

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення процесу сівби цукрових буряків з розробкою
пристосування для сівби у борозну до сівалки ССТ-12Б

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41
спеціальності 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Шевченко С.В..
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Хомик Н.І.
(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)

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 Шевченку Сергію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу сівби цукрових буряків з розробкою пристосування для сівби у борозну до сівалки ССТ-12Б

Керівник роботи Хомик Надія Ігорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи ширина захвату агрегату 5,4 м; швидкість руху агрегату: робоча – 8 км/год, на поворотах – 7 км/год, транспортна 12 км/год; склад агрегату – трактор ДТ-75, підживлювач-обприскувач ПОМ-630, сівалка ССТ-12Б; норма внесення гербіциду – 240 л/га; норма висіву насіння – 6,3 кг/га; кількість висіяних насінин на 1 пог.м. – 10...12; ширина міжрядь – 0,45 м; глибина висіву 3...4 см; питомий опір ґрунту 65...71 кПа; виробіток за зміну 24,3 га/зм; витрата палива – 3,57 кг/га.

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

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей процесу сівби цукрових буряків. 2. Удосконалення процесу висівання насіння цукрових буряків встановленням пристосування для сівби у борозну.

3. Проектування та обґрунтування конструкції агрегату для сівби у борозну.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

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

1. Мета, предмет, об'єкт, задачі дослідження. 2. Схема посівного агрегату для сівби у борозну цукрових буряків. 3. Сівалка ССТ-12Б у звичайному виконанні. 4. Сівалка ССТ-12Б з борозноробом. 5. Борознороб. Стійка борознороба. 6-8. Розрахункові схеми.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видач завдання

22 січня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей процесу сівби цукрових буряків	до 20.02.2025	
2	Удосконалення процесу висівання насіння цукрових буряків встановленням пристосування для сівби у борозну	до 30.03.2025	
3	Проектування та обґрунтування у конструкції агрегату для сівби у борозну	до 30.04.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	до 12.05.2025	
9	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 30.05.2025	
10	Ілюстративний матеріал	до 10.06.2025	

Студент

(підпис)

Шевченко С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хомик Н.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Шевченко Сергій Володимирович.

Тема роботи – «Удосконалення процесу сівби цукрових буряків з розробкою пристосування для сівби у борозну до сівалки ССТ-12Б». Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Хомик Надія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (40 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – 56 сторінки, на яких є 15 рисунків та 1 таблиця. Ілюстративний матеріал розміщений на 8 аркушах формату А4.

Актуальність теми роботи. Удосконалення процесу сівби цукрових буряків можна досягнути застосовуючи комбіновані агрегати, які поєднують кілька знарядь в один агрегат забезпечуючи виконання технологічного процесу сівби за один прохід, при цьому буде краща якість виконуваних операцій, оскільки буде дотримана умова максимального збереження вологи у посівному шарі ґрунту, що є однією з обов'язкових умов появи дружних сходів і створюватиме запоруку майбутнього врожаю коренеплодів.

Мета роботи: удосконалити процес сівби цукрових буряків розробивши пристосування для сівби у борозну до сівалки ССТ-12Б.

Мета роботи потребує вирішення таких завдань:

- проаналізувати властивості цукрових буряків, їх насіння та вимоги до сівби при удосконаленні посівних агрегатів;
- проаналізувати способи сівби цукрових буряків та агротехнічні вимоги;
- проаналізувати конструкції сівалок для сівби буряків;
- обґрунтувати комплектування посівного агрегату для сівби у борозну;
- виконати технологічні розрахунки укомплектованого посівного агрегату для сівби насіння цукрових буряків у борозну;
- обґрунтувати умови роботи посівного агрегату для сівби у борозну;
- визначити продуктивність агрегату для посіву цукрових буряків у борозну;
- виконати міцнісні розрахунки конструктивних елементів посівного агрегату;
- вибрати регуляторну характеристики двигуна трактора і та визначити його тягові характеристики;

- розробити вимоги безпеки праці при підготовці до роботи та під час роботи комбінованого посівного агрегату для сівби цукрових буряків у борозну.

Об'єкт дослідження. пристосування для сівби цукрових буряків у борозну до сівалки ССТ-12Б.

Предмет дослідження. Технологічні, кінематичні та міцнісні розрахунки комбінованого посівного агрегату для сівби цукрових буряків у борозну і встановлення умови та режимів його роботи у полі.

Практичне значення отриманих результатів. Удосконалено процес сівби цукрових буряків завдяки розробці борознороба – пристосування для сівби у борозну. Конструктивно борознороб виконаний з'єднанням стрілчастих лап культиватора УСМК-5,4 із ліво- і правобічними полицями підгортальників типу КРН-5,2 і КРН-5,3. Така конструкція забезпечує формування борозен насіння. Полиці запобігають осипанню сухого ґрунту у борозни. Глибина посівних борозен – 5...10 см. Завдяки борознам відкривається вологе дно, на яке вкладається насіння, оскільки одразу за борозноробами пересуваються полозовидні сошники сівалки ССТ-12Б. Орієнтовна глибина загортання насіння – 3...4 см. Завдяки мілкому загортанню у вологий шар ґрунту створюються умови для швидких і одночасних сходів, що у подальшому формуватиме рівномірний ріст і розвиток рослин у наступних фазах та створює оптимальні умови для догляду за посівами. Борознороб встановлюють на гряділі з паралелограмною підвіскою. Незалежне копіювання рельєфу робочими органами – борозноробом і посівною секцією сівалки забезпечує рівномірність глибини загортання насіння. Сівбу цукрових буряків у борозни з використанням прийнятих конструктивних рішень виконують, використовуючи, як тягову машину, що забезпечує за один прохід нарізання борозен, посів і стрічкове внесення робочих розчинів гербіцидів, – трактор ДТ-75М із дизельним двигуном потужністю 66,2 кВт. На передню частину рами трактора через перехідні кронштейни монтують обприскувач-підживлювач ПОМ-630 та встановлюють додатковий вантаж вагою 780 кг, що забезпечуватиме поздовжню стійкість агрегата в транспортному режимі., на задню гідронавіску встановлюють сівалку ССТ-12Б.

Ключові слова: цукрові буряки, сівба у борозну, борознороб, сівалка, культиватор, смугове внесення гербіцидів, туки, трактор.

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ СІВБИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	8
1.1. Врахування властивостей цукрових буряків, їх насіння та вимог до сівби при удосконаленні посівних агрегатів.....	8
1.2. Способи сівби цукрових буряків та агротехнічні вимоги.....	11
1.3. Аналіз конструкцій сівалок для сівби буряків.....	15
2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИСІВАННЯ НАСІННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ВСТАНОВЛЕННЯМ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ СІВБИ У БОРОЗНУ.....	19
2.1. Обґрунтування комплектування посівного агрегату для виконання сівби у борозну.....	19
2.2. Технологічні розрахунки укомплектованого посівного агрегату для сівби насіння цукрових буряків у борозну.....	24
3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ У КОНСТРУКЦІЇ АГРЕГАТУ ДЛЯ СІВБИ У БОРОЗНУ.....	30
3.1. Обґрунтування умов роботи посівного агрегату для сівби у борозну цукрових буряків.....	30
3.2. Продуктивність агрегату для посіву цукрових буряків у борозну.....	35
3.3. Міцнісні розрахунки конструктивних елементів агрегату для сівби цукрових буряків у борозну.....	38
3.4. Вибір регуляторної характеристики двигуна трактора і його тягової характеристики.....	40
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	47
4.1. Вимоги техніки безпеки під час підготовки до роботи, технічного обслуговування і транспортування сівалки ССТ-12Б.....	47
4.2. Вимоги безпеки праці під час виконання сівби та правила безпеки під зберігання сівалки	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53
ДОДАТКИ	57

ВСТУП

Весняні роботи призначені для посіву цукрових буряків поєднують комплекс операцій з підготовки ґрунту, а саме: внесення гербіцидів, ранньовесняне боронування, одну-дві передпосівні культивації та сівбу. Їх виконують різними машинами, тобто одноопераційними знаряддями, а також комбінованими агрегатами.

Поєднання кількох знарядь в один агрегат забезпечує виконання технологічного процесу сівби за один прохід, при цьому буде краща якість виконуваних операцій, оскільки буде дотримана умова максимального збереження вологи у посівному шарі ґрунту, що є однією з обов'язкових умов появи дружних сходів і створюватиме запоруку майбутнього врожаю коренеплодів.

Сучасне виробництво цукрових буряків ґрунтується на застосуванні інтенсивної технології, яка поєднує усі складові інтенсифікації: високоякісне насіння (гібриди), системи основної та передпосівної обробки ґрунту, сівбу, догляд за посівами із застосуванням відповідних систем удобрення і захисту. Серед чинників інтенсивної технології є суттєве зменшення глибини сівби, а це потребує створення відповідного мікроклімату на дні борозни, у яке його вкладають. Саме цьому, тобто способів загортання насіння, недостатньо приділено уваги.

Враховуючи вимоги інтенсивної технології вирощування цукрових буряків та почастищення посушливих умов у весняну пору на момент сівби багатьох культур, пропонується використати енергозберігаючу технологію, основою якої є сівба насіння у борозни. Реалізація її поєднує одночасне нарізування борозен, посів високоякісним насінням та внесення гербіциду. Таке поєднання операцій має забезпечити зниження енергетичних витрат та витрат палива орієнтовно на 18...20 %.

Розробка та застосування інтенсивної технології має перевагу завдяки створенню у конкретних ґрунтових та погодних умовах можливостей для активізації росту і розвитку вирощуваних рослин, зокрема цукрових буряків.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ СІВБИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

1.1. Врахування властивостей цукрових буряків, їх насіння та вимог до сівби при удосконаленні посівних агрегатів

Цукрові буряки належать до рослин помірного клімату. Їх насіння при відносно низьких температурах, тобто $+2...3^{\circ}\text{C}$, під час сівби і після її завершення починає проростати, але повільно. Для дружних, добре розвинутих сходів потрібна температура вище $+10^{\circ}\text{C}$. Швидке проростання насіння цукрових буряків спостерігається за такої температури: мінімальної $+4...5^{\circ}\text{C}$; оптимальної $+23...25^{\circ}\text{C}$. Для доброї вегетації цукрових буряків оптимальною є температура $+20...25^{\circ}\text{C}$, за якої вони найкраще розвиваються за умов достатнього зволоження.

Коренеплоди цукрових буряків розвивають потужну і розгалужену кореневу систему, глибина її сягає до 2...2,5 м, ширина – до 1 м; завдяки цьому використовують значні запаси ґрунтової вологи і поживних речовин.

Цукрові буряки утворюють велику кількість органічної речовини – коренеплоди і велика листкова поверхня, площа якої у два-чотири рази перевищує посівну площу. Тому цим рослинам потрібна велика кількість вологи протягом усього періоду вегетації, а для сівби і проростання насіння також має бути достатньо вологи.

Для високої врожайності, окрім достатньої вологи, цукровим бурякам потрібно багато поживних речовин, які вони споживають з ґрунту. Найвищу їх врожайність отримують на чорноземних ґрунтах. Часто висівають їх також на темно-сірих та сірих ґрунтах, іноді і на світло-сірих лісових. Бідні на елементи живлення піщані, важкі глинисті ґрунти, а також кислі є мало придатними для цієї культури.

Важливими для цукрових буряків є умови освітлення, особливо це відчутно у ранньому періоді життя. Якщо сходи буряків вчасно не прорідити, то рослини будуть затінювати одна одну, що призводить до так званого

стікання: корені надмірно видовжується замість потовщуватися, листки витягуються, згодом жовтіють, іноді це може призвести не лише до зниження урожайності, а й загибелі рослин. Важливим є своєчасно виконувати міжрядний обробіток, щоб запобігти розростанню бур'янів, які також будуть затінювати посіви та забирати вологу і поживні речовини з ґрунту [12, 26, 27, 31].

Закладка майбутнього врожаю залежить від багатьох факторів, особливий вплив має своєчасність та якість сівби і насіннєвого матеріалу.

Основними властивостями насіння, що мають вплив на технологію сівби і застосовувану техніку, є його технологічні властивості, зокрема їх фізико-механічні характеристики та посівні якості насіння.

До посівних якостей насіння відносять господарську придатність, чистоту, щільність, схожість, енергію проростання, посівну придатність, масу тисячі насінин та ін.

Господарську придатність насіння виражають відсотковим вмістом у посівному матеріалі насіння здатного прорости

$$Г = \frac{H \cdot B}{100}, \quad (1.1)$$

де H – чистота насіння, %;

B – схожість насіння, %.

Цей показник для насіння цукрових буряків становить 0,47...0,63 [18, 27].

Чистота насіння є відсотковим вмістом в насіннєвому матеріалі насінин основної культури. Цей показник регламентує ДСТУ, згідно якого для насіння цукрових буряків він має бути на рівні 92,5 %.

Схожість насіння визначають через відсотковий вміст добре пророслого насіння у пробах, взятих для аналізу. Цей показник для насіння цукрових буряків має бути 96...98 %.

Польову схожість насіння визначають через кількість проростків, що появилися протягом тридцяти днів після сівби, виражають її через відсотки відносно до кількості висіяних схожих (пророслих) насінин. Насінню цукрових буряків має відповідати цей показник у таких межах 41,6...57,0 %.

Посівна придатність насіння – це схожість (проростання) насіння основної культури

$$G_n = \frac{A \cdot B}{100}, \quad (1.2)$$

де A – є кількістю насіння основної культури, що міститься у посівному матеріалі, %;

Посівна придатність насіння цукрових буряків – на рівні 0,4...0,65.

Маса тисячі насінин визначає повноцінність усього насіння. Насінню цукрових буряків відповідає $M_{1000} = 9...23$ г [12, 18, 27].

Фізико-механічними властивостями насіння є його лінійні розміри, вигляд і характер поверхні, коефіцієнт тертя, сипкість, парусність, твердість, пружність, гігроскопічність і т.ін.

Розмір насіння і його форма впливають на те, як відбувається процес висипання насінин через отвори в бункерах.

Насінню цукрових буряків властива округла форма з розмірами 3,5...5,5 мм.

Коефіцієнти тертя розрізняють внутрішнього і зовнішнього, вони визначають сипкість насіння та його фрикційні властивості. Насіння цукрових буряків має такі діапазони коефіцієнтів тертя: внутрішнього – $\varphi_2 = 0,39...0,41$; зовнішнього – $\varphi_1 = 0,33...0,38$ (тертя по сталі – матеріалу бункерів). Значення коефіцієнтів тертя показують, що насіння цукрових буряків може утворювати склепіння у бункерах сівалок [12, 16, 17, 18, 27].

Дослідження фізико-механічних і технологічних властивостей насіння різних культур, зокрема й цукрових буряків, а також врахування цих властивостей є важливими при обґрунтуванні схем посівних агрегатів та при інженерних розрахунках конструкцій знарядь для сівби.

Збільшити виробництво та підвищити врожайність цукрових буряків можна, якщо врахувати, що рівень урожайності залежить таких факторів [1, 12, 18, 20, 26, 27, 30, 31]: сівби високоврожайних сортів, своєчасного внесення мінеральних добрив високої якості з дотриманням почастинного їх внесення

(під оранку, перед посівом, під час сівби, при підживленні) і дотримання співвідношення основних складових добрив (азоту N, фосфору P, калію K); застосування рідких комплексних добрив; періодичного своєчасного внесення у достатній кількості органічних добрив; дотримання агротехнічних вимог при підготовці ґрунту і агротехнічних строків сівби; для ґрунтів, що зазнають впливу вітрової ерозії, зокрема, у зимово-весняний період, обов'язковим є запобігання значним втратам вологи у поверхневому шарі, обов'язковим є поєднання операцій передпосівного обробітку та сівби; мінімізувати затрати праці на обробіток ґрунту, сівбу та збирання, запобігаючи втратам коренеплодів від час збирання.

1.2. Способи сівби цукрових буряків та агротехнічні вимоги

Основний спосіб сівби застосовуваний для цукрових буряків – пунктирне розташування на дні борозенок з дотриманням заданої відстані між насінинками.

Сіють цукрові буряки найчастіше з міжряддями шириною 450 мм використовуючи дванадцятирядні сівалки типу ССТ-12А, ССТ-12Б, ССТ-12В та інші зарубіжного виробництва. Сіють також з міжряддями 600 мм використовуючи дванадцятирядкові сівалки, є також восьмирядні конструкції сівалок. Конструктивне влаштування сівалок забезпечує висівання каліброваного та дражованого насіння поєднуючи з внесенням гранульованих мінеральних добрив у зони рядків.

Розташування та форма рядків під час сівби цукрових буряків може бути різною: гладенька, гребенева або борозенна.

Найчастіше використовують гладеньку сівбу на більшість площ вирощування буряків. Сіють на фоні весняного передпосівного обробітку ґрунту виконаного поєднанням ранньовесняного боронування та двох культиваций по зяблевій гладенькій оранці [10, 12, 13, 14, 18, 20, 26, 27, 30, 31]:

При підвищеній вологості для швидшого підсихання ґрунту до фізичного стану придатного для сівби буряків можна сіяти у гребені, використовуючи спеціальні культиватори-гребенеутворювачі. Гребені для посіву мають висоту 80-120 мм, ширину біля основи 250 мм, вирина при вершині 120 мм, відстань між центрами рядків традиційна – 450 мм.

Гребенева технологія вирощування деяких просапних культур, зокрема кукурудзи, не набула широкого застосування у порівнянні з гладенькими посівами, оскільки потребує застосування знарядь із спеціально розробленими робочими органами, а використання їх на невеликих площах не дає економічного ефекту.

Доцільніше виглядає сівба цукрових буряків на дно борозни, особливо це актуально для посушливих зон України. Таку сівбу можна використовувати в умовах недостатнього зволоження на момент сівби буряків (15.04...25.04), тобто коли верхній шар ґрунту, що зазнав багатократного впливу робочих органів ґрунтообробних машин (ранньовесняне боронування, допосівні культивції), на глибині 4...5 см, а це зона висіву насіння, практично зневоднений.

Щоб гарантувати отримання дружних сходів цукрових буряків, потрібно щоб його насіння було загорнуте глибше пересушеного шару і вкладене на вологе дно борозни. Однак є пересторога, що надміру велика глибина загортання і значна відмінність енергії проростання окремо взятих насінин призводить до неодноразової появи сходів буряків. Окрім того, якщо глибина загортання насіння буде більша 6 см, то отримані сходи вийдуть ослабленими, а це призведе до нерівномірної їх висоти особливо у перші фази розвитку, що погіршує догляд за посівами, міжрядну культивування та боротьбу з бур'янами.

Найчастіше на посівах цукрових буряків проростають коренепаросткові та широколисті бур'янами, а боротьбу з ними – обробку гербіцидами, потрібно виконати у дуже швидкоплинній фазі розвитку культурних рослин – поява трьох-п'яти справжніх листків. Через різницю розвитку рослин часто утруднене або неможливе хімічне прополювання посівів для отримання бажаного результату.

Для усунення таких недоліків пропонується застосування способу посіву цукрових буряків із використанням спеціального робочого органа – борознороба. Процес сівби покращиться, оскільки перед сівбою знаряддям обладнаним спеціальними робочими органами (борозноробами) будуть сформовані борозни глибиною 6...8 см. Сівбу виконують водночас із нарізанням борозен, тобто одразу за борозноробами будуть рухатися полозовидні сошники серійної сівалки ССТ-12Б. При такій сівбі відкриватиметься вологе дно борозни на яке вклатиметься насіння буряків. Орієнтовна глибина загортання – 3...4 см. Мілке загортання у вологий шар забезпечуватиме швидкі та одночасні сходи і подальший однаковий розвиток цукрових буряків у їх наступні фази.

Сівба цукрових буряків має бути виконання із дотриманням агротехнічних вимог, наведених нижче.

Сіяти потрібно насінням тільки першого класу при лабораторній схожості 75...90 %, чистоті не нижче 99,2 %, вмісті подрібненого насіння до 0,5 %, насіння має бути завчасно протруєне отрутохімікатами або дражоване відповідно вимог;

Посівні роботи не затягують, загальна тривалість не довше п'яти-шести днів. Сівба на одному полі має бути виконана за один-два дні;

Норма висівання насіння і добрив, глибина загортання насіння має бути встановлена агрономами для кожного окремого випадку сівби у господарствах, де їх вирощують, враховуючи конкретні ґрунтово-кліматичні умови та зональні рекомендації.

Сіють цукрові буряки сівалками, які забезпечують плавність регулювань глибини, на яку загортають насіння і гранульовані мінеральні добрива, у межах 3...10 см. Добрива потрібно загортати нижче від насіння на глибину до 3 см з розташуванням збоку від рядків на відстані 3 см. Конструктивно у сівалках має забезпечуватися глибина загортання насіння з можливими відхиленнями від заданої у межах не більше ніж $\pm 0,5$ см.

Висіваючі апарати і загортаючі органи є основними складовими сівалок

забезпечуючи рівномірне розподілення насіння у рядках. Інтервал між насіннями у рядках може мати відхилення від розрахованого у діапазоні не більше $\pm 30\%$. Дотримання заданого інтервалу при допустимих відхиленнях має бути забезпечено – вкладання не менше 70% насіння з нормами висіву до 70 тис/га, а також 65% з нормами висіву 80...110 тис/га.

Відхилення від заданої норми висіву насіння не повинно перевищувати 5% при нормах висіву 60...70 тис/га і 8% при нормі висіву 80...110 тис/га.

Сівалки для висіву буряків повинні забезпечувати встановлену норму висіву в межах 60...180 тис/га, крок регулювання при цьому 3...5 тис. шт.

Висіваючі апарати сівалок мають висівати повноцінне насіння, дотримуючись допустимого травмування не більше $0,5\%$ посівного матеріалу.

Сівалки під час роботи мають працювати забезпечуючи однакову ширину міжрядь на всьому полі – 450 мм. Допустиме відхилення значень цього показника – не більше 1 см на основних міжряддях, та не більше 5 см на стикових. Перевищення рекомендованої чи розрахованої норми висіву насіння та мінеральних добрив можливе $\pm 10\%$ для всього діапазону норми висівання.

У сівалках обов'язково є пристрої, які контролюють висівання насіння і гранульовані мінеральні добрива. Сівалки найчастіше працюють при робочій швидкості агрегатів до 9 км/год, обов'язковим є забезпечення якісних показників роботи – висівання насіння буряків одночасно з гранульованими мінеральними добривами.

Рядки засіяні цукровими буряками мають бути прямолінійними, відхилення від осрової лінії рядка на довжині 50 см допускається не більше 5 см. На кінцях гонів вибирають ширину поворотних полос, яка має відповідати 3...4 захватам посівних агрегатів. Після завершення сівби поля вирівнюють і за необхідності прикотковують.

Базові та удосконалені моделі сівалок ССТ-12Б і ССТ-12В на виконанні технологічного процесу забезпечують дотримання якісних показників точності сівби цукрових буряків. Основним їх недоліком є висока нерівномірність глибини загортання насіння [10, 12, 13, 14, 18, 20, 26, 27, 30, 31]:

1.3. Аналіз конструкцій сівалок для сівки буряків

Найбільше конструкцій висівних апаратів з механічними комірковими дисками для висівання насіння цукрових буряків було створено виробниками сівалок у Німеччині, Франції, Англії, США та ін. Коміркові диски можуть бути вертикальними, горизонтальними або нахиленими. Пізніші конструкції сівалок обладнували пневмомеханічними висівними апаратами (рис. 1.1).

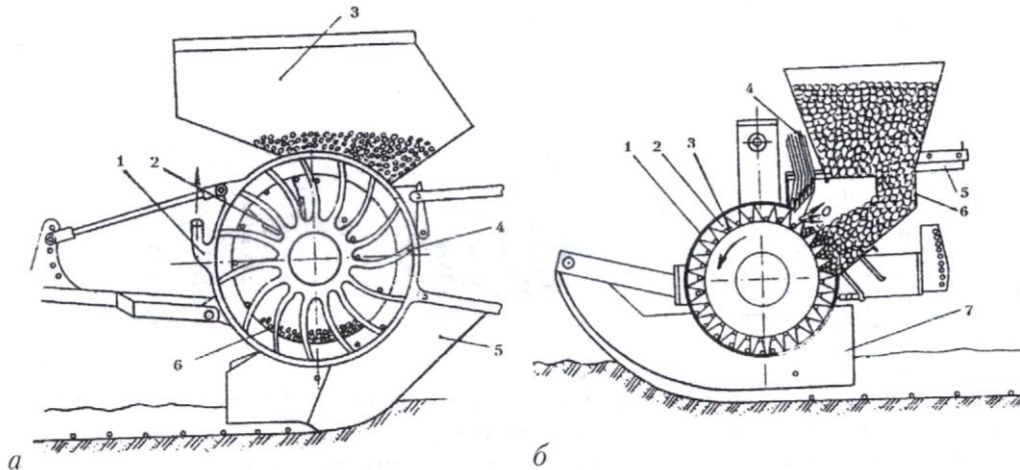


Рисунок 1.1

Найкращими вважають просапні сівалки обладнані пневматичним висіваючим апаратом, якість сівки яких аналізували на основі точності розподілу насіння у борозні при робочій швидкості посівного агрегату – 8 км/год (дані наукових досліджень). Високої точності при розміщенні насіння у рядках досягають за умови висіву дражованого насіння.

Найважливіша передумова роботи сівалок однозернового посіву – якісна підготовка посівного ложа і сівка за один прохід. Технологічні операції обробітку ґрунту і сівки суміщають, щоб запобігти значному просиханню ґрунту на основну глибину сівки, тобто глибше рекомендованої – 4...6 см.

Багато із сучасних сівалок мають вакуумні висіваючі апарати, у яких зайве насіння з комірок видувують стисненим повітрям. Глибину загортання насіння на сівалках регулюють, у більшості регулювання виконується безступінчасто.

Найчастіше для сівби цукрових буряків використовують сівалки з пневматичними висіваючими апаратами, які приводять в рух вали відбору потужності тракторів. Для встановлення і регулювання глибини борозен, у які закладають насіння, використовують різні способи та електронні пристрої.

Поширеною в Україні є сівалка Kinze-2000 (виробник Джон-Дір М-7100). Її (рис. 1.2) використовують для сівби різних просапних культур, як у підготовлений до сівби ґрунт, так і у непідготовлений ґрунт. За такого використання на неї встановлюють дискові гофровані ножі, які виконують попереднє нарізання борозен для проходу дводискових сошників. Сівалку також комплектують пристроєм для внесення гранульованих гербіцидів ґрунтової дії. Висіваючий апарат розподіляє насіння у рядках відповідно до агротехнічних вимог. Робоча швидкість сівалки до 11 км/год. Сівалки Kinze-2000, які одночасно висівають 12 рядків, агрегують з тракторами Т-150К, ХТЗ-17021, ХТЗ-16031, ХТЗ-120/121 та ін.

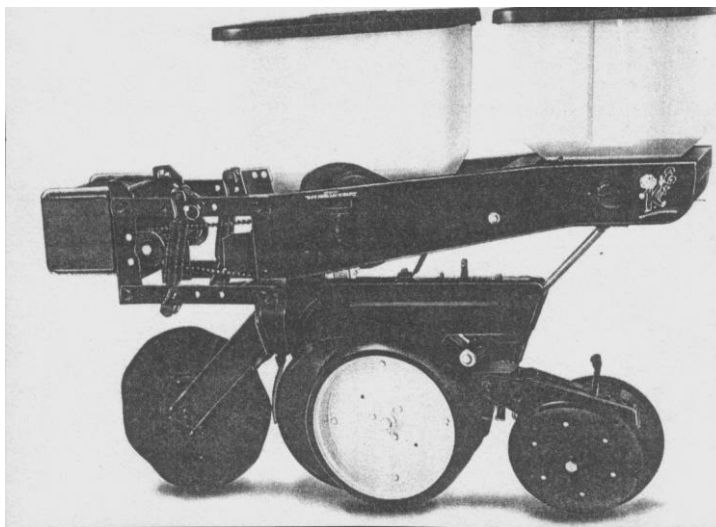


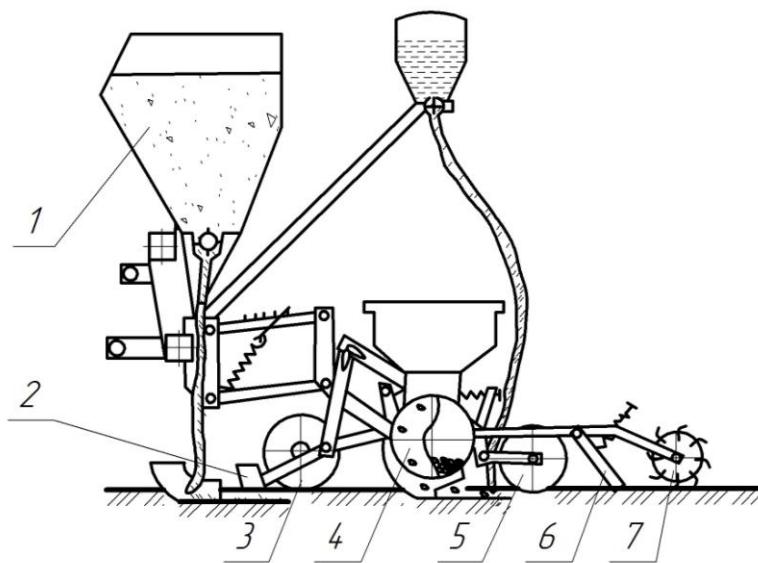
Рисунок 1.2

Просапні сівалки фірми «Accord» (Німеччини) мають аналогічні до вітчизняних просапних сівалок конструкції висіваючих апаратів, приводів робочих та загортаючих механізмів.

Комбіновані сівалки фірми Amazone (Великобританія) за одним прохід агрегату виконують передпосівний обробіток і сівбу з прикочуванням.

Фірма Rau (Німеччина) для посіву насіння цукрових буряків виготовляє

4...14-рядкові начіпні сівалки Exakta S (рис. 1.3), обладнані дисковими механічними висівними апаратами, які мають одним чи двома ряди отворів на циліндричній частині дисків. Посівні секції встановлюють на підпружинених радіальних повідках, що мають регульований по висоті грудковідвід, передній та задній обгумовані котки, які об'єднанні балансірним механізмом, що встановлений між ними. Також є полозовидні сошники та регульовані загортачі або грудкоподрібнювач. Завдяки балансірному механізму, що забезпечує краще копіювання рельєфу поля, досягають відповідної і рівномірної глибини загортання насіння вздовж рядків.



1 – пристрій для внесення добрив; 2 – грудковідвід; 3 – передній коток; 4 – висівний апарат; 5 – задній коток; 6 – загортач; 7 – ротаційний розпушувач;

Рисунок 1.3

Сівба цукрових буряків на значних посівних площах відрізняється специфічністю умов, тому потребує використання спеціалізованих бурякових сівалок, робочі органи яких відповідали би вимогам різних технологій посіву та розмаїттю ґрунтово-кліматичних умов.

Особливість сівби насіння цієї рослини – у мілкому загортанні насіння у ґрунт, глибина – 4...5 см. Якщо передпосівну культивуацію виконали на глибину загортання насіння, то через це висушується шар ґрунту, куди воно має потрапити, ще одна з причин негативного впливу окремо виконаної культивуації у тому, що навіть через незначне відхилення від вимог до її

виконання будуть недружні сходи або запізнення їх появи. Разом усе це призводить до зниження врожайності коренеплодів. Тому, посів є найвідповідальнішою операцією, що забезпечує закладання густоти рослин – основи майбутнього врожаю.

Суттєві зміни у технології вирощування цукрових буряків можуть бути спричинені зниженням норми висіву насіння. З одного боку це сприяє значному скороченню трудовитрат на обробіток буряків, знижує економічні затрати, але потребує чіткого дотримання усіх інших заходів. Зменшення норми висіву досягають завдяки дотриманню рівномірності розташування насіння на потрібній глибині дотримуючись відхилення не більше $\pm 0,5$ см. Щоб отримати дружні сходи цукрових буряків при зниженій нормі висіву до агротехнічно допустимої потрібно підібрати комплекс машин, який виконуватиме передпосівну підготовку ґрунту та посів так, щоб, дотримуючись мінімально допустимої глибини загортання, вкласти насіння у вологий шар.

Отже, підвищити якісні показники сівби насіння цукрових буряків – покладено за мету у даній роботі. Основна частина роботи направлена на обґрунтування удосконалення конструкції сівалки, що забезпечуватиме сівбу у вологий шар ґрунту на оптимальну глибину при зниженій нормі сівби. Реалізувати запропоноване можна завдяки перенесенню пересушеного шару ґрунту з рядків у міжряддя, а насіння буде вкладатися на мінімально допустиму глибину 2,5...3 см у відкритому дні борозни. Щоб довести доцільність такого заходу потрібно виконати такі завдання: обґрунтувати яким має бути пристосування для сівби у вологий шар ґрунту на мінімально допустимій глибині при попередньому знятті сухого шару; обґрунтувати пристосування яким можна реалізувати внесення гербіциду для боротьби з бур'янами за умови дотримання вимог ресурсо- та енергозбереження; пристосування доцільно розробити максимально використовуючи серійні робочі органи обприскувачів; обґрунтувати вигляд схеми агрегату, що забезпечує сівбу насіння у вологий шар на мінімально допустиму глибину разом із стрічковим внесенням гербіциду; виконати необхідні розрахунки удосконаленого агрегату.

2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИСІВАННЯ НАСІННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ВСТАНОВЛЕННЯМ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ СІВБИ У БОРОЗНУ

2.1. Обґрунтування комплектування посівного агрегату для виконання сівби у борозну

Змінність ґрунтово-кліматичних зон нашої країни потребує змін в агро-техніці вирощування культурних рослин, особливо це відчутно для просапних культур. До прикладу, для цукрових буряків, за оптимальних погодних умов, рекомендована сівба на рівну поверхню поля, або гладенька сівба. За недостатньої вологості ґрунту та в результаті допосівного обробітку при відносно високих весняних температурах, розпушений шар ґрунту швидко висихає.

Сіють цукрові буряки у кінці квітня – на початку травня, щоб уникнути пізньовесняних заморозків. Глибина загортання 5...6 см, а там ґрунт практично зневоднений, у результаті можуть бути зріджені сходи рослин, запізнїла поява сходів, а це призводить до зниження врожайності. Щоб отримати гарантовані сходи насіння, потрібно загортати його глибше пересушеного шару, вкладаючи насіння на вологе дно борозни. А це має свої недоліки – завелика, ніж рекомендовано агротехнікою, глибина загортання насіння та відмінність енергії проростання окремих насінин, призводить до неодночасної появи сходів, також вони можуть бути ослабленими, а це веде до затримки їх росту, особливо у перших фазах розвитку. У цей період появляються сходи бур'янів, боротьба з якими утруднена як агротехнічними, так і хімічними заходами, що спричинено різницею росту та розвитку культурних рослин [20, 26, 27, 30, 31, 32].

Проаналізувавши передумови для появи сходів буряків та конструктивні рішення сівалок, у роботі пропонується застосування спеціального робочого органу – борознороба, який формуватиме борозни глибиною 5...8 см, щоб забезпечити оптимальні умови посіву насіння цукрових буряків (рис. 2.1). Борознороби відкривають вологе дно, по якому одразу за ними рухаються полозовидні сошники серійної сівалки ССТ-12Б. При такій сівбі насіння

цукрових буряків загортають на глибину 3...4 см. Завдяки мілкому загортанню у вологий шар сходи появляються швидко та одночасно, чим забезпечуються умови для однакового розвитку рослин буряків у наступні фази.

Посівний агрегат для виконання сівби цукрових буряків у борозну за один прохід виконує кілька технологічних операцій у такій послідовності: нарізування борозен, висів насіння цукрових буряків, внесення на ширину борозен робочих розчинів допосівних гербіцидів; загортання висіяного насіння і внесених робочих розчинів гербіцидів, ущільнення ґрунту у рядках, вирівнювання рядків. Усі необхідні агротехнічні операції, а саме, сівбу, загортання насіння, ущільнення рядків та їх вирівнювання здійснюють робочі органи сівалки пунктирного типу ССТ-12Б.

Сівалку ССТ-12Б для виконання технологічного процесу готують таким чином. Засипають насіння цукрових буряків у насінневі бункери, добрива засипають у туковисівні апарати. Під час руху сівалки полем обертаються висівні диски встановлені у насінневисівних апаратах. Конструкція бункерів така, що насіння самопливом поступає у комірки висівних дисків, з яких подається у місця викидання. Біля комірок дисків завжди буде зайве насіння, яке зчищають ролики. У висівних дисках є комірки, які мають різні розміри, тому диски підбирають відповідно до розмірів насіння, яке попередньо сортують, так, щоб у кожній комірці поміщалася лише одна насінина. Випадання насіння з комірок відбувається тільки у нижній частині дисків, де воно натрапляє на клиноподібні виштовхувачі. З комірок дисків насінини потрапляють у борозенки, які створюють насінневі сошники. Борозенки, у яких висипалося насіння, вкриваються ґрунтом завдяки його самоосипанню, опісля прикочуються заднім колесом, завдяки чому поліпшується контакт насіння з ґрунтом і до нього підтягується волога. Загортачі встановлюють за заднім колесом, вони забезпечують повне закривання борозенок шаром вологого ґрунту та утворюють горбики висотою 10...30 мм. Потрібну висоту горбків отримують регулюючи активність крил загортачів. Кожну борозенку, у яку висівають насіння, утворюють насінневі сошники, проходячи поміж двома

рядками добрив, які внесли тукові сошники. У сошники добрива поступають тукопроводами з туковисівних апаратів. Борозенки з насінням і внесеними добривами засипаються ґрунтом завдяки самоосипанню і їх прикочують передні колеса.

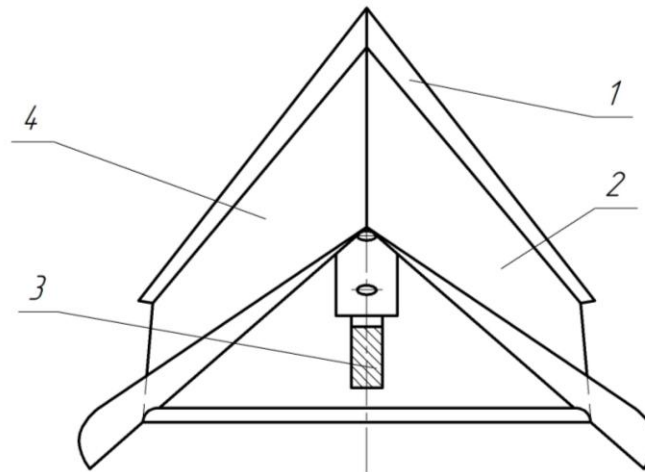
Кількість насіння, яке висівають, регулюють змінюючи число робочих комірок у дисках (це можна зробити встановивши сектор, який перекриватиме один рядок комірок) та частоту обертання дисків, яку вони отримують від коробки передач. Кількість мінеральних добрив для внесення регулюють змінюючи величину висіваючих вікон у туковисівних апаратах. Глибину ходу кожного сошника регулюють перестановляючи шплінт, який з'єднує кулісу в посівній секції і рамку прикочувального колеса [5, 15, 26, 27, 30, 31, 32].

Навішують сівалку ССТ-12Б на задню гідронавіску трактора керуючись інструкцією з експлуатації [14] та дотримуючись такої послідовності. Спершу встановлюють рамку автозчіпки СА-2 на нижню і центральну верхню тяги гідронавіски трактора, для цього змінюють довжину центральної тяги і вертикальних розкосів, рамку встановлюють вертикально. Нарізання борозен для сівби і внесення смугами робочих розчинів гербіцидів здійснюють задіюючи спеціальні робочі органи й агрегати. Сівалка ССТ-12Б з борозноробами показана в ілюстративній частині роботи.

Нарізання борозенок для сівби виконують спеціальними робочими органами – борозноробами (рис. 2.1). Конструктивно їх виконують так: на стрілчасті лапи культиватора УСМК-5,4, які мають ширину захвату 220 мм, у проміжок між крилами лап і їх стійками електрозваркою прикріплюють лівобічні і правобічні полиці від підгортальників КРН-5,2 і КРН-5,3. Зварюють з протилежного боку до руху ґрунту, завдяки чому зварювальний шов не заважатиме переміщенню шару ґрунту під час відкриття борозен.

Під час нарізання борозен потрібно забезпечити задану глибину формування борозен і копіювання рельєфу поля, тому борознороби встановлюють на гряділі, що має паралелограмну підвіску. Надійність у роботі та довговічність роботи шарнірів підвіски досягається завдяки встановленню

з'єднання на підшипники. Таке конструктивне виконання борозноутворювальних робочих органів забезпечує приєднання паралелограмної підвіски до бруса за допомогою хомутів. Брус має довжину, яка співрозмірна з довжиною бруса сівалки, поперечні бруси кріплять електрозварюванням до головної балки, вони мають довжину 850 мм. Борознороби через стійку монтують у тримачі культиватора УСМК-5,4.



1 –стрілочаста культиваторна лапа; 2 – правобічна полиця; 3 – стійка стрілкової лапи; 4 – лівобічна полиця.

Рисунок 2.1 – Схема борознороба:

На рисунку 2.2 показані поперечні бруси 2, прикріплені до балки 1 (див. рис. 2.2а), які через хомути (рис. 2.2б) кріплять їх до бруса сівалки ССТ-12Б. Борознороби встановлюють так, щоб співпадали осі симетрії робочого органу (борознороба) і посівної секції сівалки.

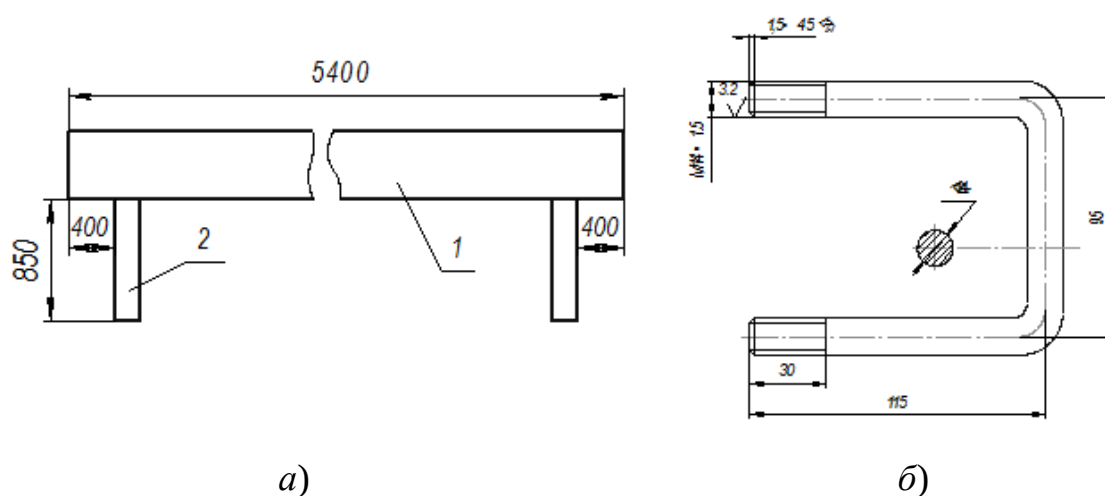


Рисунок 2.2:

Конструктивне виконання стійки борознороба відповідає жорсткому стояку культиваторних лап (рис 2.3), а наральник – стрілчастій лапі (рис. 2.4).

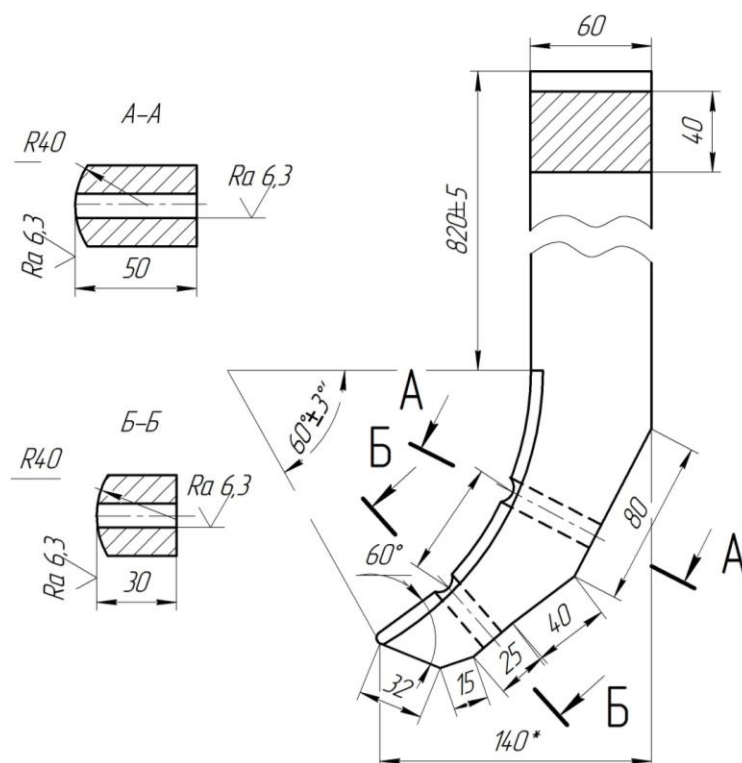


Рисунок 2.3

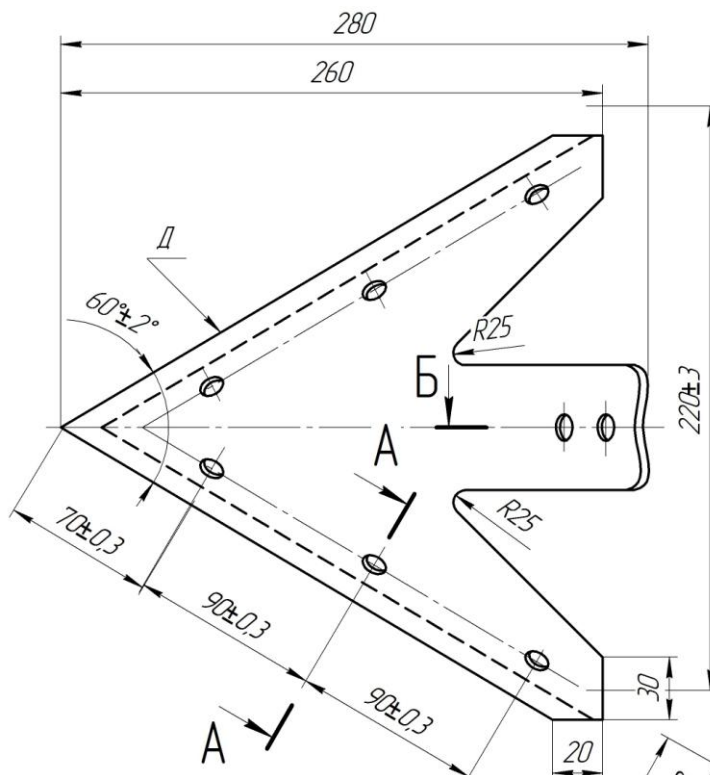


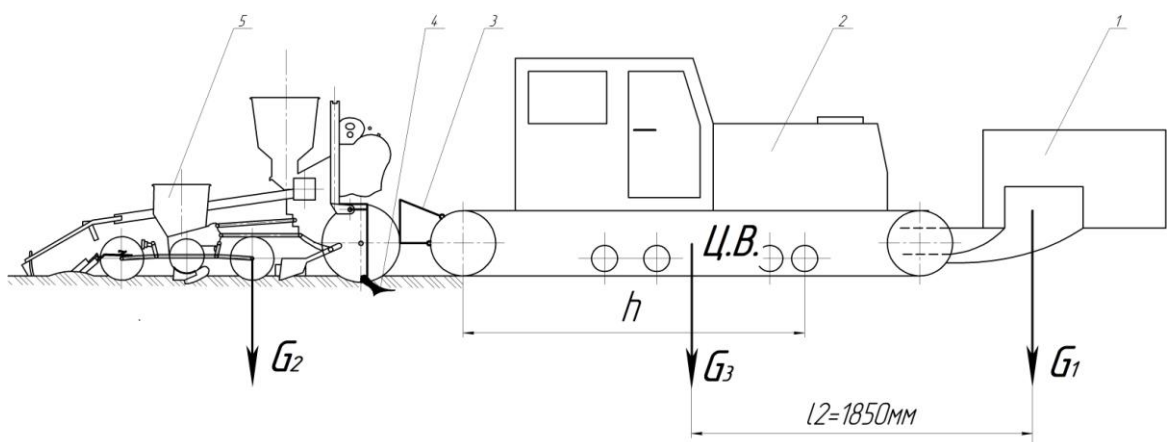
Рисунок 2.4

Завдяки конструктивному виконанню борознороби (див. рис. 2.1) формують борозенки з урахуванням місць вкладання насіння і осипання ґрунту для його прикривання, щоб запобігти осипанню у борозну сухого ґрунту з боків рядка на стійки встановлюють полиці, які відсувають сухий ґрунт у бік.

Отже, пропонована конструкція створює умови для удосконалення процесу висівання насіння цукрових буряків, реалізується завдяки тому, що агрегат забезпечує незалежне копіювання робочими органами, що виконують посів, а саме – борозноробами і посівними секціями поверхні поля, що створює умови для рівномірного загортання насіння цукрових буряків на задану глибину з відхиленням в агротехнічно допустимих межах.

2.2. Технологічні розрахунки укомплектованого посівного агрегату для сівби насіння цукрових буряків у борозну

Сівбу у борозну відкаліброваного насіння цукрових буряків виконують використовуючи прийняті конструктивні рішення, для реалізації яких тяговою машиною, що забезпечуватиме за один прохід полем, нарізування борозен, висів насіння, внесення стрічками на дно рядків робочого розчину гербіциду, використовуємо трактор ДТ-75М з відповідними робочими органами (рис. 2.5), приводом якого є дизельний двигун на потужність 66,2 кВт [16, 19].



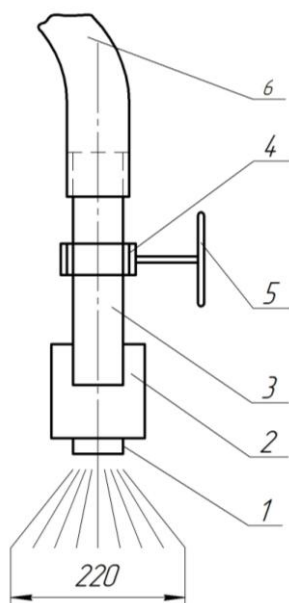
1 – обприскувач-підживлювач ПОМ-630; 2 – трактор ДТ-75М; 3 – гідронавіска трактора; 4 - борознороб; 5 – сівалка ССТ-12Б

Рисунок 2.5 – Схема агрегата для сівби у борозну цукрових буряків

У частині рами спереду трактора 2 (див. рис. 2.5) перехідними кронштейнами встановлюють обприскувач-підживлювач типу ПОМ-630 – поз.1, він забезпечуватиме внесення смугами робочого розчину гербіциду. На задній міст тягової машини (трактора) встановлюють шестеренний насос, для приводу якого в рух, його приєднують до хвостовика вала відбору потужностей трактора через шліцеву втулку.

Насос під надлишковим тиском забирає з двох з'єднаних між собою місткостей обприскувача робочий розчин гербіциду і подає на регулятор тиску. Таких регуляторів встановлено два: краном одного з них задають величину тиску на розпилювачах, другий використовують, щоб скидати зайву робочу рідину у місткості обприскувача. Робоча рідина надходить на колектор дозовано, звідки через окремий трубопровід вона потрапляє до щілинних плоскофакельних розпилювачів (рис. 2.6). Розпилювачі встановлюють у корпуси, які через різьбове з'єднання змонтовані на живильній металевій трубці. Трубку кріплять у кронштейні, забезпечуючи тим самим зміну положення розпилювачів за висотою.

Форсунки розпилювачів, які використовують для комплектування агрегату для сівби цукрових буряків у борозну, мають відмінності від серійних розпилювачів, використовуваних на самохідних та причіпних обприскувачах,



завдяки забезпеченню закону розподілу рідини близького до прямокутника, досягаючи коефіцієнта варіації нерівномірності розпилення в межах $\pm 40\%$. Використовуючи вороток 5 (див. рис. 2.6), пересувають трубку 3 із закріпленим на ній розпилювачем 1 так, щоб створити ширину оброблюваної смуги 220 мм. Враховуючи, що ширина дна борозни для посіву також 220 мм, то відповідно воно буде гарантовано оброблено розчином гербіциду.

- 1 – розпилювач; 2 – гайка-корпус;
3 – металева трубка; 4 – кронштейн;
5 – вороток; 6 – гнучкий шланг.

Рисунок 2.6 – Схема розташування розпилювача

На вал відбору потужності трактора на частоті обертання 543 об/хв встановлюють шестеренний насос. Регулятор тиску робочої рідини прикріплюють ззовні до кабіни трактора болтовими з'єднаннями. Манометр, яким контролюють тиск у напірній магістралі обприскувача, монтують у полі зору механізатора. Робочий розчин гербіциду подають гідросистемою, ввімкнення і вимкнення якої виконують з кабіни трактора.

Розрахуємо якою буде витрата робочої рідини гербіциду на гектар площі посіву буряків, користуючись формулою [16, 31, 39]

$$q_{P1} = \frac{Q_{за} \cdot V_P \cdot B_{PO}}{600 \cdot n_{P3}}, \quad (2.1)$$

де q_{P1} – витрати робочої рідини гербіциду з одного розпилювача, л/хв;

$Q_{за}$ – гектарні витрати робочої рідини, $Q_{за} = 300$ л/га;

V_P – робоча швидкість пересування посівного агрегата, $V_P = 8$ км/год;

B_{PO} – ширина робочої зони захвату при обробці гербіцидом, м;

n_{P3} – число розпилювачів, $n_{P3} = 8$ шт.

Визначимо робочу ширину захвату при внесенні гербіциду

$$B_{PO} = 0,28 \cdot n_{P3} = 0,28 \cdot 8 = 2,24 \text{ м.}$$

Тоді витрати робочої рідини гербіциду будуть

$$q_{P1} = \frac{300 \cdot 8 \cdot 2,24}{600 \cdot 8} = 1,12 \text{ л/хв.}$$

Вибираємо розпилювачі, які мають хвилинну витрату 1,0 л/хв. Завдяки підвищенню тиску, який створюється у напірній магістралі обприскувача витрати робочої рідини доводять до 1,12 л/хв.

За ширини захвату агрегата під час сівби – 5,4 м, фактично обробленою гербіцидом буде площа у 2,24 м, що дорівнює 40 % від усієї площі під час посіву. Враховуючи оптимальну норму витрати гербіцидних препаратів (харнес, троффи) – 3 л/га, отримаємо, що у смуги вноситимуть обґрунтовану кількість гербіциду; на потрібну посівну площу вноситимуть гербіцид на дно борозен з витратою 1,12 л/хв, тобто при застосуванні комбінованого агрегату для сівби у борозну з внесенням гербіциду, буде економія препарату біля 60 %, що відповідатиме витраті – 1,8 л/га площі, яку засівають.

Сіють цукрові буряки у борозну сівалкою ССТ-12Б, привод якої реалізується від заднього ВВП трактора. Висіваючим апаратам потрібен вакуум, створення якого відбувається енергією вихлопних газів тракторного двигуна завдяки використанню газоструменевому компресору ГСК-3,0. Сівалка має лівий і правий маркери, які займають робоче положення переведенням їх гідросистемою трактора.

У передній частині трактора змонтований обприскувач для смугового внесення гербіцидів, на задню гідронавіску 3 (див. рис. 2.5) встановлюють посівний агрегат, складений з сівалки 5 з борозноробом 4, то потрібно виконати розрахунки, які підтверджують дотримання повздовжньої стійкості агрегата в роботі.

Масу борознороба приймемо співрозмірно з масою культиватора УСМК-5,4 – тобто $G_B = 870$ кг, маса сівалки ССТ-12Б – $G_C = 1175$ кг, маса обприскувача ПОМ-630 – $G_1 = 970$ кг, маса трактора ДТ-75М – 6670 кг. Маючи базу трактора, тобто відстань між центрами переднього котка гусениці і ведучою зірочкою, $L = 1800$ мм; встановимо відстані відповідно до центрів ваги обприскувача – $l_1 = 1830$ мм і сівалки – $l_2 = 1850$ мм. Масу трактора у розрахунки не включаємо, оскільки вважаємо, що він зрівноважений.

Умова рівноваги посівного агрегата для сівби у борозну згідно прийнятої схеми (див. рис. 2.5) [5, 32, 33, 34]

$$l_1 \cdot G_2 \geq l_2 \cdot G_1 \quad (2.2)$$

Підставивши дані,

$$1830 \cdot (870 + 1175) \geq 1850 \cdot 970 .$$

отримаємо

$$1830 \cdot 2405 > 1850 \cdot 970 .$$

При роботі агрегата маса обприскувача збільшилася на 630 кг за рахунок заливу робочого розчину гербіциду. Відповідно умова рівноваги зміниться

$$1830 \cdot 2405 \neq 1850 \cdot (970 + 630) .$$

За таких умов потрібно зрівноважити агрегат, для цього на передню балку трактора встановлюють додатковий вантаж ΔG_1 , щоб забезпечити виконання умови

$$1830 \cdot 2405 \neq 1850 \cdot (1600 + \Delta G_1) ,$$

з якої визначимо потрібну величину доданого вантажу

$$\Delta G_1 = \frac{1830 \cdot 2405}{1850} - 1600 = 780 \text{ кг} .$$

Кінцево, враховуючи усі вище викладені міркування, приймаємо склад посівного агрегату: трактор ДТ-75М + сівалка ССТ-12Б з борозноробами для сівби цукрових буряків у борозну та з пристосування для смугового внесення гербіциду + обприскувач ПОМ-630. Поздовжня стійкість посівного комбінованого агрегату забезпечується встановленням на передню балку трактора додаткових вантажів масою 780 кг.

Удосконалений агрегат виконує технологічний процес формування посівних борозен у такий спосіб. Після переведення комбінованого агрегата у робоче положення стрілчасті лапи входячи у ґрунт підрізають шар ґрунту і ліво- та правобічними полицями борознороба відкидають цей ґрунт у міжряддя, створюючи відповідний профіль борозенок (рис. 2.7а). Глибину борозенок h визначають з врахуванням глибини вмісту вологи у поверхневому шарі ґрунту, як правило – 50...80 мм, іноді більше – 80...100 мм. Висота валиків ґрунту h_1 у міжряддях залежатиме від глибини борозенок h (рис. 2.7б). Ширина

валиків ґрунту b може коливатися у межах 150...180 мм, при збільшенні глибини ходу борозноробів вона також буде збільшуватися. Такі валики ґрунту, які відкидають сусідні борознороби утворюють невеликі скиби у міжряддях, але завдяки ширині міжрядь, вони не з'єднуються на площі міжрядь, що ілюструє схема розміщення ґрунту в міжряддях (рис. 2.7в).

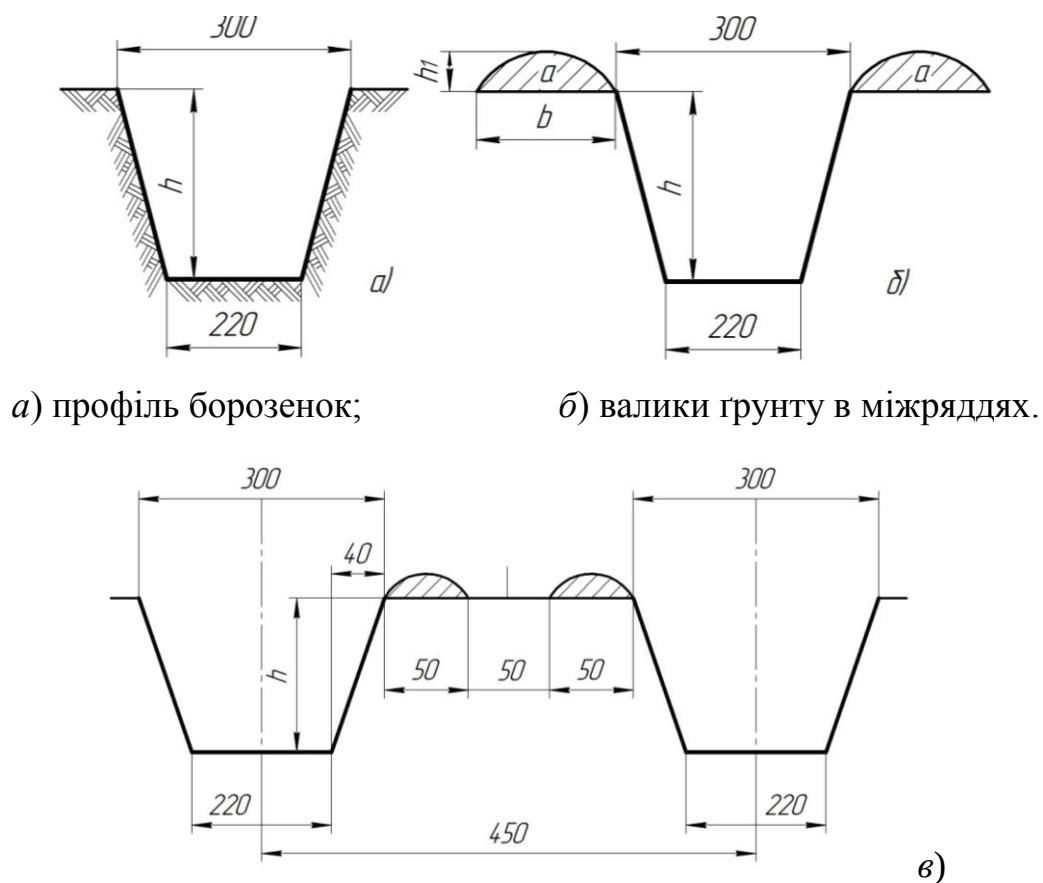


Рисунок 2.7

Під час догляду за такими посівами, при міжрядному обробітку борозенного посіву на просапних культиваторах встановлюють лапи шириною захвату 220 мм, які входять у простір між валиками ґрунту в міжряддях, далі стрілочастими лапами або іншими робочими органами зміщують ґрунт у борозенки. Міжрядний обробіток виконують за умови, що культурні рослини досягли у висоту, яка більше, ніж глибина борозенок.

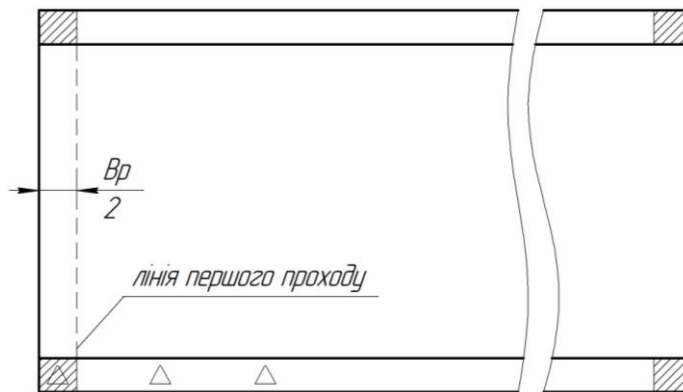
3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ У КОНСТРУКЦІЇ АГРЕГАТУ ДЛЯ СІВБИ У БОРОЗНУ

3.1. Обґрунтування умов роботи посівного агрегату для сівби у борозну цукрових буряків

Обумовимо роботу агрегата, що виконуватиме сівбу цукрових буряків у борозну. Приймемо вихідні параметри для задовільної роботи агрегата. Площу плантації виберемо у 200 га. Довжина гону буде 1000 м. Ґрунтові умови – число ударів твердоміра ДорНДІ у діапазоні від 4 до 7. Агрегат працює на робочій швидкості – 8 км/год, тобто (2,22) (м/с). На поворотах швидкість потрібно зменшувати до 7 км/год, на переїздах не перевищувати – 12 км/год. Спосіб висіву насіння – пунктирний у борозну. Посівний агрегат складається з борознороба і сівалки ССТ-12Б, тяговою машиною є трактор ДТ-75М. Борозни нарізають на глибину – 8...10 см. Насіння цукрових буряків висівають на глибину – 30...40 мм, дотримуючись норми висівання насіння у 120 тис.шт/га що рівноцінне 6,3 кг/га, приймаючи також норму висівання туків – 100 кг/га [26, 27, 30, 31]. Робочі розчини гербіцидів вносять у нормі 240 л/га. Час затрачений на завантажування насіння і мінеральних добрив – до 0,14 год; час затрачений на заливання робочого розчину гербіциду – до 0,53 год. Ширина захвату посівного агрегата – 5,4 м, радіус поворотів – 3 м, ухил поля – до 2...3 градусів. Рельєф поля має бути рівний. Агрофон для посіву – після ранньовесняного боронування. Агрегат в одному проході суміщає такі операції: нарізування борозен, посів цукрових буряків, смугове внесення робочого розчину гербіциду, загортання насіння і гербіциду, ущільнення ґрунту.

Посів цукрових буряків виконують у такій послідовності. Оглядають поле, зауважуючи, що на поверхні не має бути брил, каміння, звальних гребенів, розгінних борозен чи інших перешкод. Уточняють напрям руху агрегату. Відмічають лінію першого проходу агрегата, розставивши віхи на відстані від краю поля, вона має дорівнює половині ширини захвату агрегата. Сівбу і внесення гербіциду виконують спершу на основному полі, а опісля на поворотних смугах.

Під час виконання технологічного процесу посіву цукрових буряків у борозну використовуваний машинно-тракторний агрегат (тягова машини і робочі знаряддя) переміщають по полю з ввімкненими робочими органами на робочому ході та вимкненими на холостому ході – при маневруванні на поворотній смузі, на переїздах, можливими є також зупинки агрегата на різні потреби – заправка, зупинка на технічне обслуговування за потреби чи усунення несправностей і т.ін. Враховуючи ці моменти потрібно до початку роботи виконати розмітку поля на робочі і неробочі зони [5, 19]. Виконують розмітку поля таким чином – вибирають робочу ділянку (рис. 3.1), яка є частиною або усім полем сівозміни, відведеним для виконання технологічної операції посіву із використанням одного або кількох агрегатів. Робоча ділянка має довжину L_D , ширину B_D і площу s_D . Схема пересування посівного агрегата під час сівби в борозну показана на рисунку 3.2.



Δ – місця для заправлення агрегата насінням і добривами

Рисунок 3.1 – Схема підготовки поля до роботи посівного агрегата

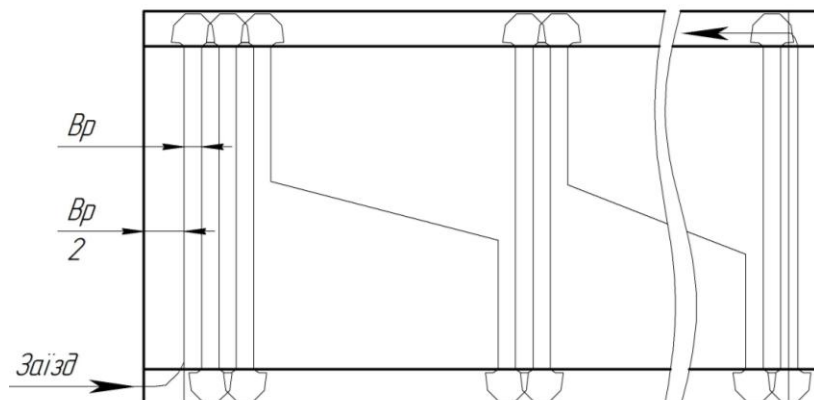


Рисунок 3.2

Частина робочої ділянки чи всього поля, яка виділена для виконання технологічної операції посіву за прийнятого способу руху носить назву робочої загінки або просто загінки. Ширина загінки під час розбивки поля має бути узгоджена з робочою шириною захвату агрегата так, щоб число проходів агрегата по цій загінці дорівнювало цілому числу його робочих ходів.

Частину загінки або частину робочої ділянки, яку використовують для руху агрегата на холостому ході, тобто на поворотах, названа поворотна смуга, а границя між поворотною смугою та іншою частиною загону – контрольна лінія. На цій лінії виконують ввімкнення робочих органів для виїзду агрегата на поворотну смугу та для їх ввімкнення під час виїзду агрегата в робочий прохід загінки.

Ширину поворотної смуги співвідносять з довжиною і шириною агрегату, довжиною виїзду чи заїзду агрегату, радіусом повороту. Приймаючи петлевий спосіб повороту агрегату визначимо якою має бути мінімальна ширина поворотної смуги [5, 8, 9, 15, 16]

$$B_{\text{пс}} = b_{\text{пс}} + (2,7 \dots 3,0) \cdot (R_{\text{п}} - B_{\text{к}} + \Delta Z_{\text{пс}}), \quad (3.1)$$

де $B_{\text{пс}}$ – ширина смуги для повороту, м;

$b_{\text{пс}}$ – відстань, яку потрібно пройти посівним агрегатом від контрольної лінії, розташованої на поворотній смузі до початку маневру, тобто повороту, щоб забезпечити уникнення огріхів через передчасне виключення робочих органів;

$\Delta Z_{\text{пс}}$ – зарезервована частина поворотної смуги;

$R_{\text{п}}$ – радіус маневру, тобто повороту агрегату, $R_{\text{п}} = 3$ м.

Ширину поворотної смуги вибирають кратною або рівною цілому числу пересувань (проходів) агрегату.

Відстань, яка потрібна для просування агрегату від контрольної лінії, розташованої на поворотній смузі, щоб запобігти появі огріхів при роботі буде залежати від

$$b_{nc} = 0,1 \cdot l_K = 0,1 \cdot (l_T + l_M), \quad (3.2)$$

де l_K – довжина посівного агрегата кінематична, м;

l_T і l_M – довжина трактора і робочої машини кінематична, відповідно
 $l_T = 1,55$ м; $l_M = 4,0$ м.

Тоді

$$b_{nc} = 0,1 (1,55 + 4,0) = 0,6 \text{ м.}$$

Відповідно

$$B_{ПС} = 0,6 + 3 \cdot 3 \cdot 5,4 = 49,2 \text{ м.}$$

Посівний агрегат виконує певну кількість проходів полем під час сівби

$$n_A = B_{ПС} / B_A, \quad (3.3)$$

де B_A – ширина полоси, яку захоплює агрегат, $B_A = 5,4$ м.

Тоді

$$n_A = 49,2 / 5,4 = 9,1.$$

Прийmemo дев'ять проходів агрегату полем під час сівби.

Визначимо, якою буде ширина смуги для виконання поворотів агрегата

$$B_{ПС} = n_A \cdot B_A = 9 \cdot 5,4 = 48,6 \text{ м};$$

Відповідно резервна зона поворотної смуги

$$\Delta Z_{ПС} = 49,2 - 48,6 = 0,6 \text{ м, тобто } \Delta Z_{ПС} = 0.$$

Визначимо потрібну довжину робочого ходу посівного агрегата

$$L_P = L_{\Gamma} - 2 B_{ПС}, \quad (3.4)$$

де L_{Γ} – довжина гону, прийmemo, керуючись виданим завданням $L_{\Gamma} = 1000$ м.

Тоді

$$L_P = 1000 - 2 \cdot 48,6 = 902,8 \text{ м.}$$

Обґрунтуємо яким способом буде рухатися посівний агрегат для виконання технологічного процесу. Він залежить від виду виконуваних операцій, у даному випадку сівби цукрових буряків у борозну з одночасним смуговим внесенням гербіциду, складу агрегату, у даному випадку – це трактор з навішеним обприскувачем та сівалкою додатково обладнаною борозноробом, розміру та конфігурації поля. Для удосконаленого посівного агрегату приймемо гоновий спосіб організації виконання посівних робіт, на індивідуальному загоні МТА буде рухатися човниковим способом.

Оцінимо вибраний спосіб руху агрегату через коефіцієнт робочих ходів [5, 8, 9, 15, 16]

$$\varphi_{PX} = \frac{L_{PX}}{L_{PX} + L_{XX}}, \quad (3.5)$$

де L_{XX} – довжина шляху, яку проходить агрегат на холостому ході, м.

Довжина холостого ходу, яку проходить агрегат у межах одного загону, найбільше залежить від ширини захвату агрегату

$$L_{XX} = (6,6 \dots 8) \cdot 3B_A + 2b_{nc}. \quad (3.6)$$

Визначимо

$$L_{XX} = 7 \cdot 3 \cdot 5,4 + 2 \cdot 0,6 = 114,6 \text{ м.}$$

Визначимо потрібну довжину шляху робочого ходу

$$L_{PX} = L_P \cdot n_A. \quad (3.7)$$

Тоді

$$L_{PX} = 100,3 \cdot 9 \approx 902,8 \text{ м.}$$

Відповідно значення коефіцієнта робочих ходів

$$\varphi_{PX} = \frac{902,8}{902,8 + 114,6} \approx 0,89.$$

Обов'язковим є контролювати якість роботи, а для сівби це особливо

важливо, оскільки у поєднанні із доглядом за посівами, зокрема внесенням гербіцидів, це забезпечує урожайність. Тому виконавши перший прохід посівного агрегату, потрібно перевірити, чи дотримана відстань між насінинами у рядку. Двонасінного висіву і пропусків не має бути. Перевіряють також рівномірність глибини висівання насіння і дотримання ширини міжрядь. Важливим під час роботи агрегату є дотримання прямолінійності його руху і забезпечення ширини стикових міжрядь. Завершивши роботу виконують перевірку її якості керуючись агротехнічними вимогами: відхилення не більше 10 % від заданої норми висівання насіння; відхилення не більше $\pm 0,5$ см від рекомендованої глибини висівання насіння.

3.2. Продуктивність агрегату для посіву цукрових буряків у борозну

Виконання технологічного процесу будь-яким сільськогосподарським агрегатом характеризується кількома основними показниками, визначальним з яких є продуктивність.

Продуктивність – параметр, який залежить від кількості роботи виконаної за одиницю часу. У даній роботі для удосконалення процесу посіву цукрових буряків удосконалено комбінований посівний агрегат, продуктивність якого визначаємо у га/год або га/зм.

Визначимо годинну продуктивність [5, 9, 16]

$$W_{\text{ГОД}} = 0,1 B_P \cdot V_P \cdot \tau_P, \quad (3.8)$$

де τ_P – коефіцієнт, що визначає як використано робочий час зміни,

$$\tau_P = T_P / T_{\text{ЗМ}}, \quad (3.9)$$

де T_P – основний час у зміні, год;

$T_{\text{ЗМ}}$ – час робочої зміни, $T_{\text{ЗМ}} = 7$ год.

Основний час зміни має кілька складових, визначаємо їх згідно рекомендації [9, 19]:

- T_{xx} – час на холостий хід для переїздів, $T_{xx} = 0,06$ год;
- $T_{пз}$ – час підготовчо-заклучний, $T_{пз} = 0,064$ год;
- $T_{то}$ – час для технічного обслуговування посівного агрегату,
 $T_{то} = 0,20$ год;
- $T_{тд}$ – час для технічного догляду $T_{тд} = 0,054$ год;
- $T_{вд}$ – час на усунення можливих відмов, $T_{вд} = 0,104$ год;
- $T_{пп}$ – час для переїздів, $T_{пп} = 0,33$ год;
- $T_{зп}$ – час затрачений на зупинки з організаційних причин,
 $T_{зп} = 0,074$ год;
- $T_{вц}$ – час на відпочинок, $T_{вц} = 0,5$ год.

Залежність для визначення основного часу зміни [9, 19]

$$T_p = T_{зм} - T_{xx} - T_{пз} - T_{то} - T_{тд} - T_{вд} - T_{пп} - T_{зп} - T_{вц}, \quad (3.10)$$

за якою отримаємо

$$T_p = 7 - 0,5 - 0,06 - 0,064 - 0,20 - 0,054 - 0,104 - 0,33 - 0,074 = 5,614 \text{ год.}$$

Тоді коефіцієнт

$$\tau_p = 5,614 / 7 = 0,8.$$

Визначимо величину годинної продуктивності агрегату

$$W_{год} = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 8 \cdot 0,8 = 3,46 \text{ га/год.}$$

Відповідно матимемо продуктивність агрегата за зміну

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}, \quad (3.11)$$

$$W_{зм} = 3,46 \cdot 7 = 24,3 \text{ га/зм.}$$

Важливим показником є витрата паливо-мастильних матеріалів [9, 19]

$$q_{ПММ} = \frac{Q_P \cdot T_P + T_{ХП} \cdot Q_{ХП} + Q_{ЗП} \cdot T_{ЗП} + Q_{ПОВ} \cdot T_{ПОВ}}{0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot \tau_P \cdot T_{ЗМ}}, \quad (3.12)$$

де $q_{ПММ}$ – питомі витрати пального, кг/га;

Q_P – годинні витрати пального у робочому режимі, $Q_P = 14$ кг/год;

$Q_{ХП}$ – годинні витрати пального під час холостих переїздів,

$Q_{ХП} = 7,5$ кг/год;

$Q_{ЗП}$ – годинні витрати пального на зупинки, $Q_{ЗП} = 1,9$ кг/год;

$Q_{ПОВ}$ – годинні витрати пального на поворотах, $Q_{ПОВ} = 8$ кг/год;

T_P – час роботи агрегата у номінальному режимі, $T_P = 5,614$ год;

$T_{ХП}$ – час руху агрегата на холостих переїздах, визначають за формулою

$$T_{ХП} = 0,3 (T_{ЗМ} - T_P), \quad (3.13)$$

тобто

$$T_{ХП} = 0,3 (7 - 5,614) = 0,43 \text{ год};$$

$T_{ЗП}$ – час роботи двигуна трактора на зупинках

$$T_{ЗП} = 0,3 (T_{ЗМ} - T_P), \quad (3.14)$$

тобто

$$T_{ЗП} = 0,3 (7 - 5,614) = 0,42 \text{ год};$$

$T_{ПОВ}$ – час затрачений на повороти агрегата

$$T_{ПОВ} = \tau_{ПОВ} \cdot T_P; \quad (3.15)$$

де $\tau_{ПОВ}$ – коефіцієнт поворотів,

$$\tau_{ПОВ} = \frac{V_{П} \cdot t_{ПОВ}}{3,6 L} \quad (3.16)$$

де $V_{П}$ – швидкість пересування агрегата на поворотах, $V_{П} = 8$ км/год;

$t_{ПОВ}$ – час затрачений на один поворот, $t_{ПОВ} = 0,04$ год;

тоді

$$\tau_{\text{ПОВ}} = \frac{8 \cdot 0,04}{3,6 \cdot 1} = 0,09 ;$$

Відповідно

$$T_{\text{ПОВ}} = 0,09 \cdot 5,614 = 0,5 \text{ год.}$$

Враховуючи отримані значення визначимо величину витрат паливно-мастильних матеріалів під час сівби цукрових буряків у борозну

$$q_{\text{ПММ}} = \frac{14 \cdot 5,614 + 7,5 \cdot 0,43 + 1,9 \cdot 0,42 + 8 \cdot 0,5}{0,1 \cdot 5,4 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 7} = 3,58 \text{ кг/год.}$$

За результатами розрахунків обґрунтовані такі важливі експлуатаційні показники комбінованого посівного агрегата для сівби цукрових буряків у складі ДТ-75М+ССТ-12Б+ПОМ-630 як продуктивність за годину та за зміну, спосіб руху та витрату палива.

3.3. Міцнісні розрахунки конструктивних елементів агрегату для сівби цукрових буряків у борозну

Для виконання сівби цукрових буряків у борозну видозмінена конструкція сівалки – удосконалена для можливості встановлення борознороба. Щоб забезпечити надійність виконання технологічного процесу сівби у борозну, потрібно розрахувати на міцність першу балку посівного агрегату. На балку посівного агрегату (рис. 3.1) діятимуть такі зусилля:

- опору робочих органів борозноробів F_1 ;
- опору сошників сівалки F_2 .

Відповідно до прийнятих допущень при удосконаленні сівалки приймемо:

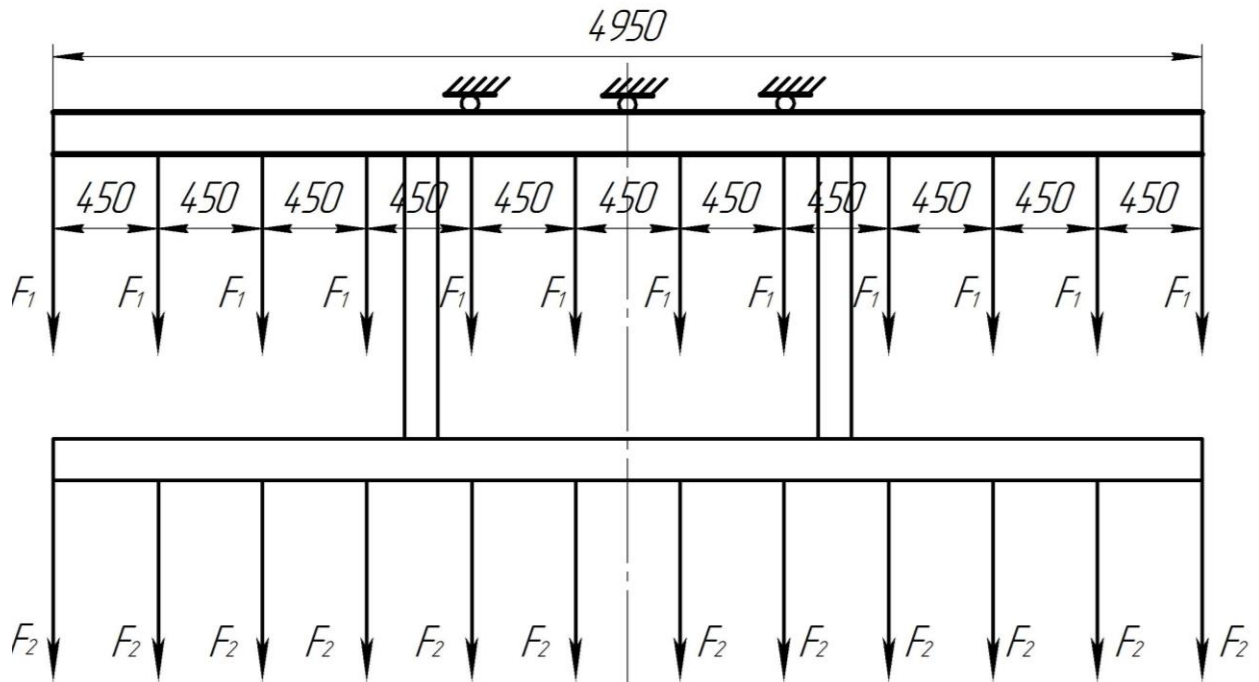
$$F_1 = 1,38 \text{ кН}; \quad F_2 = 0,8 \text{ кН.}$$

Визначимо опорні реакції в опорах A і B користуючись рівняннями рівноваги балки

$$\sum F_i = 0 ; \quad \text{тобто } R_A + R_B = \sum F_1 + \sum F_2 .$$

Матимемо, що

$$R_A + R_B = 8 \cdot 1,38 + 8 \cdot 0,6 = 19,44 \text{ кН}, \quad R_A = R_B = 9,72 \text{ кН}.$$



1 – балка борозноробів; 2 – балка сівалки; 3 – навіска; 4 – з'єднувальні ланки балок.

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема сил, що діють на балки посівного агрегату:

Наведемо схему сил, що діють на хомути кріплення (рис. 3.2). Вид деформації, якого зазнають хомути *С* і *Д* – розрив. Приймемо матеріал хомутів – сталь 30. Визначимо величину допустимого напруження на розрив для матеріалу хомутів $[\sigma_p] = 160 \text{ МПа}$ [2, 4]. Користуючись умовою міцності [6] визначимо розміри їх поперечного перетину.

Площу поперечного перетину хомутів визначимо так

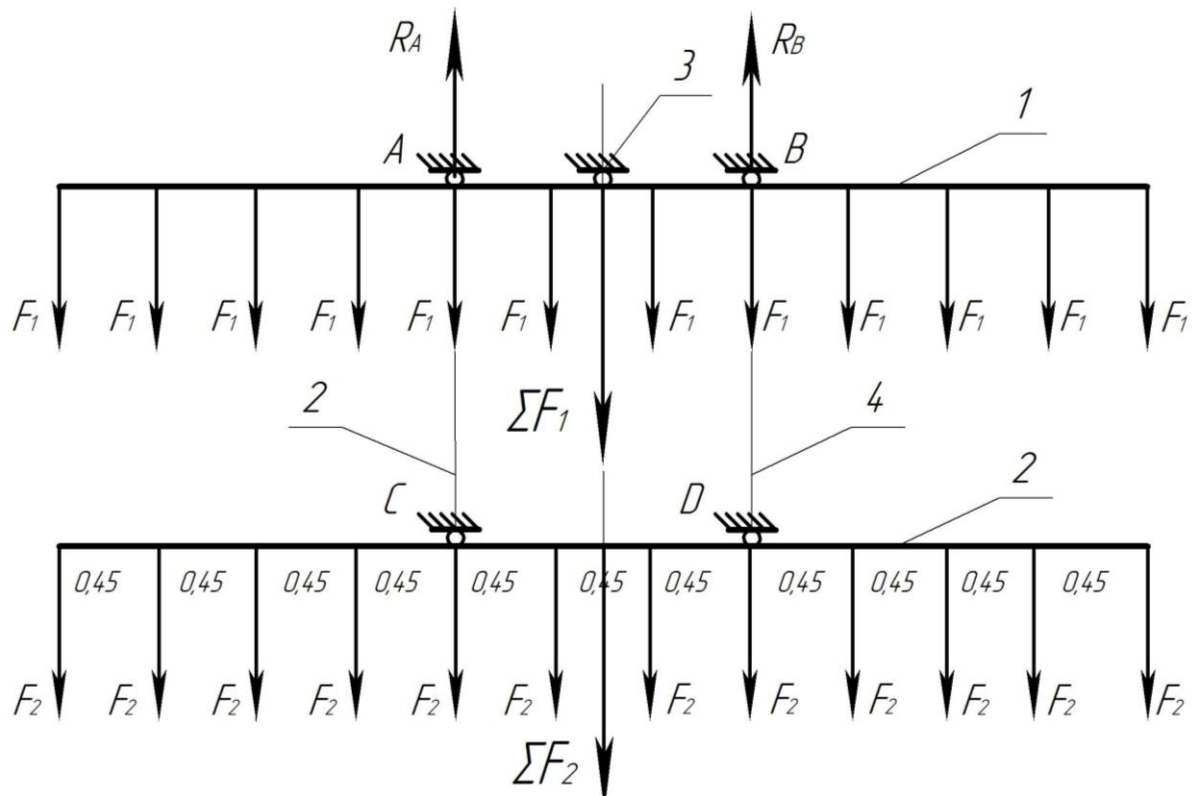
$$S_x = \frac{\Sigma(F_1 + F_2)}{[\sigma_p]}. \quad (3.17)$$

Розрахуємо

$$S_x = \frac{19,44 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 1,22 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 122 \text{ мм}^2.$$

Форма поперечного перетину хомутів – круг, то визначимо його діаметр

$$d_x = \sqrt{4 S_x / \pi} \quad (3.18)$$



1 – балка борозноробів; 2 – балка сівалки; 3 – навіска; 4 – з'єднувальні ланки балок.

Рисунок 3.2

Розрахуємо

$$d_x = \sqrt{4 \cdot 112 / 3,14} = 11,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_x=12$ мм. Виготовляти хомути доцільно із круглого гарячекатаного профілю Ø12 мм ГОСТ 2590-88.

3.4. Вибір регуляторної характеристики двигуна трактора і його тягової характеристики

У роботі потрібно перевірити можливість агрегування удосконаленого посівного агрегату для сіви цукрових буряків до трактора ДТ-75М з такими технічними характеристиками: номінальна потужність дизельного двигуна $N_{дв} = 74,3$ кВт; номінальна частота обертів вала двигуна $n_{дв} = 1750$ об/хв;

трактор має масу $G_{TP} = 66,7$ кН; головна зірочка радіусом $R_3 = 0,358$ м; трансмісія забезпечує такі робочі швидкості та передаточні числа [8]:

$$V_1 = 1,67 \text{ км/ГОД}, \quad u_1 = 44,6 ;$$

$$V_2 = 2,85 \text{ км/ГОД}, \quad u_2 = 39,8 ;$$

$$V_3 = 4,59 \text{ км/ГОД}, \quad u_3 = 35,8 ;$$

$$V_4 = 5,63 \text{ км/ГОД}, \quad u_4 = 32,2 ;$$

$$V_5 = 6,67 \text{ км/ГОД}, \quad u_5 = 29,0 ;$$

$$V_6 = 7,81 \text{ км/ГОД}, \quad u_6 = 26,0 ;$$

$$V_7 = 11,36 \text{ км/ГОД}, \quad u_7 = 21,0 .$$

Номінальне значення крутного моменту на валу двигуна визначаємо за формулою [9, 15]

$$M_{ДВ} = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot N_{ДВ}}{3,14 \cdot n_{ДВ}} \dots \quad (3.19)$$

Отримаємо

$$M_{ДВ} = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot 74,3}{3,14 \cdot 1750} = 406 \text{ Нм.}$$

Значення максимального крутного моменту на валу двигуна залежить від номінального

$$M_{ДВ \max} = 1,05 M_{ДВ} . \quad (3.20)$$

Аналітично

$$M_{ДВ \max} = 1,05 \cdot 406 = 427 \text{ Нм.}$$

При максимальному крутному моменті потрібним буде відповідне число обертів вала двигуна [2]

$$n_{ДВ \max} = n_{ДВ} \cdot 1,15^{-1} . \quad (3.21)$$

Визначимо його

$$n_{ДВ\ M} = 1750 / 1,15 = 1565 \text{ об/хв.}$$

Визначимо яким буде максимальне число обертів вала двигуна трактора при $M_{ДВ} = M_0 = 0$ з виразу

$$n_{ДВ\ max} = n_{ДВ} \cdot 0,92^{-1}. \quad (3.22)$$

Знайдемо

$$n_{ДВ\ max} = 1750 / 0,92 = 1900 \text{ об/хв.}$$

Визначимо якою має бути потужність двигуна трактора за максимального крутного моменту $M_{ДВ\ max}$ [9]

$$N_{ДВ\ M} = \frac{\pi \cdot M_{ДВ\ max} \cdot n_{ДВ\ M}}{0,81 \cdot 30 \cdot 102}. \quad (3.23)$$

Аналітично

$$N_{ДВ\ M} = \frac{3,14 \cdot 42,7 \cdot 1165}{0,81 \cdot 30 \cdot 102} = 52 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна, за умови що $M_{ДВ} = M_0 = 0$, також буде дорівнювати нулю.

Годинна витрата палива при $M_{ДВ}$ буде залежати від потужності двигуна трактора

$$G_{ДВ} = g_{ДВ} \cdot N_{ДВ}. \quad (3.24)$$

Знайдемо, що

$$G_{ДВ} = 206 \cdot 74,3 = 15,3 \text{ кг/год.}$$

Годинна витрата палива при $M_{ДВ} = M_{ДВ \max}$ залежатиме від максимальної потужності трактора

$$G_{ДВ \max} = g_{ДВ} \cdot N_{ДВ \max} \cdot \quad (3.25)$$

Отримаємо

8

$$G_{ДВ \max} = 206 \cdot 52 = 10,7 \text{ кг/год.}$$

Визначимо якою буде годинна витрата палива двигуном за умови, що $M_{ДВ} = M_0 = 0$

$$G_{ДВ} = G_{ДВ \max} = 10,7 \text{ кг/год.}$$

Результати розрахунків зведемо у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Частота обертів вала дизеля, об/хв		Крутний момент, Н м	
СИМВОЛ	величина	СИМВОЛ	величина
$n_{ДВ}$	1750	$M_{ДВ}$	406
$n_{ДВ \text{ } M}$	1565	$M_{ДВ \max}$	427
$n_{ДВ \max}$	1900	M_0	0

Виконаємо розрахунок тягової характеристики трактора.

Спершу потрібно визначити, яку максимальну силу тяги $T_{\max}$ може розвинути трактора з умови буксування [8, 9, 16]

$$\delta = A \cdot \left(\frac{T_{\max}}{9,81 \cdot G_{TP}} \right) + B \cdot \left(\frac{T_{\max}}{9,81 \cdot G_{TP}} \right)^n = 1, \quad (3.26)$$

де A, B, n – коефіцієнти, на величину яких впливають ґрунтові умови, тип рушії, для прийнятих умов роботи комбінованого посівного агрегату приймемо, що $A = 0,198$; $B = 4,77$; $n = 6$ [9].

Враховуючи прийняті значення коефіцієнтів A, B, n вираз (3.26) набуде вигляду

$$\delta = 0,198 \cdot \left(\frac{T_{\max}}{9,81 \cdot 66,7} \right) + 4,7 \cdot \left(\frac{T_{\max}}{9,81 \cdot 66,7} \right)^6 = 1,0 . \quad (3.27)$$

Розкладавши отриману функцію у ряд Фур'є і обмежившись першими п'ятьма членами, отримаємо $T_{\max} \approx 48$ кН. Решту значень приймемо:

$$T_1 = 10 \text{ кН}; T_2 = 20 \text{ кН}; T_3 = 30 \text{ кН}; T_4 = 40 \text{ кН}; T_5 = 45 \text{ кН}.$$

Для прийнятих $T_1, T_2; T_3; T_4; T_5$ визначимо $\delta_1, \delta_2; \delta_3; \delta_4; \delta_5$:

$$\delta_1 = 0,198 \cdot \left(\frac{10}{9,81 \cdot 66,7} \right) + 4,8 \cdot \left(\frac{10}{9,81 \cdot 66,7} \right)^6 \approx 0,0298 ;$$

$$\delta_2 = 0,198 \cdot \left(\frac{20}{9,81 \cdot 66,7} \right) + 4,8 \cdot \left(\frac{20}{9,81 \cdot 66,7} \right)^6 \approx 0,0472 ;$$

$$\delta_3 = 0,198 \cdot \left(\frac{30}{9,81 \cdot 66,7} \right) + 4,8 \cdot \left(\frac{30}{9,81 \cdot 66,7} \right)^6 \approx 0,0890 ;$$

$$\delta_4 = 0,198 \cdot \left(\frac{40}{9,81 \cdot 66,7} \right) + 4,8 \cdot \left(\frac{40}{9,81 \cdot 66,7} \right)^6 \approx 0,1300 ;$$

$$\delta_5 = 0,198 \cdot \left(\frac{45}{9,81 \cdot 66,7} \right) + 4,8 \cdot \left(\frac{45}{9,81 \cdot 66,7} \right)^6 \approx 0,5500 .$$

Сила опору коченню рушія [8, 9, 15]

$$P_f = 9,81 \cdot G_M \cdot f_{\text{коч}} , \quad (3.28)$$

де $f_{\text{коч}}$ – коефіцієнт кочення, для прийнятих умов роботи $f_{\text{коч}} = 0,23$.

Тоді

$$P_f = 66,7 \cdot 0,23 = 15,3 \text{ кН}.$$

Сила тяги на ведучій зірочці рушія залежить від [2, 8, 9]

$$P_O = \frac{M_{ДВ} \cdot u \cdot \eta}{R}, \quad (3.29)$$

де η – к.к.д. трансмісії рушія, приймаємо $\eta = 0,89$.

Тоді

$$P_O = \frac{40,7 \cdot 26,0 \cdot 0,89}{0,358} = 26,3 \text{ кН.}$$

Визначимо, враховуючи буксування рушіїв, дійсні швидкості агрегата [8, 9]

$$V_{gi} = \frac{\pi \cdot R \cdot n_i (1 - \delta_i)}{30 \cdot u}, \quad (3.30)$$

де n_i – частота обертів вала дизельного двигуна трактора при буксуванні δ_i і

силі тяги T_i : $n_1 = 1800$ об/хв; $n_2 = 1750$ об/хв; $n_3 = 1730$ об/хв;

$n_4 = 1710$ об/хв; $n_5 = 1710$ об/хв;

Розрахувавши залежність (3.3), отримаємо:

$$V_{g1} = \frac{3,14 \cdot 0,358 \cdot 1800 (1 - 0,0298)}{30 \cdot 26} = 2,52 \text{ м/с;}$$

$$V_{g2} = \frac{3,14 \cdot 0,358 \cdot 1750 (1 - 0,0472)}{30 \cdot 26} = 2,40 \text{ м/с;}$$

$$V_{g3} = \frac{3,14 \cdot 0,358 \cdot 1750 (1 - 0,0890)}{30 \cdot 26} = 2,24 \text{ м/с;}$$

$$V_{g4} = \frac{3,14 \cdot 0,358 \cdot 170 (1 - 0,13)}{30 \cdot 26} = 2,13 \text{ м/с;}$$

$$V_{g5} = \frac{3,14 \cdot 0,358 \cdot 1680 (1 - 0,55)}{30 \cdot 26} = 1,08 \text{ м/с.}$$

Визначаємо значення тягової потужності для кожного значення T_i за формулою

$$N_{Ti} = T_i \cdot V_{gi} . \quad (3.31)$$

Розрахуємо:

$$N_{T1} = 10 \cdot 2,52 = 25,2 \text{ кВт}; \quad N_{T2} = 20 \cdot 2,4 = 48,0 \text{ кВт};$$

$$N_{T3} = 30 \cdot 2,24 = 67,2 \text{ кВт}; \quad N_{T4} = 40 \cdot 2,16 = 85,2 \text{ кВт};$$

$$N_{T5} = 45 \cdot 1,08 = 52,6 \text{ кВт}.$$

Для отриманих значень визначимо питому витрату палива g_{Ti} [8, 9, 19]

$$g_{Ti} = \frac{1000 \cdot G_{Ti}}{N_{Ti}} . \quad (3.32)$$

Розрахувавши, отримаємо:

$$g_{T1} = \frac{1000 \cdot 15,3}{25,2} = 608,2 \text{ г/кВт·год}; \quad g_{T2} = \frac{1000 \cdot 15,3}{48} = 608,2 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{T3} = \frac{1000 \cdot 15,3}{67,2} = 608,2 \text{ г/кВт·год}; \quad g_{T4} = \frac{1000 \cdot 15,3}{85,2} = 608,2 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{T5} = \frac{1000 \cdot 13,8}{52,6} = 251 \text{ г/кВт·год}.$$

Отже, при повному тяговому опорі агрегата для посіву цукрових буряків у борозну $W=25,5$ кН з тягової характеристики визначаємо $P_0 = 26,3$ кН. Умова виконується, оскільки $P_0 > W$ і $T_Y > W$. Посівний агрегат для сівби цукрових буряків у борозну складений із ДТ-75М і ССТ-12Б із борозноробом відповідає вимогами, які висувають до мобільних сільськогосподарських агрегатів при оптимальному тяговому режимі у прийнятих умовах. Удосконалений агрегат для сівби у борозну має необхідні для виконання технологічного процесу технічні можливості трактора ДТ-75М: тягову потужність $N_T = 57$ кВт; робочу швидкість руху – $v_p = 2,2$ м/с; питому витрату палива $q_{ПММ} = 3,58$ кг/га, або 210 г/кВт год. Виконані розрахунки підтверджують доцільність застосування пропонованої конструкції посівного агрегату.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги техніки безпеки під час підготовки до роботи, технічного обслуговування і транспортування сівалки ССТ-12Б

До виїзду посівного агрегату у поле оглядають технічний стан сівалки з борозноробом і виконують її технічне обслуговування. Обов'язково перевіряють правильність розташування висівних секцій. Їх потрібно встановлювати чітко по лунках, які є на брусі рами сівалки.

Перевіряючи пристосування контролю і сигналізації домагаються правильного встановлення датчиків рівня насіння, а саме, щоб вони були розташовані на другій та одинадцятій секціях сівалки ССТ-12Б. На туковисівних апаратах відповідні датчики розміщують на третьому і четвертому висівних апаратах сівалки. Дотримуються, щоб перекіс ланцюга не перевищував 2 мм, а прогин неробочої гілки ланцюга був 8...12 мм під дією зусилля 100 Н. Перевіряють тиск у пневматичних шинах коліс сівалки і доводять його до $0,25 \pm 0,02$ МПа. Перевіряють працездатність усіх механізмів сівалок на дотримання вимог плавності роботи, без заїдань і стороннього шуму.

Удосконалення сівалки, зокрема встановлення борознороба потребує встановлення додаткових робочих органів, які кріплять хомутами на окремому брусі, який з'єднують з брусом сівалки. Зміна конструкції сівалки може бути причиною почастішання випадків травматизму. Тому, окрім правилами техніки безпеки, встановленими заводом-виробником, потрібно дотримуватися додаткових вимог. Заборонено таке: рух агрегату на великих швидкостях і круті повороти; при тривалій стоянці залишати сівалку у піднятому стані; ремонтувати, змащувати, підтягувати кріплення, очищати сівалку та борознороб під час руху агрегату і при включеному двигуні трактора; перебування сторонніх осіб під час регулювання механізму включення гідропідіймання і при переводі сівалки у транспортне положення й навпаки; сидати на сівалку під час руху агрегату; виконувати огляд і регулювання механізмів сівалки і борознороба на ходу агрегату; транспортувати сівалку без

світловідбивачів у темний час доби. Транспортна швидкість по дорогах із твердим покриттям не більше 15 км/год. На далеких переїздах використовують транспортне пристосування. При транспортуванні посівного агрегату дорогах з вибоїнами і мостах швидкість зменшують до 5 км/год. Транспортувати агрегат на великі відстані можна тільки при позначенні габаритів агрегату відповідними знаками, які передбачені Правилами дорожнього руху.

Усі роботи, пов'язані з ремонтом і технічним обслуговуванням посівного агрегату, монтажем обприскувача і додаткових вантажів, виконувати тільки на відчепленій, або опущеній на землю сівалці і при заглушеному двигуні трактора. Для підтримання сівалки з борозноробом у належному технічному стані виконують щозмінне технічне обслуговування одночасно з обслуговуванням трактора, з яким її агрегують. Встановлюючи сівалку на зберігання виконують післясезонне технічне обслуговування [2, 11].

Під час щозмінного технічного обслуговування необхідно ретельно очистити агрегат від налиплого ґрунту, бур'янів і рослинних решток, оглянути стан кріплення всіх складальних одиниць і робочих органів; особливу увагу звернути на різьбові кріплення, а саме: гайки осей батарей повинні бути надійно затягнуті і зафіксовані. Перевіряють також тиск у пневматичних шинах. Виявлені недоліки усувають. Усі тертьові поверхні змащують. Перевіряють і підтягують кріплення сошників і борозноробів, перевіряють правильність встановлення та натяг ланцюгів, розміщення сошників та борозноробів, перевіряють відсутність у бункерах насіння і добрив, сторонніх предметів, виконують змащування сівалки згідно з картою мащення. При виконанні післясезонного технічного обслуговування, крім операцій щозмінного, виконують також інші – робочі органи знарядь промивають у гасі і покривають захисним мастилом для запобігання іржавінню. Переведення сівалки з робочого положення у транспортне і навпаки здійснюють тільки при опущеній транспортній підставці на рівній ділянці поля зі схилом не більше 5° [2, 11, 14]. Сівалка з борозноробом може працювати на схилах крутизною не більше 3° із дотриманням необхідних заходів безпеки щодо обмеження швидкості і при

відповідній колії трактора. Забороняється заглиблювати сівалку та борознороби не на ходу, а на місці, ставлячи при цьому важіль розподільника на «опускання» і «замкнено».

4.2. Вимоги безпеки праці під час виконання сівби та правила безпеки під зберігання сівалки

Під час сівби цукрових буряків у борозну із використанням удосконаленого посівного агрегату необхідно дотримуватися вимог безпеки. Забороняється знаходитися під час роботи попереду агрегату, сидіти на сівалці та інших частинах посівного агрегату.

Під час роботи агрегату заборонено: виконувати регулювання робочих органів сівалки; змінювати глибину ходу борозноробів; змінювати показники норми висіву насіння, добрив, норму внесення гербіцидів; очищати від налиплого ґрунту та технологічних решток робочі органи сівалки і борознороба; заправляти насінням та добривами технологічні місткості посівного агрегату; сідати в трактор та виходити з нього; змінювати положення маркерів вручну. Агрегат заправляють насінням, добривами та робочим розчином гербіциду у спеціальному одязі і при використанні засобів захисту від отрутохімікатів. Очищати робочі органи агрегату (сошники, лапи, борознороби) необхідно відповідними очисними пристосуваннями. Монтажні роботи, технічне обслуговування посівного агрегату, усунення несправностей необхідно виконувати лише при зупиненому двигуні. Забороняється знаходитись між трактором і сівалкою під час її монтажу на гідронавіску трактора.

Вимоги техніки безпеки при підготовці посівного агрегату для сівби цукрових буряків у борозну встановлюють, що до роботи з агрегатом допускають лише тих осіб, які ознайомлені з будовою агрегату, його регулюваннями та організацією виконання робіт. Перед початком робіт необхідно: заїхати на регулювальний майданчик, відкинути підставки, опустити агрегат на опорні колеса сівалки; установити підпірки так, щоб вони

торкалися майданчика, при цьому агрегат ними підтримується; установити глибину загортання насіння цукрових буряків і норму висіву відповідно до заводської інструкції та удосконаленої конструкції борознороба; встановити норму витрати робочого розчину гербіциду. Такий порядок підготовки посівного агрегату до роботи зменшить ризик травматизму.

Перед виїздом із регульовального майданчика переконатися, що в зоні маневрування немає сторонніх осіб і об'єктів, що заважають руху. У процесі сівби цукрових буряків механізатор зобов'язаний мати і використовувати індивідуальні засоби захисту. Зберігання сівалки здійснюють згідно рекомендацій ДСТУ. Після закінчення польових робіт складові частини сівалки необхідно вкласти на місця зберігання і виконати такі роботи: очистити від пилу, бруду і рослинних залишків; встановити на підставки; демонтувати гідроциліндри, ходові колеса, рукави високого тиску і здати на склад; змастити солідолом маслянки; нанести консерваційне мастило на робочі органи; відкриті місця гідросистем змастити солідолом і зберігати від потрапляння бруду і вологи; бункери насінневих і туковисівних апаратів очистити від насіння і мінеральних добрив; туковисівні апарати та їх бункери промити теплою водою, просушити, щільно закрити; місця із пошкодженою фарбою підфарбувати; тукопроводи зняти з сівалки, очистити від пилу, добрив, промити теплою водою та підсушити; втулково-роликові ланцюги зняти з сівалок, промити у дизельному паливі і протягом 20 хв проварити в автолі. Якщо посівний агрегат зберігають у приміщенні, то очищенні і змащені ланцюги без натягу встановлюють на сівалки. При зберіганні сівалок на відкритих майданчиках ланцюги здають на склад; зірочки, зубчасті передачі, різьбові з'єднання покривають антикорозійним мастилом; всі підшипники і тертьові поверхні змащують згідно з картою мащення; тиск у камерах пневматичних шин коліс знижують до 0,098 МПа; всі пружини розвантажують та змащують антикорозійним мастилом; електросигналізацію знімають, очищають і задають для зберігання на склад. Зберігають сівалку з борозноробом встановленою на підставки у закритому приміщенні або під навісом [2, 11, 14].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі для удосконалення сівби цукрових буряків запропоновано використовувати комбінований агрегат, який за один прохід виконує необхідні технологічні операції: нарізання борозен; сівбу цукрових буряків; внесення на ширину борозен робочого розчину гербіциду; загортання висіяного насіння і внесених гербіцидів; ущільнення рядків та їх вирівнювання. Агротехнічні операції сівби, загортання, ущільнення і вирівнювання виконують робочі органи просапної сівалки типу ССТ-12Б обладнаної борозноробами та пристосуванням, яке забезпечує смугове внесення гербіцидів. Конструкція борознороба виконана таким чином. На стрілчасті лапи культиватора УСМК-5,4 з шириною захвату 220 мм, у проміжки між крилами лап та їх стійками електрозваркою кріплять ліво- і правобічні полиці підгортальників типу КРН-5,2 і КРН-5,3. Така конструкція борознороба забезпечує формування борозен для місць укладання насіння. Полиці запобігають осипанню сухого ґрунту у борозни.

Встановлення борозноробів забезпечує формування посівних борозен глибиною 5...10 см. Завдяки цьому відкривається вологе дно, на яке вкладається насіння, оскільки одразу за борозноробами пересуваються полозовидні сошники сівалки ССТ-12Б. Орієнтовна глибина загортання насіння цукрових буряків – 3...4 см. Завдяки мілкому загортанню у вологий шар ґрунту створюються умови для швидких і одночасних сходів, що у подальшому формуватиме рівномірний ріст і розвиток рослин у наступних фазах. Загалом це створює оптимальні умови для догляду за посівами, а саме: виконання у відповідні терміни агротехнічних і хімічних заходів захисту посівів від бур'янів і шкідників, внесення мінеральних добрив за потреби.

Копіювання рельєфу поля та створення необхідної глибини формування борозен забезпечується завдяки монтажу борознороба на гряділі з паралелограмною підвіскою. Пропонована конструкція агрегата створює незалежне копіювання рельєфу робочими органами – борозноробом і посівною

секцією сівалки, завдяки чому забезпечується рівномірність глибини загортання насіння цукрових буряків, за умови відхилення від заданої в агротехнічно допустимих межах.

Отже, сівбу цукрових буряків у борозни з використанням прийнятих конструктивних рішень виконують, використовуючи, як тягову машини, що забезпечує за один прохід нарізання борозен, посів і стрічкове внесення робочих розчинів гербіцидів, – трактор ДТ-75М із дизельним двигуном потужністю 66,2 кВт. На передню частину рами трактора через перехідні кронштейни монтують обприскувач-підживлювач ПОМ-630, на задню гідронавіску – сівалку ССТ-12Б.

Для пропонованого агрегата у складі ПОМ-630+ДТ-75М+АК-5,4 виконані розрахунки на стійкість системи, якими визначено додаткову масу на передній міст трактора – 780 кг, що забезпечуватиме поздовжню стійкість агрегата в транспортному режимі. Розраховано на міцність вузол з'єднання бруса борознороба і бруса сівалки.

Виконано тяговий розрахунок удосконаленого агрегата для посіву цукрових буряків у борозну та обґрунтовано можливість його агрегування з трактором ДТ-75М. Визначено також умови роботи удосконаленого агрегата; визначено агротехнічні вимоги до використання та особливості у підготовці агрегата до роботи.

Агрегат працює на робочій швидкості – 8 км/год. На поворотах швидкість потрібно зменшувати до 7 км/год, на переїздах не перевищувати – 12 км/год. Спосіб висіву насіння – пунктирний у борозну. Висівають на глибину – 30...40 мм, дотримуючись норми висіву насіння – 6,3 кг/га та норми висівання туків – 100 кг/га. Робочий розчин гербіцидів вносять у нормі 240 л/га. Ширина захвату посівного агрегата – 5,4 м, радіус поворотів – 3 м, ухил поля – до 2...3 градусів. Рельєф поля має бути рівний. Агрофон для посіву – після ранньовесняного боронування.

Визначено продуктивність комбінованого агрегата та погектарну витрату палива $q_{ПММ} = 3,58$ кг/га або 210 г/кВт год.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Брошак І.С., Хомик Н.І., Мандрико М.В., Бровко О.З., Гуйван М.Д., Колесник Т.М. Нове органічне добриво на основі лігніту та курячого посліду. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія "Сільськогосподарські науки"*. Випуск 2(106). 2024 р. С. 16-30.
2. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
3. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. Львів: Новий світ, 2000. 230 с.
4. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.
5. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
6. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А.Довбуш, Н.І.Хомик, А.В. Бабій, Г.Б.Цьонь, А.Д.Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А.,2022. 220с
7. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Дунець Б.О. Експериментальні дослідження циклічної тріщинотривкості конструктивної системи// XXI наукова конференція ТНТУ імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2019. С. 15-16.
8. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. /За ред. проф. В.Ю.Ільченка. Київ: Урожай, 1993. 286 с.
9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина1) Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: ОКО, 2001. 444 с.
10. Доскоч О.Р., Хомик Н.І. Удосконалення сівалки ССТ-12Б для сівби цукрових буряків у борозну //Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей, том I VII міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 28-29 лист. 2018). Тернопіль. ТНТУ, 2018. С. 88-89.
11. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. Львів: ЛБК НБУ; Київ:

Знання, 2000. 188 с.

12. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
13. Навроцький П.М., Хомик Н.І. Переваги застосування удосконаленого комірково-дискового висівного апарату /Актуальні задачі сучасних технологій: Зб. тез доповідей VII Міжнар. наук.-техн. конференції молодих учених та студентів в 2-х т. Т.1. Тернопіль: ТНТУ, 2018. С. 133-134.
14. Сеялка свекловичная пунктирная навесная ССТ-12Б. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Кировоград: Облполиграфиздат, 1981. 111 с.
15. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник /Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2004. 544 с.
16. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва /П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 382 с.
17. Солошенко О.В. Технології вирощування сільськогосподарських культур: Навчальний посібник /О.В. Солошенко, Н.Ю. Гаврилович, В.І. Солошенко, Л.С. Осипова, С.І. Кочетова; за ред. О.В. Солошенко. Харків : Торнадо, 2006. 348 с.
18. Солошенко О.В. Основи агрономії: Навчальний посібник /О.В. Солошенко, Б.С. Носко, Н.Ю. Гаврилович, А.А. Богачов, В.І. Солошенко; за ред. О.В. Солошенко. Харків : Торнадо, 2003. 368 с.
19. Типові норми на механізовані сільськогосподарські роботи /Упоряд. Л.С. Пристапчук, О.Ф. Лук`янчук, В.М. Карпенко. Київ : Урожай, 1982. 504 с.
20. Хомик Н.І. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, І.Й. Блозва, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.
21. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
22. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.

23. Хомик Н.І., Довбуш Тарас, Дунець Богдан. Розрахунок ресурсу роботи конструктивної системи розкидача добрив / Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ, 2018. С. 102-103.
24. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А., Довбуш А.Д. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану складних конструктивних систем з довільним зовнішнім навантаженням. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 158. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»*. Харків: ФО-П Дуюнова Т.В., 2015. С.44–50.
25. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для спеціальності 133 Галузеве машинобудування /Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
26. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
27. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.
28. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Ознайомча практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 80 с.
29. Хомик Н. І., Цьонь Г Б., Довбуш Т.А. Навчальна практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 140 с.
30. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
31. Хомик Н.І. та ін. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

32. Хомик Н.І., Рубінець Н.А. Використання тракторів інтегральної схеми /Всеукраїнська наук.-практ. конф. «Обладнання і технології сучасного машинобудування». Збірник тез. Тернопіль: ТНТУ, 2017. С.165-166.
33. Цебенко Б.М., Хомик Н.І. Розрахунок стійкості навантажувача ПЕ-0,8Б / Актуальні задачі сучасних технологій: Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів в 2-х т. Т.1. Тернопіль: ТНТУ, 2018. С. 169-170.
34. Babii A., Dovbush T., Khomuk N., Dovbush A., Tson A., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor *Procedia Structural Integrity*, 2022. No 36, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>
35. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A., Valiashek V. Mathematical model of sprayer tank loading. *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.086>.
36. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Dunets Bogdan. Evaluation technique of frame residual operational life. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2019. Vol. 93. No. 1. P. 61-69. (Manufacturing engineering and automated processes).
37. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Tson Hanna, Dovbush Anatolii. Improvement of prt-9 constructive system on the basis of frame elements strength balance. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2020. Vol. 100. No 4. P. 40-45.
38. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2022. Vol 108. No 4. P. 5-15.
39. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii. Research of the mathematical model of the tribosystem head rod-bushing of the traction organ of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2024. Vol. 115. No 3. P. 112-121.
40. Tchoursinov Yuriy. Phyto-feed additives production: technological aspects and biological value. / Yuriy Tchoursinov, Olena Kovaliova, Viktoriia Kalyna, Svitlana Mykolenko, Nadiia Khomuk /*Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, Vol. XXIV, No. 2, 2020, P.43-48.

41. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Цьонь Г.Б. Обґрунтування силових параметрів пасивного ножа для дообрізування головок коренеплодів цукрових буряків. *Прикладна механіка* : матер. І міжнар. наук.-техн. конф. м. Тернопіль, 6-7 червня 2024 р. Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 174–177. (Механіка руйнування матеріалів і конструкцій).
https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45592/2/AM_2024_Dovbush_T-Justification_of_the_power_174-177.pdf
42. Довбуш Т.А., Мартинюк В.В., Довбуш А.Д. Обґрунтування кінематичних параметрів пристрою барабанного типу для видалення гички з цукрових буряків. *Прикладна механіка* : матер. І міжнар. наук.-техн. конф. м. Тернопіль, 6-7 червня 2024 р. Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 170–173. (Механіка руйнування матеріалів і конструкцій).
43. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Верескля А.В.. Визначення внутрішніх силових факторів в елементах пристрою для дообрізування гички. *Актуальні задачі сучасних технологій* : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. м. Тернопіль, 11-12 грудня 2024 р. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С.71-72.
44. Довбуш Т.А., Олексюк В.П., Чомко В.В., Данчук І.М. Недопустимість резонансних коливань пристрою пасивного ножа дообрізувача гички. *Актуальні задачі сучасних технологій* : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. м. Тернопіль, 11-12 грудня 2024 р. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С.69-70.
45. Шевченко С. Оцінка напружено-деформіного стану конструкцій пруткових транспортерів . *Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання*: зб. тез. VI міжнар. студентської наук.-техн. конф. м. Тернопіль, 27-28 квітня 2023 р. Тернопіль. ТНТУ, 2024. С. 17-18.

ДОДАТКИ