділеннями для обробки насіння пестицидами та іншими препаратами, розташованими у відокремлених ізольованих приміщеннях із незалежним управлінням. Обробка насінного матеріалу рідкими пестицидами виконується за допомогою машин, таких як "ГУМОТОКС-С" угорського виробництва.

"ГУМОТОКС-С" – це спеціалізована машина, призначена для протруювання насінної картоплі. Вона складається (рис. 1.5) з бункера-накопичувача, на днищі якого знаходиться завантажувальний транспортер 1, аерозольної камери протруювання 2, розпилювача 3, валиків 4, вивантажного транспортера 5, бака для робочого розчину 6, насоса 7 та гідрокommунікацій 8.

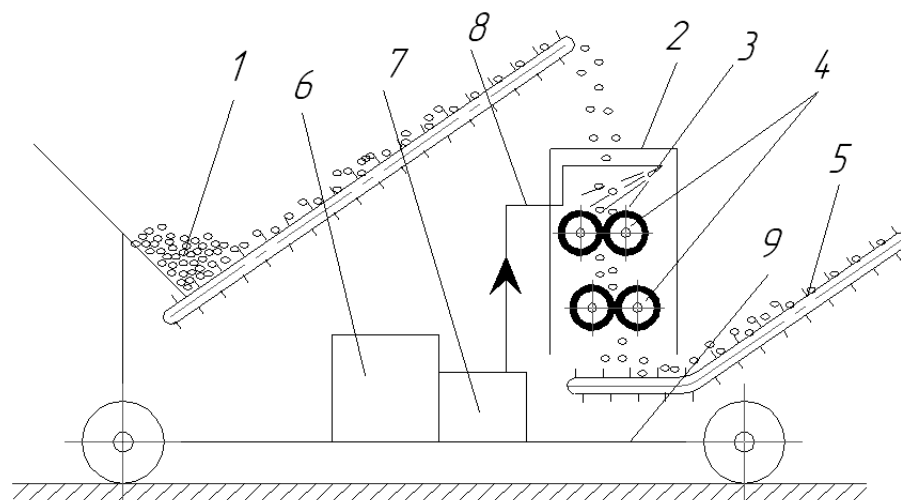


Рис. 1.5. Схема протруювача картоплі "ГУМОТОКС-С"

Всі компоненти цієї машини розміщені на мобільній платформі з двоосним колісним механізмом. Продуктивність машини протягом основного часу роботи становить 8-10 тонн за годину, при цьому витрати рідкого препарату коливаються від 2 до 5 літрів на тонну. Цей протруювач може ефективно функціонувати в комплексі з пунктом КСП-15Б, системою

транспортерів СТХ-30, завантажувачем ТЗК-30 та перебиральним столом. Також можливе його використання для осінньої обробки у складі лінії з приймальним бункером ПБ-15 від системи КСП-15Б і самого протруювача.

Протруювач має раму з розпилювачами, розташованими на вивантажному транспортері-живильнику. Підготовка та подача робочої рідини зазвичай здійснюється за допомогою наявного в господарстві обприскувача, до нагнітального штуцера якого під'єднується гнучкий рукав для транспортування рідини до розпилювачів. Продуктивність такого протруювача може досягати 1 т/хв, проте якість протруювання становить лише 50-60%. Враховуючи низьку якість обробки і великі витрати препарату, застосування такої конструкції допустиме лише в крайніх випадках.

Зазначається, що в господарствах, де відсутні або вийшли з ладу спеціалізовані машини для протруювання насінної картоплі, часто встановлюють самостійні протруювачі.

Прикладом такого протруювача може бути установка ПУМ-30 МК, на якій проводиться боротьба з грибковими хворобами (ризоктониоз, фомоз, парша срібляста, фітофтороз і ін.), а також з хворобами що виникають в результаті механічних пошкоджень, отриманих при механізованій посадці, транспортуванні, прибиранні, вивантаженні і завантаженні бульб.

Установка монтується на картоплесортувальному пункті КСП-25 (рис. 1.6, а) або транспортері-завантажувачі картоплі ТЗК-30 (рис. 1.6, б).

Весняне і осіннє протруювання бульб хімічними і біологічними препаратами за допомогою установки ПУМ-30МК значно збільшує число рослин при сходах картоплі і істотно знижує поширеність гнилизни бульб, природний спад і кількість технічних відходів при зберіганні, а також сприяє подальшому підвищенню врожайності.

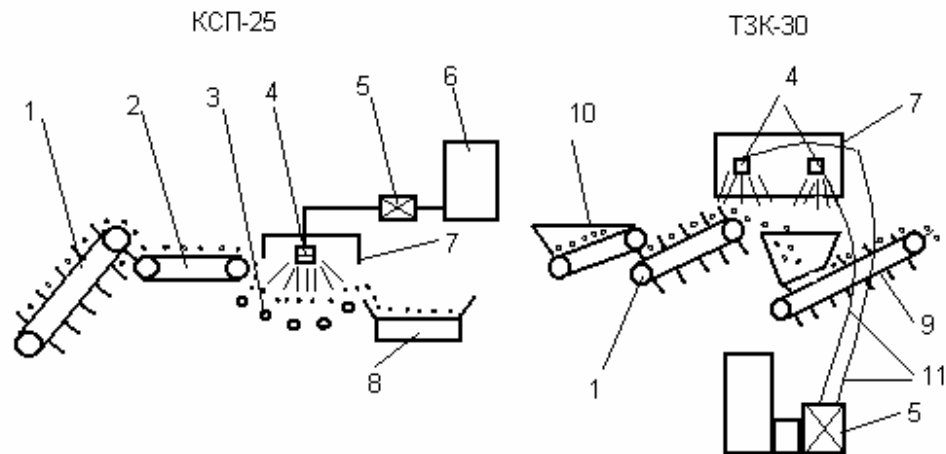


Рис. 1.6. Технологічна схема обробки бульб із застосуванням ПУМ-30 МК:

- 1 - завантажувальний транспортер; 2 - подаючий транспортер; 3 - роликівна поверхня;
 4 - розпилювачі; 5 - насос; 6 - бак для розчину; 7 - кожух; 8 - відвідний транспортер;
 9 - стріла; 10 - бункер; 11 - штанги.

Осіньне протруєння з використанням установки для обприскування бульб забезпечує покриття поверхні бульб до 81% (ТЗК-30) і до 94,6% (КСП-25).

Існують пересувні протруювачі (рис. 1.7), призначені для обробки картоплі захисними і захисно-стимулюючими речовинами перед посадкою або закладкою на зберігання. Протруювачі можуть вбудовуватися в будь-які технологічні лінії обробки картоплі.



а)



б)

Рис. 1.7. Самохідні протруювачі:

- а – протруювач насінної картоплі ПСК-20.
 б – протруювач картоплі малооб'ємний ПКМ-15;

Пересувний протруювач насінної картоплі ПСК-20, який виготовляє ВАТ «Львівхімсільмаш», включає в себе камеру протруювання та станцію для забезпечення цього процесу, обидві змонтовані на одновісному причепі. Камера протруювання встановлена на кінці вивантажного транспортера-завантажувача ТЗК-30А і містить в собі похилий стрічковий транспортер та пристрій для розпилення робочої рідини.

Станція, яка забезпечує протруювання, складається з бака-змішувача, оснащеного системами для дозування і контролю витрати робочої рідини, насосної установки для заповнення бака водою, а також комунікацій, які забезпечують подачу рідини до камери, очищення забрудненого повітря та промивку гідрокомунікацій. Бульби спочатку завантажуються в приймальний бункер ТЗК-30А, а потім через підйомний та вивантажний транспортери потрапляють до камери протруювання. Движення стрічки транспортера сприяє рівномірному розпиленню рідини на бульби, які обертаються і проходять через зону факела розпорошеної рідини. Рідина, що залишається на стрічці, знімається щіткою і повторно подається на бульби. Продуктивність протруювача ПСК-20 становить не менше 20 тонн на годину з дозуванням робочої рідини 5-10 літрів на тонну і досягає 90% покриття поверхні бульб.

Протруювач картоплі малооб'ємний ПКМ-15 (рис. 1.7, б) має схожий принцип дії, забезпечує продуктивність 15 т за 1 годину змінного часу, дозовану подачу протруювача (отрутохімікату) 40-500 мл/хв. (0,16-2,0 л/т). Повнота покриття поверхні бульб – 95...100%. Пошкодження бульб в процесі обробки – не більше 2%. Маса 450 кг.

Існують ультрамалооб'ємні портативні протруювачі (рис. 1.8), призначені для передпосівної і післяжнивної обробки насінної картоплі захисно-стимулюючими препаратами.

Ультрамалооб'ємний переносний протруювач УМОП-20 (рис. 1.7, а) Складається з бака, насосного блоку з пультом управління насосом і розпилювачами, рамки з розпилювачами.



а)



б)

Рис. 1.8. Ультрамалооб'ємний протруювач УМОП-20 (а) та НВУ-10 (б)

З бака суспензія подається насосом на трійник, який розподіляє рідину на дозуючий кульковий кран і кран зворотного зливу. Встановлена доза препарату подається через розпилювачі на бульби картоплі. Кран зворотного зливу необхідний для створення тиску в шлангах розпилювачів і для перемішування суспензії в баку. Втрати при зберіганні картоплі не перевищують 5-6%; передпосадкова обробка знижує рівень хвороб в 1,5 – 2,0 рази.

Аналізуючи технічні засоби для протруювання насінневої картоплі, які пропонує промисловість, можна дійти висновку, що для малих фермерських господарств часто не є економічно вигідним придбання стаціонарного обладнання для цієї мети. Доцільнішим буде дообладнання картоплесаджалки портативним протруювачем.

1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Залежно від кліматичних умов, інцидентність зараження картоплі різними хворобами на етапах проростання та раннього розвитку може досягати 50%, що спонукає до здійснення додаткових заходів для боротьби з ними. Ефективність боротьби з ґрунтовими шкідниками часто залишається низькою,

особливо у випадках, коли ураження дротянкою на деяких полях може сягати до 60%, що становить від 10 до 25% загального обсягу продукції. Передпосівне протруювання та обробка насінневого матеріалу перед зберіганням використовуються для підвищення якості врожаю та зниження виробничих витрат.

Аналізуючи існуючі технології виробництва картоплі, стає зрозуміло, що процес протруювання насінневого матеріалу можливий як у стаціонарних умовах, так і під час посадки в полі за допомогою обладнання, встановленого на картопляній саджалці. Протруювання насіння в сошниках має переваги перед стаціонарною обробкою, включаючи обробку не тільки бульб, але й насінневого ложа, дозволяючи боротися з ґрунтовими шкідниками. Проте, цей метод має економічні та технологічні недоліки, такі як витрати на транспортування хімікатів, підготовку розчинів і, через технологічні обмеження, часто не забезпечує необхідного 80-90% покриття поверхні бульб препаратом.

Зважаючи на порівняльну оцінку, стаціонарне протруювання насінневої картоплі є економічно більш вигідним і технологічно адекватним, але не можна повністю відмовитись від протруювання в сошниках, оскільки не існує альтернативи для боротьби з ґрунтовими шкідниками в стаціонарних умовах. Загальний відсоток полів, уражених дротянкою, становить приблизно 20% від усієї площі вирощування картоплі.

У зв'язку з цим у дипломному проєкті ставиться завдання розробити конструкцію картоплесаджалки, яка обладнана засобами для протруювання картоплі в сошниках з одночасною обробкою ґрунтового ложа, що дозволить ефективно захистити картоплю від шкідників, що живуть у ґрунті.

2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕСАДЖАЛКИ З ПРОТРУЮВАЧЕМ

2.1. Розрахунок технологічних параметрів картоплесаджалки

Максимальна швидкість садильного агрегату пов'язана з частотою винесення бульб вичерпувальним апаратом. Картоплесаджалка «MARATHON КОМПАКТ» виробництва німецької фірми «CRAMER» має ширину міжряддя 75 см і експлуатується при швидкості агрегату $V_M = 1,5$ м/с = 5,4 км/год.

Продуктивність картоплесаджалки можна визначити за формулою

$$W_{\text{год}} = B \cdot V_M \frac{3600}{10^4}, \quad (2.1)$$

де B – ширина захвату картоплесаджалки, м.

Максимальна продуктивність чотирирядкової картоплесаджалки з шириною міжряддя $B=750$ мм:

$$W_{\text{год}} = 0.75 \cdot 1.5 \frac{3600}{10^4} \approx 1.6 \text{ га/год.}$$

Кількість коренеплодів, висаджена на 1 га при кроці висадки 350 мм:

$$N = \frac{10000}{l_c \cdot b} = \frac{10000}{0.350 \cdot 0.750} \approx 3800 \text{ шт.},$$

або в кілограмах, при середній масі картоплини $m_k=70$ г.:

$$N \cdot m_k = 3800 \cdot 0.07 \approx 2660 \text{ кг.}$$

Об'єм насіннєвого матеріалу, необхідного для засаджування 1 га (при густині картоплини $\rho=650 \text{ кг/м}^3$):

$$\frac{N \cdot m_k}{\rho} = \frac{2660 \cdot 0.07}{650} \approx 4 \text{ м}^3.$$

Об'єм бункера картоплесаджалки в м^3 при місткості в 700кг:

$$V_{\text{бунк}} = \frac{700}{\rho} = \frac{700}{650} \approx 1 \text{ м}^3.$$

Кількість заправок бункера при засаджуванні 1 га

$$\frac{N \cdot m_k}{\rho} \cdot \frac{1}{V_{\text{бунк}}} = \frac{2660 \cdot 0.07}{650} \cdot \frac{1}{1} \approx 4.$$

Насіннєвого матеріалу з одного бункера вистачить на довжину

$$L = \frac{V_{\text{бунк}} \cdot \rho \cdot k_{\text{бунк}}}{m_k} \cdot l_c = \frac{1 \cdot 650 \cdot 0.9}{0.07} \cdot 0.35 \approx 3000 \text{ м.}$$

При човниковому способі руху оптимальна довжина гону

$$L_{\Gamma} = \frac{L}{2} = \frac{3000}{2} \approx 1500 \text{ м.}$$

2.2. Обґрунтування устаткування для дообладнання картоплесаджалки протруювачем

Протруювання посадкового матеріалу за допомогою фунгіцидів чи біологічних препаратів є важливим агротехнічним заходом, який, перш за все, спрямований проти грибка *Rhizoctonia solani*. Цей патоген є основним збудником хвороб бульб, стонів та паростків картоплі, який найчастіше зустрічається на важких, багатих на органічні речовини та погано аерованих ґрунтах. Цей грибок не тільки знижує врожайність, але й погіршує товарні якості столової картоплі.

Для дообладнання картоплесаджалки протруювачем вибираємо наступне устаткування (рис. 2.1): резервуар 1 з гідро змішувачем 2, фільтр 4, регулятор-розподільник 6, колектор 9 з розпилювачами 8 та гідронасос 5, який буде розташований на тракторі. Привод гідронасоса – від валу відбору потужності (ВВП) 3 трактора.

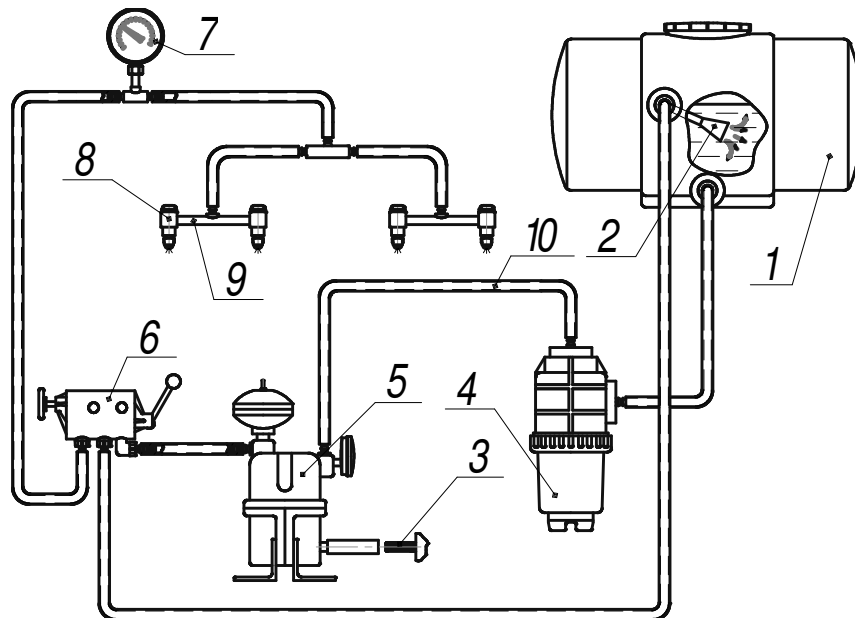


Рис. 2.1. Устаткування для дообладнання картоплесаджалки протруювачем:
1 – резервуар для робочої рідини; 2 – гідравлічний змішувач; 3 – ВВП трактора;
4 – фільтр; 5 – насос; 6 – пульт керування; 7 – манометр; 8 – комбінована розпилююча головка; 9 – колектор; 10 – гідравлічна лінія.

З ємкості 1 робоча рідина спочатку потрапляє в фільтр 4 для очищення, а потім - до насоса 5. Від насоса рідина направляється до пульта управління 6, оснащеного редуційним, дросельним та відсічним клапанами. Пульт управління має один вхідний і два вихідних патрубки до штанг, додатковий вихідний патрубок для гідрозмішувача та штуцер для підключення манометра 7.

Все обладнання з'єднується за допомогою ПВХ рукавів 10, щільно фіксованих хомутами. Для захисту обертових частин приводу гідронасоса використовується захисний кожух з листової сталі товщиною 2 мм. Кожух створено на основі штатного захисту валу відбору потужності трактора, але має збільшені розміри та довжину.

Резервуар оснащений штатними кріпленнями, до яких додатково монтується кронштейн для кріплення регулятора-розподільника і фільтра. На рамі картоплесаджалки додатково монтується платформа для установки ємкості методом електрозварювання; при цьому сам резервуар зі стандартним кріпленням може бути легко демонтований за необхідності.

Конструкція кріплення колекторів з розпилювачами дозволяє регулювати кут розпилення факелу уздовж осі руху агрегату. На кожні два висаджувальні апарати передбачений один колектор з двома розпилювальними головками і центрально розташованим штуцером для підключення напірної гідролінії з ПВХ рукава. На робочому місці оператора картоплесаджалки встановлюється кнопка для ініціації звукового сигналу або тривоги.

Основні елементи та деталі взяті зі стандартного обладнання обприскувача, а конструкція кронштейна для кріплення гідронасоса розроблена так, щоб бути легкознімною для швидкого агрегування саджалки з іншим трактором у разі поломки основного трактора.

2.3. Обґрунтування вибору розпилювача

Розпилюючі наконечники, також відомі як форсунки, формують струмінь рідини у вигляді конуса, віяла або суцільної плівки, і є критичними елементами систем, від правильного вибору яких залежить однорідність застосування препарату. Так, для забезпечення ефективного вибору форсунок, потрібно проаналізувати існуючі типи цих пристроїв.

Форсунки встановлюються на колекторах розподільних систем, куди насос подає робочу рідину. В колекторах є отвори, через які рідина потрапляє до порожнини розпилюючої головки, що прикріплена до колектора. Головки мають вставки з отворами для розпилення рідини.

Залежно від конструкції вставок і принципу дії, розрізняють такі типи форсунок: польові, відцентрові, щілинні, дефлекторні, ежекційні, відцентрово-дискові та дискові з електрзарядкою крапель.

Польовий розпилювач має пластмасовий ковпачок з вихідним отвором і серцевину з гвинтовою канавкою, створюючи струмінь розпорошеного хімікату на відстань 1-2 метри. Вони дозволяють тонке розпилення рідини, що є ідеальним для обприскування рослин концентрованими розчинами.

Відцентровий (вихровий) розпилювач має камеру завихрення і вкладиш з круглим отвором. Рідина, проходячи через камеру, закручується і виходить через отвір у формі порожнього конічного факела з кутом 60-90°, забезпечуючи тонке розпилення.

Щілинний розпилювач має вкладиш, отвір якого виконаний у формі вузької щілини, що розширюється до виходу. Під тиском рідина розпилюється, формуючи плоский факел у вигляді віяла з кутом 80-120°. Щілинні форсунки забезпечують грубу дисперсію (300 мкм), але високу рівномірність за шириною захвату

Дефлекторний розпилювач оснащений вкладишем, на кінці якого розташований випускний отвір, пов'язаний з осьовим каналом. Такі

розпилювачі виробляють крупні краплі розміром від 250 до 400 мкм і використовуються на штангових обприскувачах для внесення суспензій великих доз.

Ежекційний розпилювач складається з корпусу, ковпачка та вкладиша. В корпусі присутні осьові та радіальні канали, що комунікують з атмосферою через отвори у ковпачку. Рідина, просуваючись з великою швидкістю через осьовий канал, створює розрідження, що сприяє засмоктуванню повітря і формуванню рідинно-повітряної суміші.

Відцентрово-дисківий розпилювач має обертову головку з однією або кількома парами дисків, що застосовуються в обприскувачах з низьким і дуже низьким об'ємом, забезпечуючи внесення рідких хімікатів у дозах від 1 до 100 л/га.

Дисківий розпилювач з електрзарядкою крапель має розпилюючий конусний диск та індукуючий диск-електрод, підключений до джерела високої напруги. Це забезпечує зарядження частинок, які менше піддаються впливу вітру.

Згідно з рекомендаціями, норма внесення рідини при протруюванні дна борозни картоплі становить 0,5 кг/га, а витрата робочої рідини - 80 л/га. Після аналізу наявних розпилювачів, щільні розпилювачі з кутом розпилювання від 80 до 120° виявилися найбільш підходящими для технологічних вимог, забезпечуючи грубу дисперсію (300 мкм) і високу рівномірність розпилювання по ширині захвату. Ці розпилювачі мають високий ступінь надійності і вже використовуються в багатьох господарствах, що забезпечує їх доступність і практичність використання.

2.4. Обґрунтування розташування і кута нахилу розпилювача

Обраний щілинний розпилювач формує струмінь у формі віяла, а зона, де краплі долітають, має форму витягнутого еліпса. Для забезпечення адекватного покриття дна борозни та бульб, необхідно виконати розрахунок площі, яку охоплюють краплі, аби переконатися, що препарат розподіляється рівномірно.

Для обраного розпилювача, який має кут розпилення від 80 до 120 градусів, використовуємо середнє значення 100 градусів. Потрібно встановити висоту монтажу форсунки так, щоб забезпечити мінімальну ширину захвату в 120 мм (рис. 2.2).

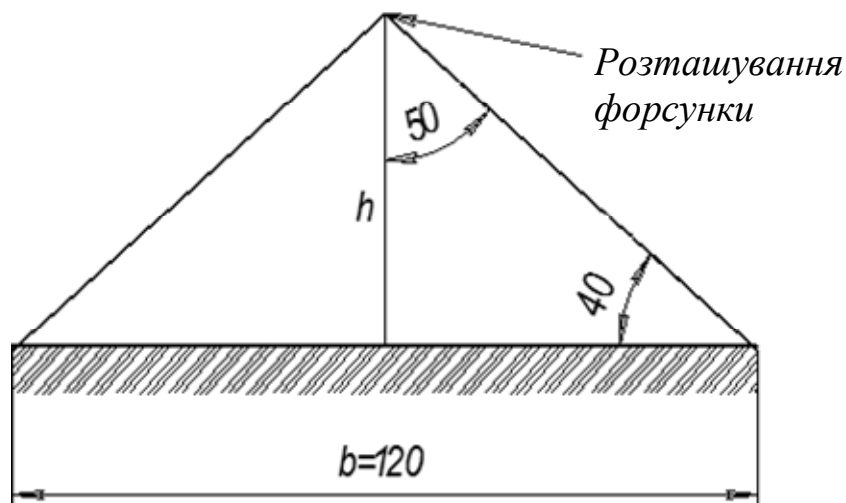


Рис. 2.2. Схема для визначення висоти розташування розпилювача

Висота розміщення розпилювача над дном борозни становитиме:

$$h = 60 \cdot \operatorname{tg} 40 = 50 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

Отже, висота установки розпилювача над дном борозни має становити не менше 50 мм та не більше 100 мм. З урахуванням конструктивних особливостей картоплесаджалки, приймаємо висоту в 80 мм. Зона падіння крапель формуватиме гострий еліпс. (рис. 2.3)

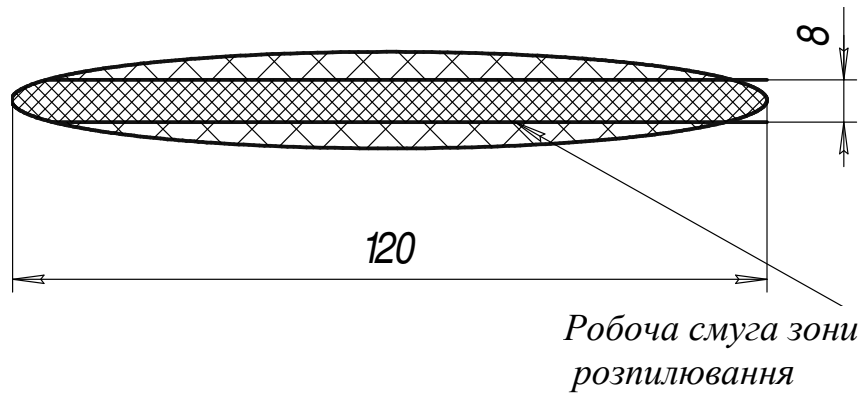


Рис. 2.3. Форма робочої зони протруювання

При даній схемі розпилювання і встановлення розпилювача забезпечуються оптимальні умови для обробки дна борозни і навколобульбового простору після закривання ґрунтом, що забезпечує ефективний захист насінного матеріалу від дротяниці.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок трубопроводів гідролінії

Продуктивність картоплесаджалки становить $S=1,6$ га/год (див. п. 2.1). Витрата хімпрепарату для протруювання картоплі становить 80 л/га. (п. 2.2), отже, за годину основного часу картоплесаджалкою буде витрачено 128 л хімпрепарату. Хвилинна витрата препарату при цьому становитиме

$$128/60 \approx 2 \text{ л/хв або } 33,3 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Розподіл рідини виконується чотирма розпилювачами, тому кожна форсунка має забезпечувати витрату 0,5 л/хв. Відповідно до табличних даних, для цієї задачі підходить щілинний розпилювач оранжевого кольору, що працює при витраті рідини 0,5 л/хв та тиску 0,5 МПа.

Протягом однієї зміни, що складає сім годин чистого робочого часу, необхідно використати приблизно 900 літрів суспензії препарату. З метою компактності та легкості транспортування, планується застосування резервуару обприскувача об'ємом 300 л, що вимагає тричі заправлятися протягом дня.

Щоб забезпечити однорідність суміші з нерівномірністю не більше 2%, необхідно використати гідрозмішувач із коефіцієнтом циркуляції не менше 0,04. Для резервуару об'ємом 300 л рекомендується гідрозмішувач з продуктивністю 15 л/хв. Відтак, коефіцієнт циркуляції розраховується як:

$$I=Q_m / V_p=0,05, \quad (3.1)$$

де $Q_m=15$ л/хв – загальна продуктивність гідравлічного змішувача;

$V_p = 300$ л. – об'єм бака для хімпрепарату.

Необхідну продуктивність гідравлічного насоса визначаємо як:

$$Q= Q_m+q= 350 \text{ см}^3/\text{с}, \quad (3.2)$$

де $q=q_{\phi} + q_3 = 6$ л/хв – витрата форсунки $q_{\phi} = 2$ л/хв з урахуванням підвищення на використання іншого типорозміру розпилювача $q_3 = 4$ л/хв.

В гідравлічній системі присутня всмоктуюча гідролінія, яка веде від резервуару до насоса, а також дві нагнітально-зливні лінії. Виходячи з припустимих швидкостей руху рідини, швидкість у всмоктуючій лінії прийнята на рівні 1,5 м/с, а в нагнітально-зливних – 3 м/с. На основі цих даних проводиться розрахунок внутрішніх діаметрів труб гідроліній:

$$d_{вс.р} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_{вс}}{V_{вс.д}}} = 17,26 \text{ мм},$$

де $Q_{вс} = Q = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ – необхідна величина подачі насоса.

$V_{вс.д} = 1,5 \text{ м/с}$ – допустима швидкість всмоктування у вхідній магістралі.

$$d_{н.р} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_n}{V_{н.д}}} = 12 \text{ мм};$$

де $Q_n = Q_{вс} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ – потрібна подача насоса,

$V_{н.д} = 3 \text{ м/с}$ – допустима швидкість рідини в напірній магістралі.

Визначаємо діаметр всмоктуючої гідролінії як $d_{вс.р} = 32$ мм та діаметр нагнітальної лінії як $d_{н.р} = 12$ мм. Вибір діаметра всмоктуючої гідролінії базується на умовах діаметрів з'єднувальних патрубків насоса, фільтра, і резервуару, а також на потребі мінімізувати втрати тиску в системі.

Розраховуємо втрати тиску в гідросистемі вздовж трубопроводу. Згідно з табл. 2 [18], для шлангів з ПВХ при витраті 21,43 літрів на хвилину та довжині всмоктуючого трубопроводу 2 метри з діаметром 32 мм, втрати тиску складають $\Delta P_{вс} = 0,0059$ МПа. Для нагнітального трубопроводу з довжиною 3,7 метра та діаметром 12 мм втрати тиску становитимуть $\Delta P_n = 0,0137$ МПа.

Місцеві втрати тиску визначаємо як 20% від загальних втрат по довжині трубопроводу. Це значить, що вони будуть складати:

- для всмоктуючого трубопроводу: 20% від 0,0059 МПа, що становить приблизно 0,00118 МПа.
- для нагнітального трубопроводу: 20% від 0,0137 МПа, що дорівнює приблизно 0,00274 МПа.

Ці місцеві втрати тиску враховують опір, що виникає в результаті проходження рідини через фітинги, клапани, згини та інші компоненти системи, які можуть створювати додатковий обтічний опір.

Згідно з паспортними даними компонентів конструкційного вузла, визначаємо втрати тиску наступним чином: на фільтрі втрати тиску становлять $\Delta P_f = 0,035$ МПа; на регуляторі-розподільнику втрати тиску складають $\Delta P_r = 0,021$ МПа; на гідрозмішувачі втрати тиску дорівнюють $\Delta P_g = 0,016$ МПа.

Ці значення відображають тиск, який втрачається через окремі елементи гідравлічної системи під час її експлуатації.

Загальні втрати тиску в гідросистемі визначаємо як суму втрат:

$$\sum \Delta P = \Delta P_{вс.} + \Delta P_{н.} + \Delta P_{м.} + \Delta P_{ф.} + \Delta P_{р.} + \Delta P_{г.} \approx 0,1 \text{ МПа}, \quad (3.3)$$

3.2. Вибір гідронасоса

У зв'язку з багатофункціональним використанням технологічного устаткування, яке передбачає не лише протруювання насінної картоплі перед посадкою, але й обробку стимуляторами росту та підготовку картоплі до зберігання, норма витрати бакової суміші може бути різною. Тому фактична продуктивність насоса приймається на 30% вище розрахункової, щоб забезпечити достатній запас потужності для адаптації до різних умов експлуатації, тобто складатиме $Q_{расч.} = 30\% Q_{ф} + Q_{ф} = 30$ л/хв.

Вибираємо діафрагмовий насос фірми Hardi, який найбільше відповідає встановленим технологічним вимогам (див. дод. А).

Таблиця 2.1

Технічна характеристика насоса

п, об/хв	Витрати рідини, л/хв	Тиск, МПа	Потужність, N кВт
540	42	0	0,3
540	30	1	0,9
max 800	–	max 1,5	–

Цей насос, розрахований на роботу з частотою обертів $n=540$ об/хв, споживає потужність $N=0,9$ кВт. Він входить у склад рідинної системи обприскувачів Hardi і використовує потужний діафрагмовий насос з консистентним змащенням. Діафрагми ефективно ізолюють рідину від критичних компонентів насоса, таких як підшипники та колінчастий вал, що забезпечує його надійність та тривалий термін служби.

Основні переваги насосів Hardi:

- Самовсмоктування, що дозволяє їм ефективно працювати навіть при низькому рівні рідини;
- Здатність працювати на сухому ході без ризику пошкодження;
- Простота у обслуговуванні завдяки конструкції і матеріалам;
- Надійне змащення підшипників на валу, що знижує знос.

Оскільки насос виготовлено за імпорнтними стандартами і призначений для роботи від валу відбору потужності (ВОМ) трактора, для використання на тракторах вітчизняного виробництва потрібно розробити спеціалізований кронштейн для його кріплення. Це вимагає індивідуального підходу до дизайну та монтажу, щоб забезпечити сумісність та оптимальну роботу обладнання.

3.3. Проектування кронштейна кріплення гідронасоса

Для монтажу гідронасоса на тракторі проектуємо монтажний кронштейн, який складається з основи 1, плити 2 та боковин 3 (рис. 3.1), виготовлених з листового матеріалу товщиною 10 мм. Модель створена за допомогою системи твердотільного моделювання Компас-3D.

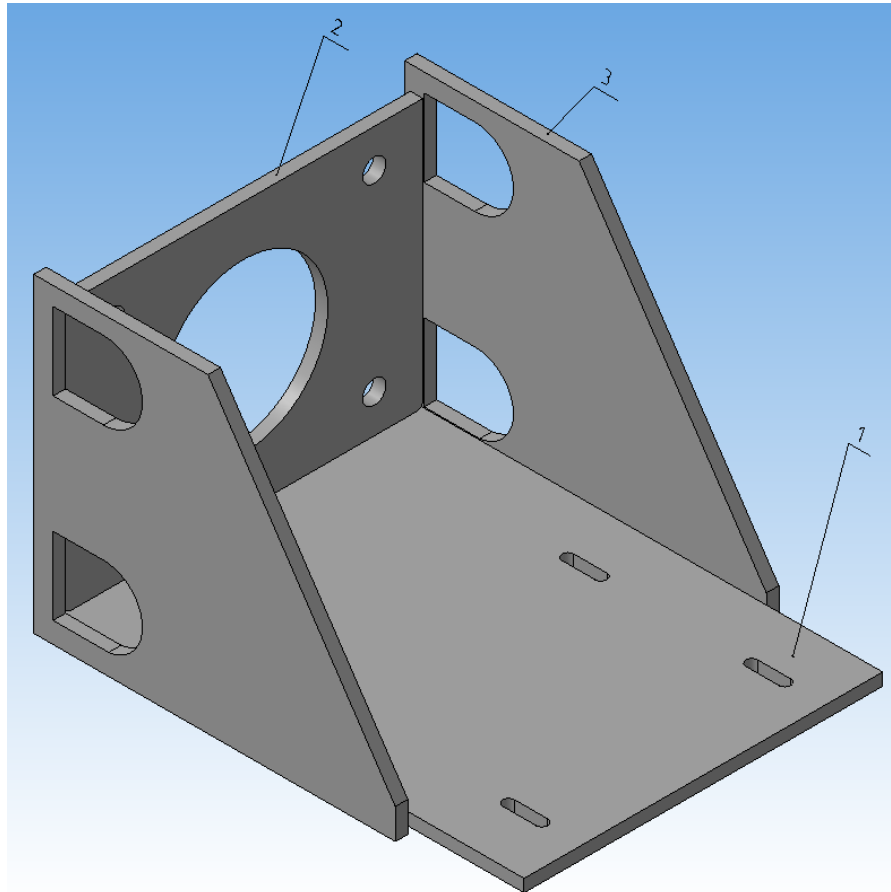


Рис. 3.1. Твердотільна модель кронштейна кріплення гідронасоса

За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо аналіз напружено – деформованого стану кронштейна.

Для цього завантажуюємо 3D-модель кронштейна у систему інженерного аналізу та створюємо скінченоеlementну сітку (рис. 3.2).

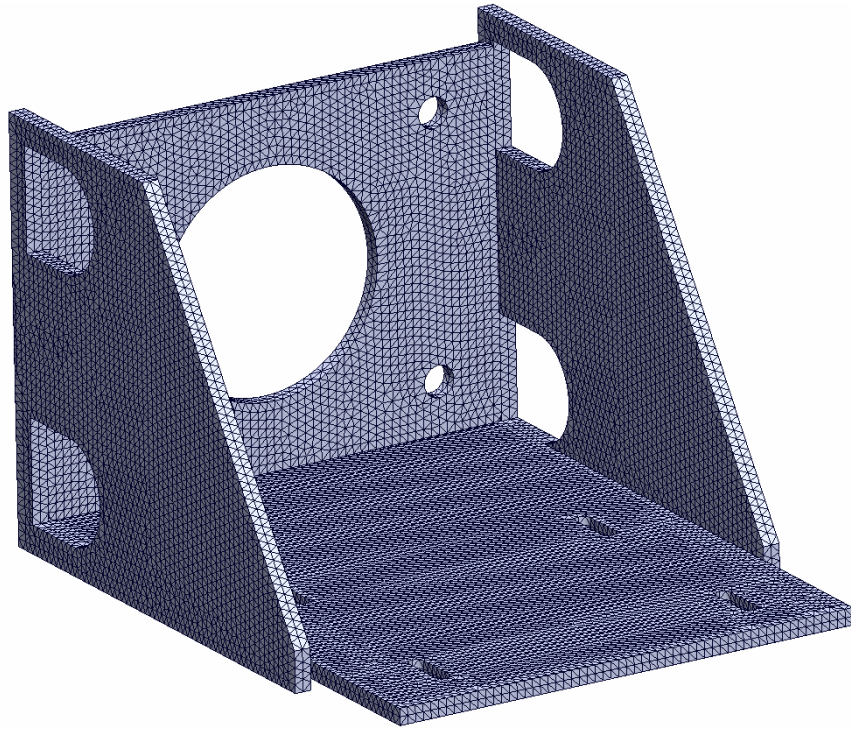


Рис. 3.2. Сітка скінчених елементів

Задаємо умови закріплення кронштейна (рис. 3.3). Оскільки кронштейн нерухомо кріпиться до рами трактора за допомогою болтів, то задаємо умови заземлення на отворах плити (зелені стрілочки).

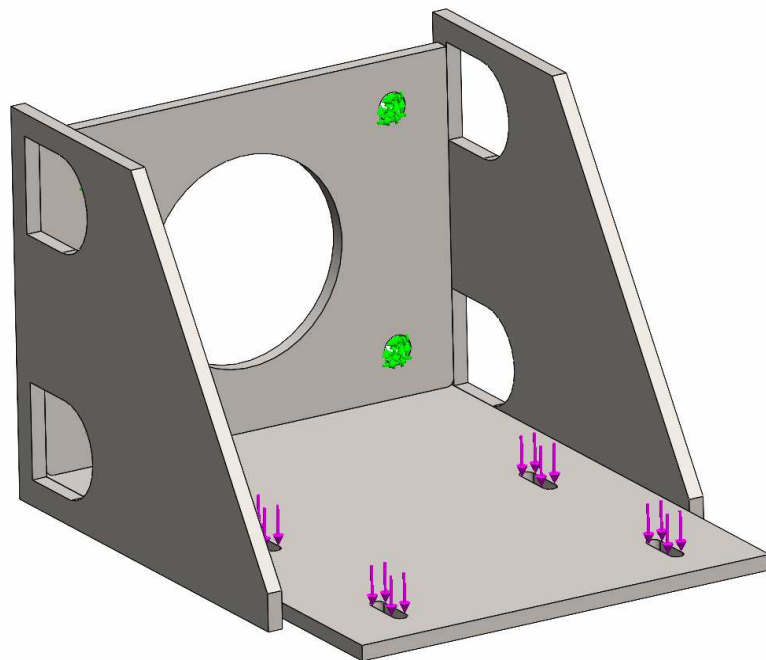


Рис. 3.3. Умови закріплення кронштейна гідронасоса

Задаємо зовнішнє навантаження, яке діє на кронштейн (рис. 3.4). Для цього на кріпильних отворах основи задаємо розосереджене зусилля 120Н, величина якого визначається вагою гідронасоса (≈ 12 кг).

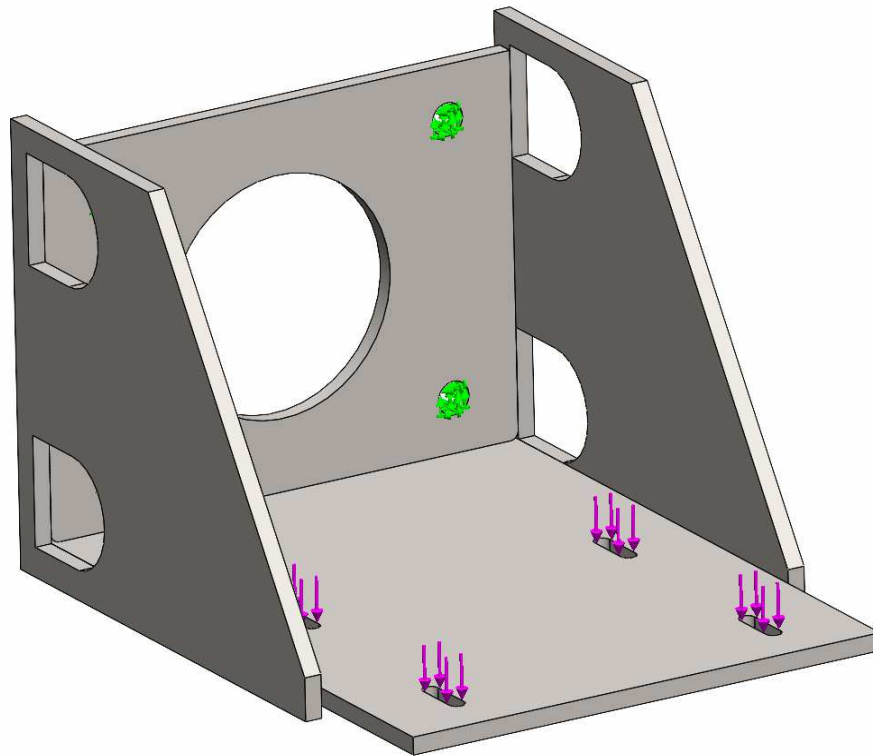
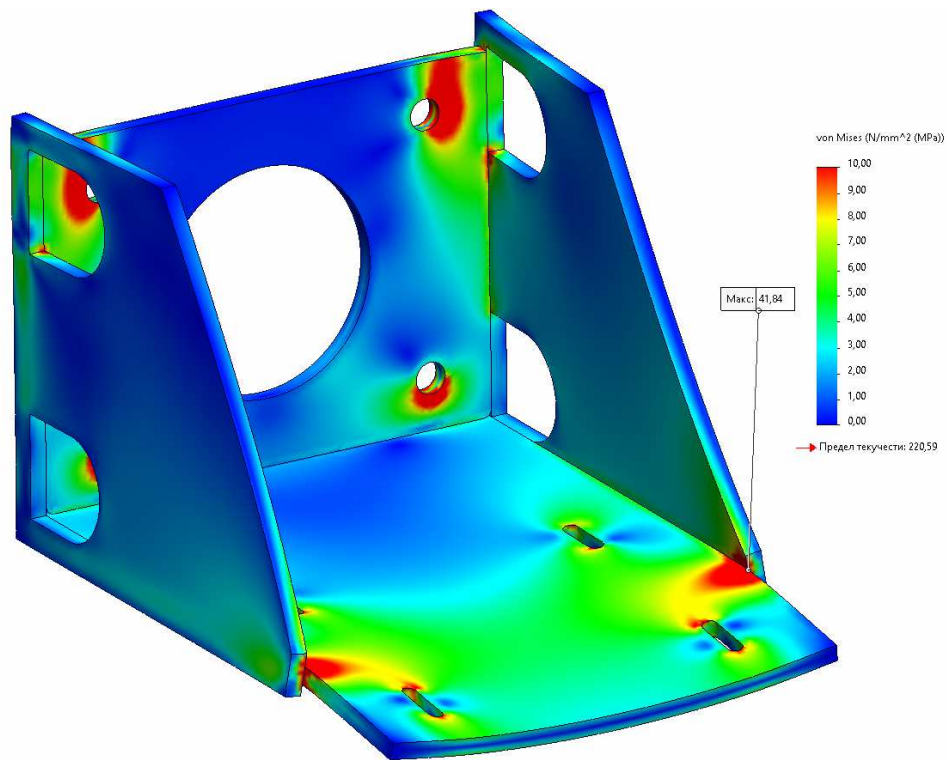


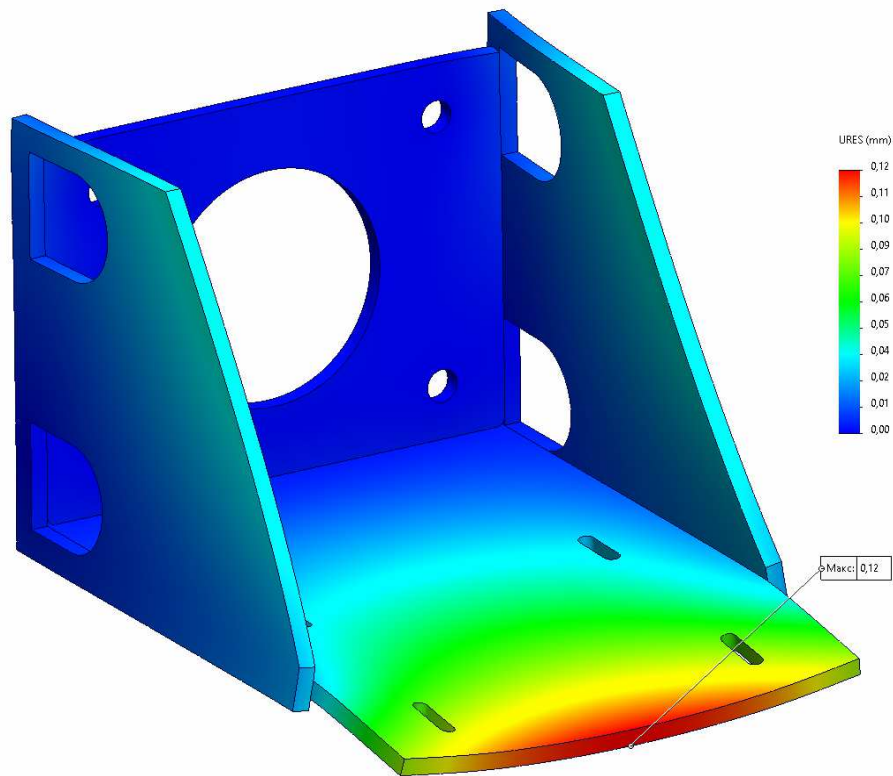
Рис. 3.4. Умови навантаження кронштейна гідронасоса

Результати розрахунку напружено-деформованого стану кронштейна, здійсненого за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks, представлені на рис. 3.5.

Ці результати демонструють, як кронштейн реагує на механічні навантаження, і дозволяють визначити області максимальних напружень та деформацій. Аналіз також надає важливу інформацію про потенційні точки втоми або зламу в конструкції, допомагаючи інженерам оптимізувати дизайн для підвищення надійності та безпеки використання.



а)



б)

Рис. 3.5. Результати розрахунку кронштейна:
а - напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса); б - переміщення, мм.

Максимальні напруження в кронштейні спостерігаються в місці з'єднання основи з плитою. Їх величина становить $\sigma \approx 42$ МПа.

Максимальне переміщення крайньої точки кронштейна становить 0,6 мм.

Проведемо аналіз запасу міцності кронштейна. Мозаїка розподілу запасу міцності показана на рис. 3.6.

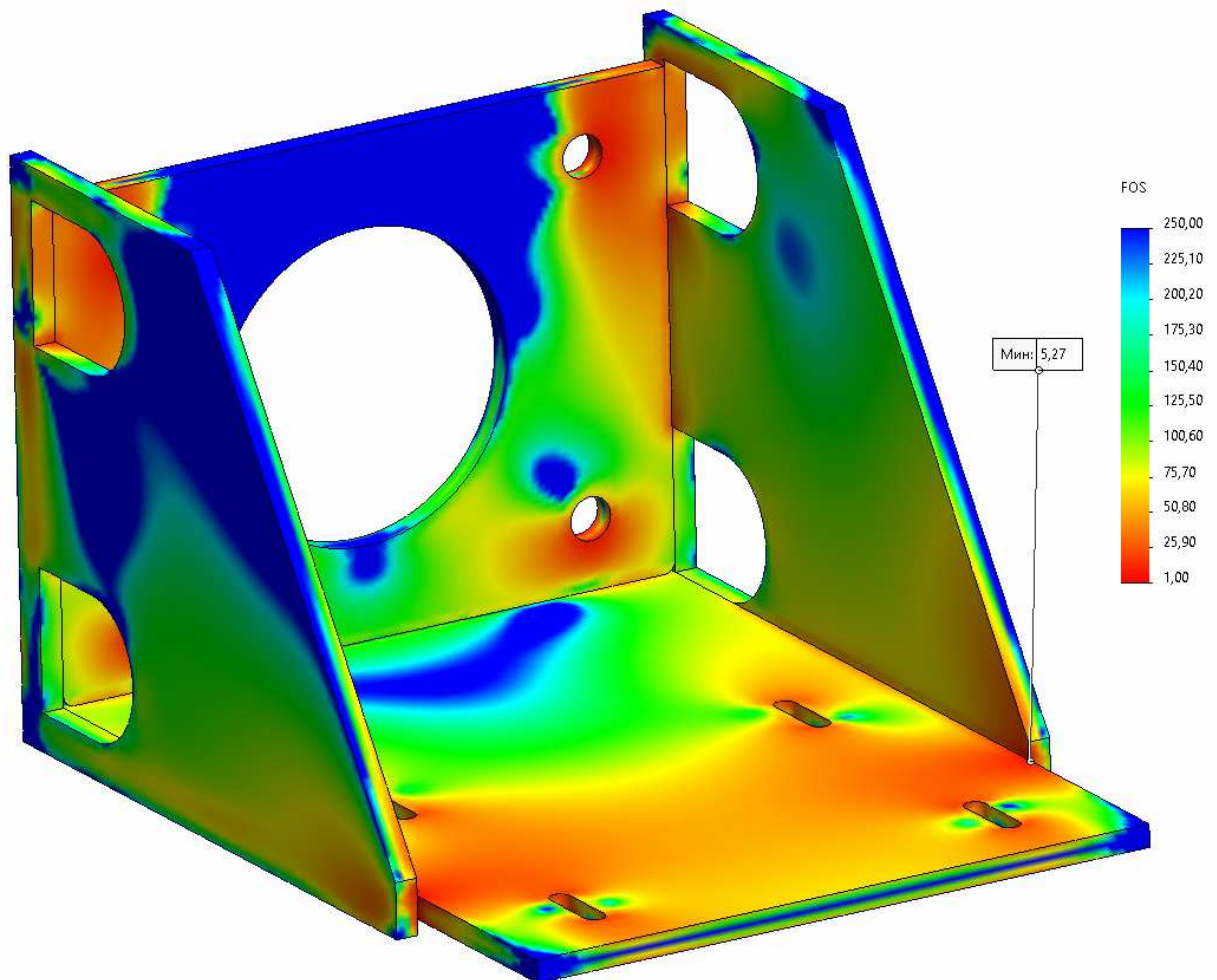


Рис. 3.6. Розподіл запасу міцності (FOS)

Мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить ≈ 5.3 .

3.4. Розрахунок з'єднувальної муфти

З'єднувальна муфта призначена для з'єднання вала гідронасоса з валом відбору потужності трактора.

З'єднувальна муфта виконана у формі товстостінного циліндра з одного боку якого прорізано шпонковий паз та просвердлено отвір для штифта, а з іншого боку нарізано шліци (рис.3.7).

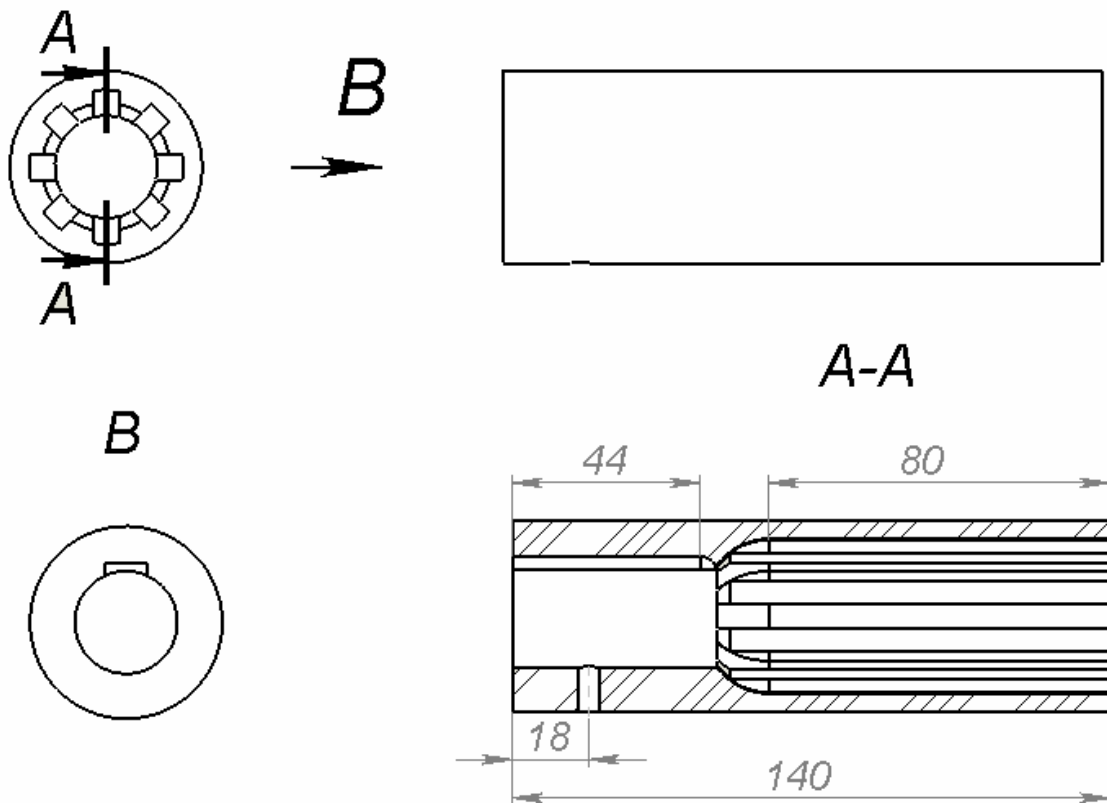


Рис. 3.7. Загальний вигляд з'єднувальної муфти

Для оцінки напружено – деформованого стану муфти у статичній постановці задачі застосуємо комплекс тривимірного моделювання SOLIDWORKS.

На першому етапі дослідження створюємо твердотільну модель з'єднувальної муфти (рис. 3.8).

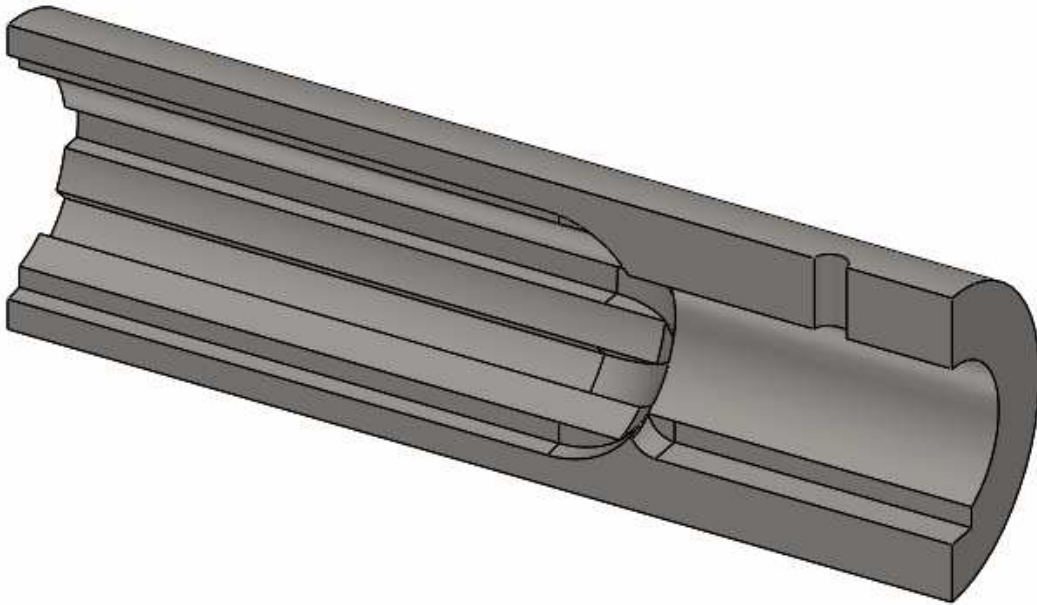
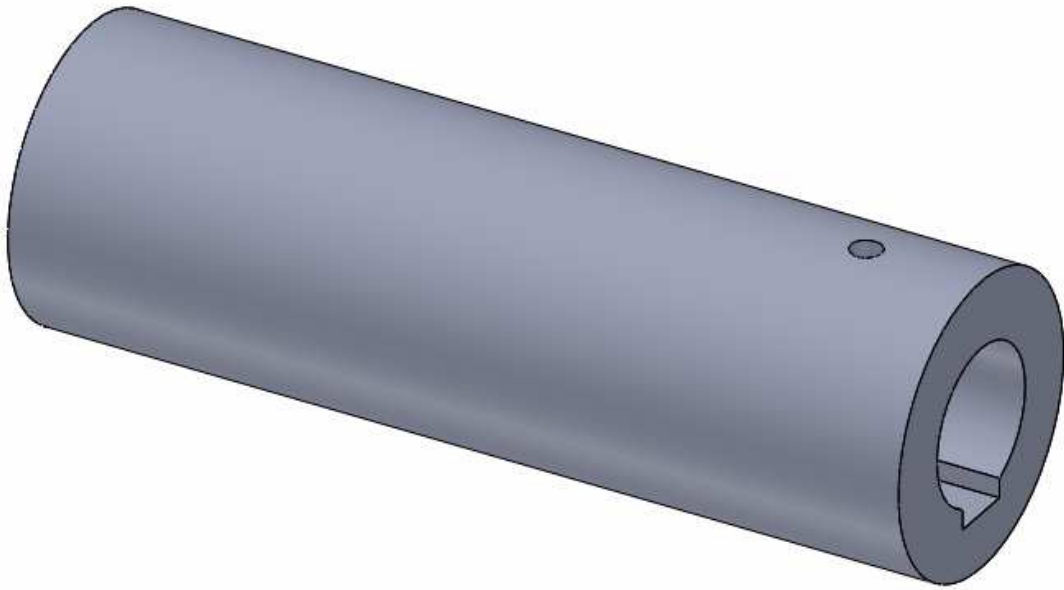


Рис. 3.8. Твердотільна модель з'єднувальної муфти

У модулі інженерного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SOLIDWORKS створюємо сітку скінчених елементів (рис. 3.9) та задаємо умови закріплення та навантаження з'єднувальної муфти (рис 3.10): з боку шпонкового пазу накладаємо жорстке закріплення, а з боку шліців задаємо крутний момент на валу гідронасоса.

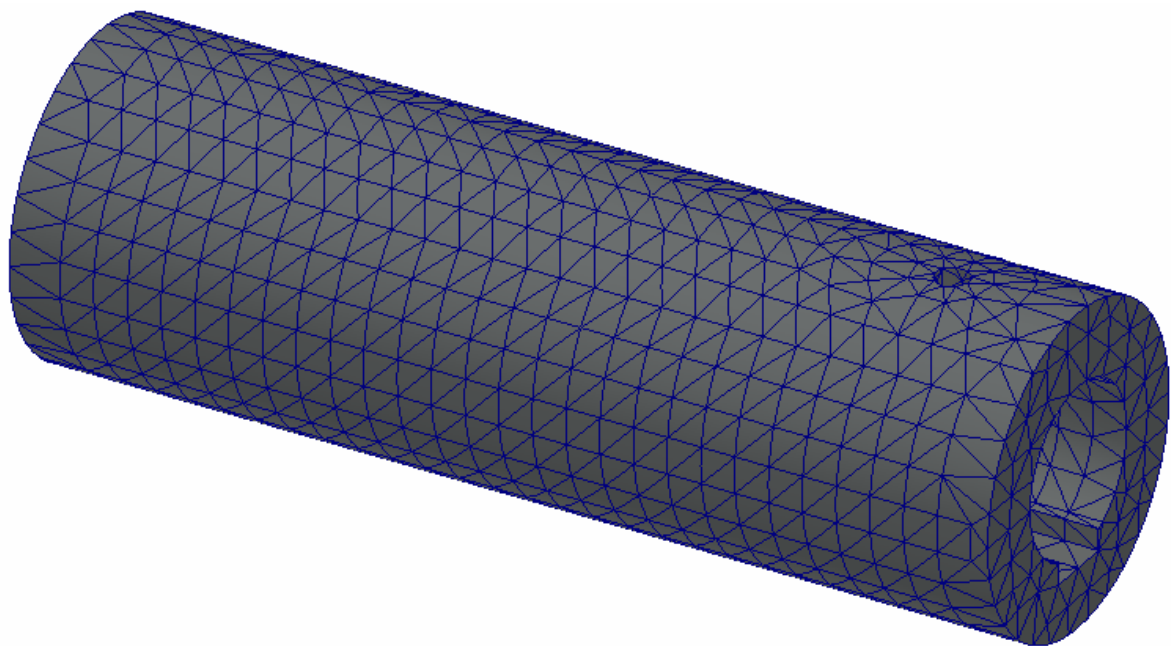


Рис. 3.9. Сітка скінчених елементів моделі з'єднувальної муфти

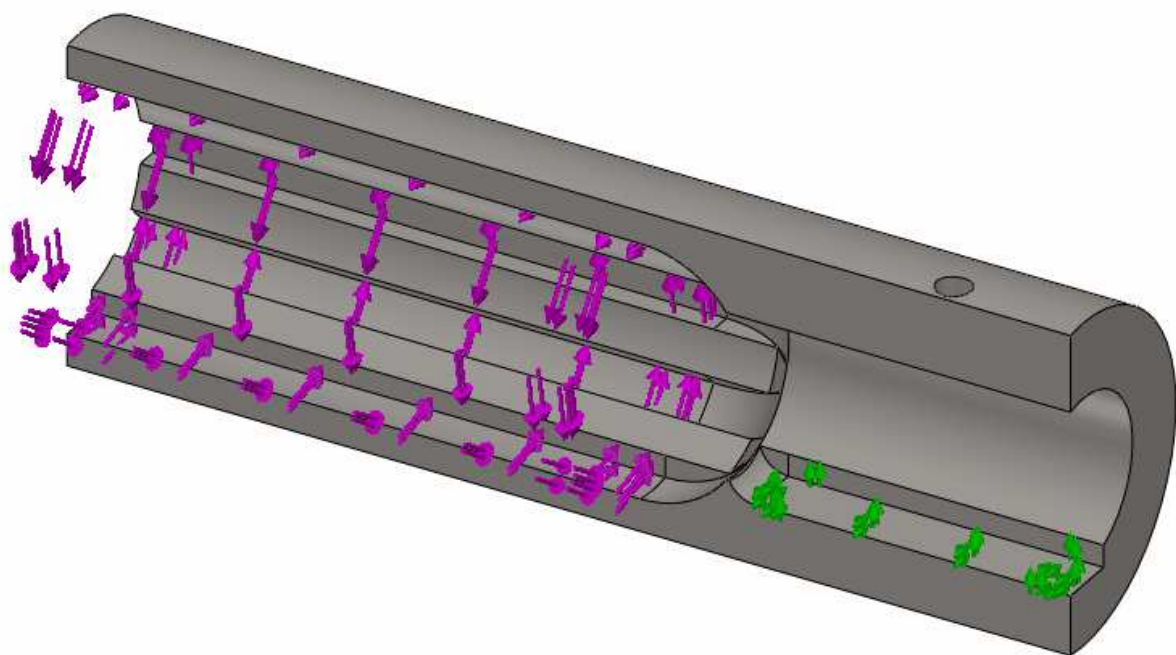


Рис. 3.10. Умови закріплення та навантаження з'єднувальної муфти

Результати моделювання напружено деформованого стану з'єднувальної муфти, отримані методом скінчених елементів, показано на рис. 3.11 – 3.13.

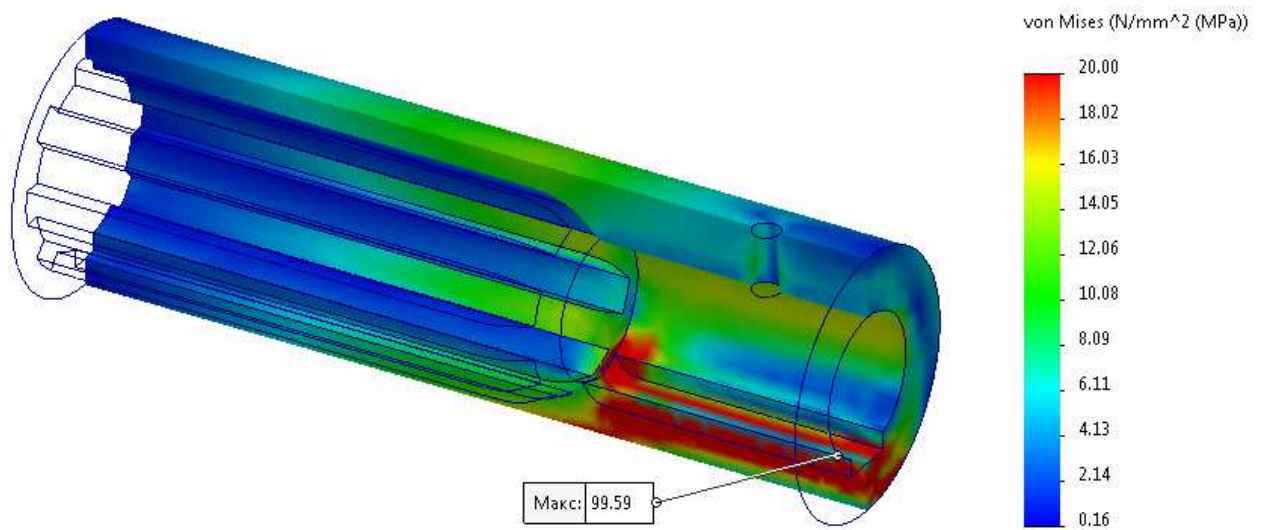


Рис. 3.11. Напруження у з'єднувальній муфті (за теорією Фон Мізеса)

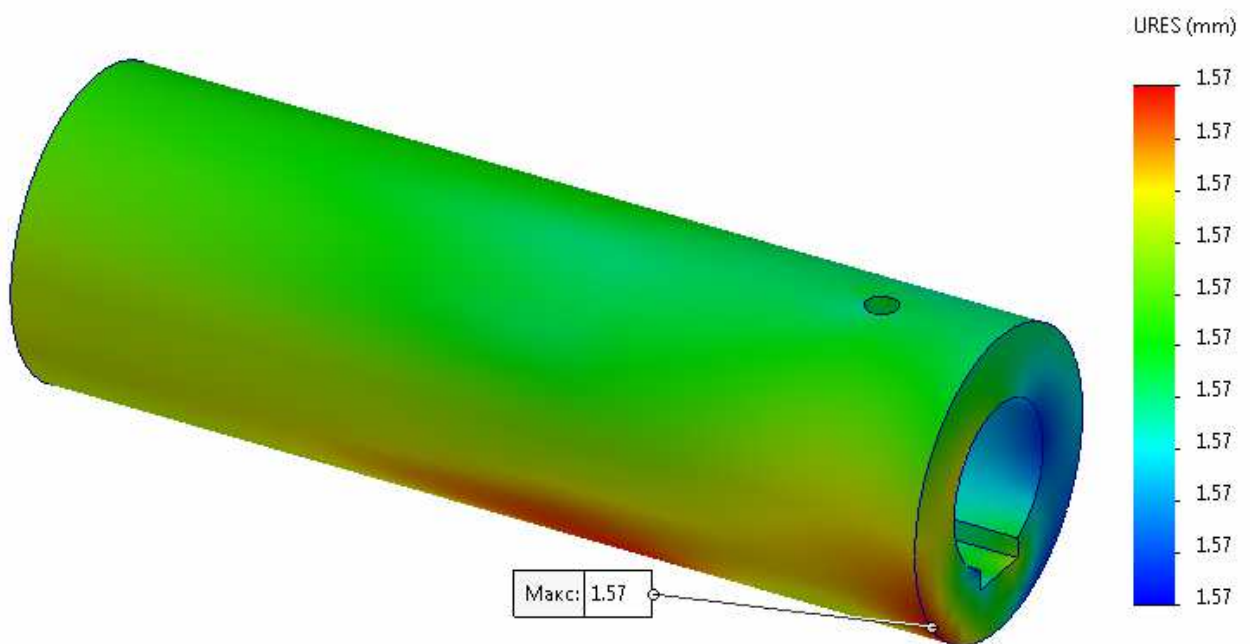


Рис. 3.12. Переміщення у з'єднувальній муфті

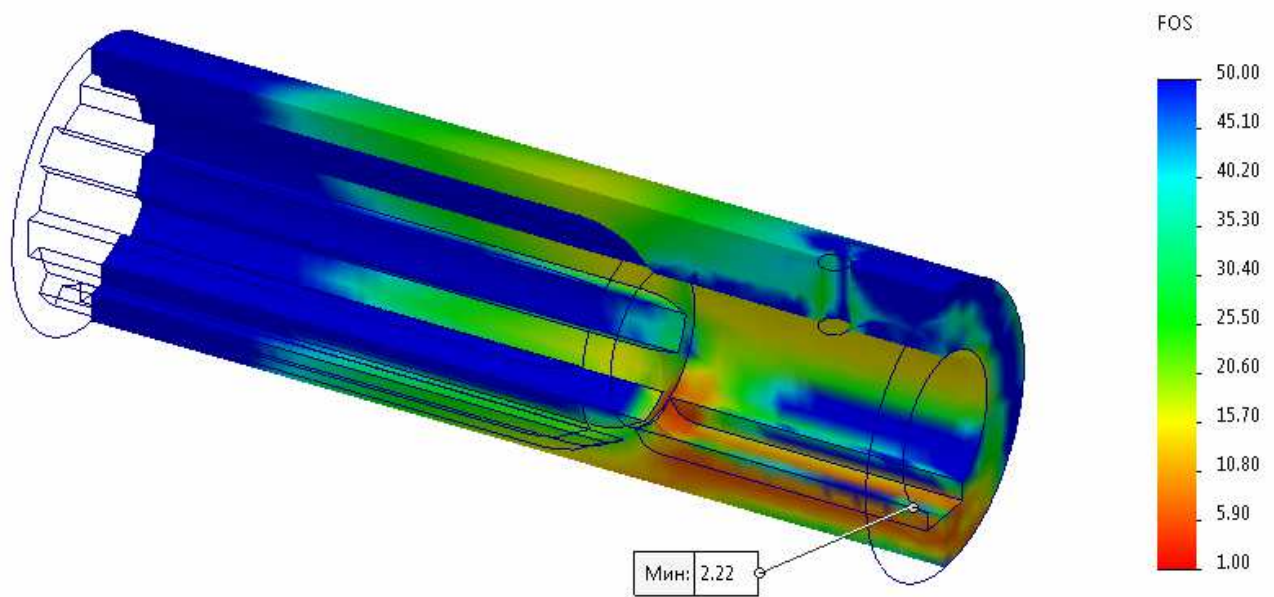


Рис. 3.13. Коефіцієнт запасу міцності у з'єднувальній муфті

За результатами проведеного аналізу напружено – деформованого стану з'єднувальної муфти встановлено, що максимальні напруження у муфті виникають у шліцевому пазі і становлять близько 100 МПа.

Максимальне переміщення торця з'єднувальної муфти у радіальному напрямку становить 1,57 мм.

Мінімальний коефіцієнт запасу міцності з'єднувальної муфти спостерігається у зоні максимальних напружень і становить 2,22.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Завдання безпеки життєдіяльності

Безпека життєдіяльності (БЖД) – це наука, що вивчає теоретичні основи взаємодії людини з навколишнім середовищем і способи забезпечення безпеки її життя і діяльності в середовищі існування й умовах сучасного виробництва.

Головною задачею науки про безпеку життєдіяльності є забезпечення комфортних умов існування людини на всіх стадіях її життєвого циклу і нормативно припустимих рівнів впливу негативних факторів на людину і природне середовище.

Інтенсивне зростання народонаселення, розвиток промисловості, енергетики, транспорту, а також збільшення числа надзвичайних ситуацій викликає збільшення рівня впливу негативних факторів на навколишнє середовище і людину, вносить дисбаланс у природні процеси, які забезпечують стабільність життєвого циклу на Землі.

Розробці концепції стійкого розвитку життя на Землі була присвячена конференція ООН у Ріо-де-Жанейро в 1992 році, на якій прийнятий документ «Порядок денний XXI століття» і сформульований висновок про необхідність глобального партнерства держав у всіх сферах для здійснення стабільного соціального, економічного й екологічного розвитку. У робочих документах конференції передбачається рішення проблем безпеки життєдіяльності людей на державному рівні.

В діалектичному аспекті стан навколишнього середовища, яке включає атмосферу, літосферу та гідросферу, фауну, флору, тобто біосферу Землі (виключаючи вплив людини) повинен характеризуватися т. н. «динамічною рівновагою». Таке положення (динамічна рівновага) визначає поступовий природно логічний розвиток, логічно обумовлену еволюцію біосфери, яка диктується об'єктивними законами її розвитку.

Аналіз сумісного розвитку біосфери та людства на протязі історично значного часу показує, що ці природні об'єктивні закони розвитку біосфери підлягають впливу діяльності людини, яка прогресивно інтенсифікується.

Діяльність є необхідною умовою існування людини і людського суспільства. Форми діяльності різноманітні. Вони включають інтелектуальні, прикладні і духовні процеси, що протікають у виробничій, науковій, суспільній, культурній, у побуті, і інших сферах життя людини.

Праця – є вищою формою діяльності людини. Тому, на думку філософів, найадекватнішим визначенням людини є «людина діюча» – Homo agens.

Досвід еволюції людства свідчить, що його будь-яка діяльність є потенційно небезпечною. Модель процесу діяльності людини в найбільш загальному вигляді можна представити узагальненою системою, яка складається з двох взаємозалежних елементів: «людина» і «середовище її існування» (рис. 4.1). Задачею рівноважного існування системи «людина – середовище існування» є досягнення наступних двох цілей.

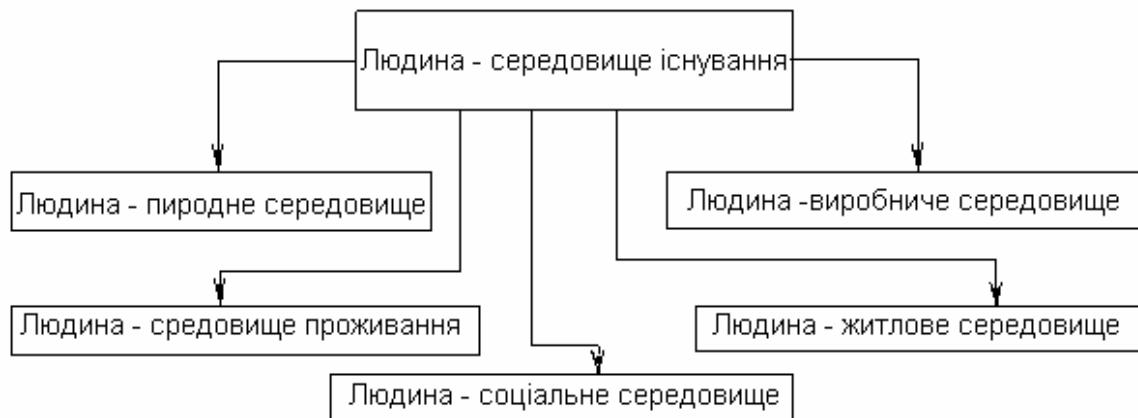


Рис. 4.1. Структурна схема системи «людина – середовище існування»

Перша ціль полягає в забезпеченні позитивного ефекту в плані підвищення продуктивності праці і, як наслідок – комфортності життя людини.

Друга ціль полягає у виключенні небажаних наслідків діяльності людини на навколишнє середовище і здоров'я сьогоденного і майбутнього поколінь.

До основних негативних наслідків діяльності людини відносяться такі: збиток здоров'ю і життю людини, пожежі, аварії, катастрофи, тобто явища, що вносять елемент порушення в динамічну рівновагу стану системи «людина – середовище існування». Унаслідок цього негативні явища, що виникають у розглянутій системі в результаті діяльності людини чи природних процесів, що протікають у середовищі існування, називаються небезпеками.

Безпека – це стан системи «людина – середовище існування» при якому з визначеною імовірністю виключається прояв небезпек.

Забезпечення комфортних умов діяльності і відпочинку створює передумови для прояви найвищої працездатності людини. При цьому формування, вибір і визначення комфортних умов (параметрів і організації виробничого, природного, соціального середовища, середовища проживання) діяльності і відпочинку повинні ґрунтуватися на знанні закономірностей взаємозв'язків системи «людина – середовище існування», фізіології людини, його психологічного стану і функціональних можливостей. У результаті реалізації такого підходу забезпечується зменшення травматизму і захворюваності людей, зменшення кількості небезпек чи зниження їх рівня.

Таким чином, забезпечення безпеки і нешкідливості праці, ефективного відпочинку, з дотриманням вимог екології, природних процесів розвитку біосфери буде забезпечувати збереження життя і здоров'я не тільки людини, але і біосфери Землі, а значить і людства в цілому.

Зниження ступеня небезпеки і шкідливості негативних факторів середовища існування, зменшення їхньої кількості, виконується на основі інформації, яка одержується в процесі ідентифікації (розпізнавання) цих негативних факторів і забезпечується доцільним вибором і застосуванням конкретних ефективних захисних методів і засобів.

Виходячи з цього, *комплексною науковою задачею БЖД* є теоретичний аналіз, розробка методів ідентифікації і кількісної оцінки негативних факторів, які генеруються складовими середовища існування.

При цьому пріоритетним напрямком є рішення задач БЖД на етапі проектування предметів праці, діяльності людини, а також прогнозування природних явищ, які можуть викликати аварії, катастрофи, надзвичайні ситуації. Наукові задачі БЖД не обмежуються перерахованими аспектами. До них відносяться також наступні напрями:

- комплексна оцінка багатфакторного впливу негативних факторів середовища існування на працездатність і здоров'я людини;
- визначення параметрів комфортних умов праці і відпочинку;
- розробка і реалізація нових методів і засобів захисту людини і навколишнього середовища від дії негативних факторів;
- моделювання надзвичайних ситуацій.

Практичні задачі БЖД полягають у розробці і створенні нових принципів і засобів захисту людини і природного середовища від впливу негативних факторів.

Виходячи з цього, об'єктом вивчення БЖД є комплекс явищ і процесів у системі «людина – середовище існування», що негативно впливають на людину і природне середовище (в глобальному масштабі – на біосферу Землі).

З метою аналізу взаємозв'язків у якості складових узагальненої системи «людина – середовище існування», виділяються наступні основні підсистеми:

1. «Людина – природне середовище». Причому, поняття «природне середовище» містить у собі флору і фауну, мікро- і макроорганізми, що являють собою біосферу Землі;
2. «Людина – виробниче середовище». У цю підсистему, у свою чергу входять такі системи як «людина – машина», «людина – робоча зона»;
3. «Людина – середовище проживання» («людина – міське середовище» чи «людина – сільське середовище»);
4. «Людина – житлове середовище» («людина – побутове середовище»);
5. «Людина – соціальне середовище». Ця підсистема охоплює практичні взаємозв'язки людини в усіх перерахованих вище підсистемах.

У процесі еволюції людини сформувалася також підсистема «виробниче середовище – природне середовище», яка називається техносферою. Практично ця підсистема сформувалася внаслідок предметної діяльності людини, що сполучена з виникненням нових негативних факторів різного рівня інтенсивності, які діють як на людину, так і на природне середовище – біосферу Землі. Унаслідок цього область техносфери, поширюючись на атмосферу, гідросферу і літосферу, робить свій негативний вплив як на фауну, так і на флору Землі вносить елемент порушення в динамічний рівноважний стан системи «людина – середовище існування».

Таким чином, *техносфера* являє собою локалізовану область біосфери, яка сформувалася в результаті діяльності людини в регіонах розміщення великих міст і промислових об'єктів. Фізико-хімічні та біологічні характеристики техносфери відрізняються від природних характеристик біосфери, наприклад, підвищеним рівнем теплових випромінювань, підвищеною запиленістю, загазованістю повітря, підвищеним рівнем енергетичних випромінювань, підвищеним рівнем шуму і вібрації, зниженою концентрацією або відсутністю природних мікроорганізмів, присутністю модифікованих або нових вірусів, бактерій і т.п.

Виходячи зі структури й існуючих взаємозв'язків системи «людина – середовище існування» впливає, що наука «Безпека життєдіяльності» вивчає негативні фактори, їхній вплив на людину і навколишнє, виробниче, побутове, міське середовище, як в умовах повсякденного життя, так і при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження.

4.2. Техніка безпеки при експлуатації картоплесаджалки, обладнаної протруювачем картоплі

Експлуатація та ремонт картоплесаджалки здійснюється трактористом. Не допускаються до управління агрегатом особи, які не пройшли ознайомлення з будовою, роботою та правилами експлуатації картоплесаджалки, а також особи, які знаходяться у нетверезому та хворобливому стані.

При підготовці до роботи необхідно переконатися в повній справності трактора і картоплесаджалки.

Забороняється експлуатація агрегату без обладнання трактора Т-25А додатковою вагою загальною масою не менше 120 кг.

Приєднання картоплесаджалки до трактора (при заглушеному двигуні) здійснюється трактористом і робітником.

Знаходження робітника між колесами картоплесаджалки і трактора не допускається.

Завантаження картоплесаджалки картоплею виконувати при повній зупинці агрегата та в борозні. Не завантажувати в бункери картоплесаджалки більше 250 кг картоплі.

Транспортувати картоплесаджалку з незаповненим бункером з швидкістю не більше 20 км/год.

Не відкривати повністю завантажену картоплесаджалку від трактора. Не запускати агрегат у роботу, поки не переконаєтесь у відсутності людей перед і під картоплесаджалкою.

Всі операції технічного і технологічного обслуговування (крім завантаження картоплі) виконувати тільки при виключеному двигуні трактора.

Під час роботи і транспортуванні, знаходженні людей на картоплесаджалці забороняється.

У сільськогосподарському виробництві широко застосовуються хімічні засоби боротьби з шкідниками і хворобами сільськогосподарських рослин.

Багато активних речовин, що застосовуються для обробки рослин або ґрунту, шкідливі для людей і тварин. Шкідливість застосовуваних речовин різна, а тому й різні засоби захисту від них.

Перш ніж приступити до обслуговування машин необхідно вивчити інструкції про поводження з хімічноактивними речовинами, суворо їх додержувати і перевіряти відповідність машин вимогам охорони праці.

Машини, призначені для боротьби з шкідниками та хворобами сільськогосподарських рослин повинні мати автоматичні пристрої для подачі отрутохімікатів до робочих органів, безпечні регулювальні пристрої, а також пристрої, що гарантують від проникнення отрутохімікатів назовні, механізовану заправку ємкостей, приготування сумішей та розчинів без затрат ручної праці.

Нагнітальні комунікації машин, на яких встановлено насоси, що розвивають тиск понад $0,7 \text{ кг/см}^2$, мають бути обладнані манометрами та запобіжними клапанами.

На машинах з отрутохімікатами повинні бути бачки з водою для миття рук обслуговуючого персоналу.

Ємкості, призначені для водного розчину аміаку, мають бути обладнані дихальними клапанами. Щоб уникнути вибуху пари аміаку, не можна закривати шланги та трубопроводи вентилями з обох кінців.

Особи, які обслуговують машини під час роботи з отрутохімікатами, повинні пройти спеціальний медичний огляд та інструктаж щодо безпечних методів роботи. До роботи з отрутохімікатами не допускаються підлітки молодші від 18 років, вагітні жінки, матері-годувальниці, а також механізатори з захворюваннями органів зору, серцево-судинної та нервової систем, шлунку, нирок, печінки та ін.

Пестициди, що використовуються для захисту рослин від шкідників і хвороб, отруйні і небезпечні для життя людини, а також тварин і птиці. Працювати з пестицидами дозволяється лише в спеціальному одязі

(комбінезоні, гумових чоботах і рукавицях), а з пило- і газоподібними речовинами – в захисному спецодязі і взутті з запобіжними окулярами та респіраторами.

Під час роботи з отрутохімікатами, що випаровуються або з яких виділяються гази (ціанплав, хлорпикрин), застосовуються промислові протигази. Під час обприскування або обпилювання отрутохімікатами обличчя і руки треба змащувати вазеліном. Спецодяг і засоби індивідуального захисту для роботи з отрутохімікатами треба зберігати у спеціальних ізольованих приміщеннях.

Прати такий спецодяг у водоймах, озерах та річках забороняється. Натільну білизну під час роботи з отрутохімікатами треба міняти через два-три дні. Ємкості для зберігання отрутохімікатів треба щільно закривати, щоб не було витоків. Обпилювання та обприскування під час сильного вітру проводити не бажано, бо пара або пил хімікатів можуть потрапити на необроблювану ділянку і завдати шкоди людям та тваринам, що там знаходяться.

Щоб уникнути отруєння організму під час роботи з отрутохімікатами, не можна курити, пити і приймати їжу. Перед курінням або прийняттям їжі треба старанно вимити з милом руки і обличчя.

Працювати з отрутохімікатами дозволяється не більш як 6 годин, а при сухому протруєнні з сильно діючими отрутами – 4 години. Потім працівника переводять на інші роботи.

Після закінчення обприскування всю тару треба промити 3 – 4%-ним розчином пральної соди на спеціально відведеному майданчику і здати на склад, а паперові мішки спалити. Склади для зберігання отрутохімікатів і протруєного насіння треба розміщувати на відстані не менш як 50 м від житлових і виробничих приміщень.

Захист культурних рослин від шкідників і збудників хвороб проводять під керівництвом агронома господарства. При роботі з пестицидами необхідно

виконувати правила, викладені в «Санітарних правилах по зберіганню, транспортуванню і використанню пестицидів у сільському господарстві».

Сухе протруювання насіння дозволяється проводити на відстані не менш як 200 м від житлових приміщень, тваринницьких ферм та пасовищ.

На місцях роботи і на дорогах, що проходять через оброблені отрутохімікатами поля, мають бути встановлені попереджувальні написи. Обпилювання і обприскування рослин має бути закінчене не пізніше як за 30 днів до збирання врожаю.

Працюючи з обприскувачами, постійно контролюють стан кріплення всіх з'єднань нагнітальної частини комунікації, перевіряють щільність посадки всмоктувального і нагнітального клапанів, контролюють стан поршневого насоса, а також правильність роботи редуційного клапана.

Забороняється працювати з несправним манометром. При тиску в нагнітальній комунікації обприскувача понад 2,5 МПа роботу слід негайно припинити.

Забороняється промивати резервуари, насоси, всмоктувальні і нагнітальні трубопроводи обприскувачів поблизу водойм. Їх промивають тільки в спеціально відведених місцях. Тару з-під пестицидів забороняється використовувати для господарських потреб.

ВИСНОВКИ

Зниження урожайності та товарної якості картоплі найчастіше пов'язано з впливом хвороб, шкідників та бур'янів, які можуть спричинити втрати продукції від 30 до 50%. Захист рослин стає вирішальним і пріоритетним аспектом у сучасному аграрному виробництві, де його роль у підвищенні продуктивності складає близько 45%.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі запропоновано удосконалення технології садіння картоплі з використанням системи протруювання насінневого матеріалу безпосередньо у сошниках картоплесаджалки. Такий підхід не лише спрощує процес обробки, але й мінімізує кількість хімічних втручань у процесі вирощування, що веде до зменшення кількості використаних пестицидів.

Завдяки цьому значно знижується забруднення ґрунтів пестицидами, що важливо для покращення екологічного стану аграрних територій. Зменшення кількості обприскувань також знижує витрати та підвищує економічну ефективність аграрного виробництва, надаючи фермерам можливість краще управляти ресурсами і отримувати дешевшу, стабільнішу і безпечнішу продукцію.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
3. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
4. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лахмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.
5. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
7. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
8. Мельник І. І. Комплекси машин для виробництва картоплі / І.І. Мельник, В.Д. Гречкосій, Р.В. Шатров, // Аграрна техніка та обладнання. - № 1(6), 2009. – С. 30-33.
9. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
10. Попович П.В. Моделювання експлуатаційної навантаженості несучих систем розкидачів добрив типу ПРТ–10 / П.В. Попович, М.Я. Сташків, Т.А. Довбуш // Вісник Харківського національного технічного

університету сільського господарства імені Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Харків: ХНТУСГ, 2014. - Вип. 151 - С. 367-372.

11. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
12. 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.
13. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
14. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
15. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
16. 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.
17. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
18. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
19. Хомик Н.І. 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 «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.

20. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters / Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Konstantin Sharai, Andriy Babiy, Mykola Stashkiv // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - VOL 4, NO 1 (100) (2019) Engineering Technological Systems. – pp. 33 – 45.
21. Nanka, A., Morozov, I., Morozov, V., Krekot, M., Poliakov, A., Kiralhazi, I., Lohvynenko, M., Ryndiaiev, V., Dyakonov, S., & Stashkiv, M. (2021). Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers, which increase the quality of sowing and yield. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 4, №. 1 (112), 61–75.
22. Vasylykiv Vasyl, Radyk Dmytro, Stashkiv Mykola, Danylchenko Larysa (2023). Influence of the design parameters of a screw feeder loading mechanism on the torque value of the drive shaft. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 2023 (vol. 25), issue 4, B 301 - B 314.
23. Stashkiv, Mykola & Matsiuk, Oleksandr (2021) nCode GlyphWorks Software Use for Test Data Processing. The 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2021 (ITTAP 2021). Vol-3039. 192-205.
24. www.grundfos.com.

ДОДАТКИ

Додаток А

Конструкція гідронасоса

