

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування цукрових буряків з
удосконаленням механічного висівного апарата

Виконав здобувач вищої
освіти IV курсу,
групи AI-21ПЗ
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Большаков Володимир Сергійович
« ____ » _____2025 р.

Керівник проекту
доц., канд. техн. наук
_____ Володимир АМОСОВ
« ____ » _____2025 р.

Рецензент
доц., канд. техн. наук
_____ Олег БЕВЗ
« ____ » _____2025 р.

Кропивницький

ЗМІСТ

	стор.
ЗМІСТ.....	5
1 ВСТУП.....	6
2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ.....	7
3 ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ СІВБИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА.....	14
4 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА.....	28
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
6 ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52
ДОДАТКИ.....	53

 (Ctrl)

Зм.	Арх.	№ докум.	Підпи.	Дата

МВБ 00.000 ПЗ

Арх.

3

1 ВСТУП

Забезпечення населення якісними продуктами харчування неможливе без розвитку вирощування цукрового буряка, адже ця культура відіграє ключову роль як у формуванні кормової бази для тваринництва, так і у виробництві цукру для потреб харчової промисловості.

У комплексі агротехнічних заходів, які застосовуються при вирощуванні цукрового буряка, посів займає провідне місце. Саме від його якості значною мірою залежить подальший ріст рослин і кінцева врожайність культури.

Сучасні напрямки розвитку посівної техніки передбачають удосконалення машин у напрямку підвищення продуктивності, зменшення їхньої маси, а також покращення якості виконання технологічних операцій та надійності в роботі.

Для висіву насіння цукрового буряка застосовуються сівалки точного висіву. У більшості випадків вони здатні одночасно вносити мінеральні добрива, що підвищує ефективність посівної кампанії.

З огляду на скорочення кількості працівників у сільському господарстві, особливої актуальності набуває створення більш продуктивної, економної та надійної в експлуатації сільськогосподарської техніки.

Мета цієї кваліфікаційної роботи – підвищення ефективності вирощування цукрових буряків і використання бурякової сівалки ССТ-12Б шляхом удосконалення її конструкції.

					МВБ 00. 000 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Большаков				Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням механічного висівного апарата	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Амосов							
<i>Н.контр.</i>	Мачок					ЦНТУ, гр.АІ-21ПЗ		
<i>Затвер.</i>	Васильковські							

2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1 Біологічні особливості культури

Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *altissima* Döll.) є важливою технічною культурою, яка використовується переважно для виробництва цукру, а також як кормова та біоенергетична сировина. Він належить до родини амарантових (*Amaranthaceae*) і є дворічною рослиною. У перший рік життя утворюється потужна коренева система і розетка листя, а на другий – квітконосне стебло та насіння[4].

Цукровий буряк має розвинену стрижневу кореневу систему, яка може проникати в ґрунт до 2–3 метрів, що забезпечує йому високу посухостійкість за умов достатньої глибини обробітку ґрунту. Оптимальна температура для проростання насіння – +6...+8°C, для активного росту і розвитку – +20...+25°C. Культура вимоглива до тепла, світла і вологи, особливо на ранніх етапах розвитку. Посуха під час наростання коренеплоду призводить до зниження врожайності і цукристості[4].

Висока продуктивність цукрового буряка забезпечується завдяки інтенсивному фотосинтезу. Рослина потребує довгого світлового дня. Особливо чутлива до затінення на ранніх фазах розвитку. До родючості ґрунтів культура дуже вибаглива, краще розвивається на чорноземах, темно-сірих опідзолених ґрунтах з нейтральною або слабколужною реакцією ґрунтового розчину.

2.2 Місце в сівозміні

Цукровий буряк потребує ретельно підбраного попередника, оскільки він чутливий до засмічення поля бур'янами та ураження хворобами і шкідниками. Оптимальними попередниками є озимі зернові

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

культури (пшениця, ячмінь), багаторічні бобові трави, кукурудза на силос, горох та інші зернобобові. Недоцільно розміщувати буряк після культур з близькими збудниками хвороб або спільними шкідниками.

Повторне вирощування цукрового буряка на одному полі можливе не раніше ніж через 3–4 роки для запобігання накопиченню патогенів. Кращі результати дає чергування з чорним паром або сидеральними попередниками. В сівозміні слід враховувати й збереження структури ґрунту, попередження виносу поживних речовин і розвитку бур'янів.

2.3 Система удобрення

Цукровий буряк характеризується високою вибірковою здатністю до елементів живлення. На формування 1 т коренеплодів з відповідною масою гички рослини споживають у середньому 4–5 кг азоту, 1,5–2 кг фосфору і 5–6 кг калію. Тому система удобрення повинна бути збалансованою та відповідати потребам культури на кожному етапі розвитку[4].

Основне внесення добрив проводять восени під оранку. На дерново-підзолистих ґрунтах вносять органічні добрива (гній, компост) у нормі 30–40 т/га. У мінеральній системі удобрення рекомендують застосовувати N90-120P90-120K120-180. Весняне підживлення азотними добривами проводять перед сівбою та в період наростання листкової маси для забезпечення розвитку рослин[4].

Фосфорні добрива важливі для розвитку кореневої системи, а калійні – для підвищення цукристості коренеплодів та стійкості рослин до стресових факторів. Поряд з традиційними добривами доцільним є застосування мікроелементів (бор, магній, марганець), які впливають на якість продукції.

2.4 Обробіток ґрунту

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Основою якісної підготовки ґрунту під цукровий буряк є створення оптимальної структури орного шару, знищення бур'янів та нагромадження вологи. Після збирання попередника проводять лушення стерні на глибину 6–8 см з наступною зяблевою оранкою на 25–30 см.

Навесні, залежно від стану ґрунту, здійснюють боронування, культивуацію на 5–7 см для збереження вологи і вирівнювання поверхні поля. За необхідності передпосівну культивуацію повторюють. Головна мета – створення дрібногрудочкуватої структури, яка сприяє рівномірній глибині загортання насіння і швидким сходам.

З метою енергоощадження та зниження витрат дедалі ширше застосовуються мінімальні та комбіновані системи обробітку, включаючи чизельний обробіток, який зберігає водний баланс і структуру ґрунту.

2.5 Підготовка насіння до сівби, сівба

Підготовка насіння цукрового буряка до сівби має надзвичайно важливе значення для забезпечення дружних і рівномірних сходів, які в подальшому впливають на врожайність культури. Насіння буває однонасінною (сучасні гібриди) або багатонасінною сім'янкою (старі сорти), що зумовлює різний підхід до його підготовки. Перед висіванням проводять калібрування – розподіл насіння за розміром і масою, що дозволяє забезпечити рівномірне загортання на однакову глибину та синхронність сходів.

Наступним етапом є інкрустація насіння, під час якої його покривають спеціальними захисними речовинами. Зокрема, застосовують фунгіцидні протруйники для захисту від грибкових інфекцій, інсектицидні препарати для боротьби з ґрунтовими шкідниками, а також стимулятори росту і регулятори розвитку для активізації проростання. Окрім того,

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

часто проводять обробку мікроелементами – бором, магнієм, марганцем, цинком, які відіграють ключову роль у формуванні якісних коренеплодів.

Сівбу проводять у строки, коли ґрунт прогрівається до температури +8...+10°C на глибині загорання насіння. Зазвичай це припадає на кінець квітня – першу декаду травня. Раннє висівання може призвести до загибелі проростків у разі зворотних заморозків, а пізнє – скорочує вегетаційний період, що негативно позначається на накопиченні біомаси та цукристості коренеплодів.

Глибина загорання насіння залежить від механічного складу ґрунту: на легких ґрунтах – 2–3 см, на важких – 3–4 см. Надто глибоке загорання ускладнює проростання, а мілке – підвищує ризик пересихання верхнього шару ґрунту. Для досягнення рівномірних і дружних сходів рекомендується передпосівне коткування поля, що покращує контакт насіння з ґрунтом[4].

Норма висіву та густина стояння рослин тісно пов'язані з сортовими особливостями і рівнем агротехніки. Оптимальна густина стояння після проріджування становить 90–110 тисяч рослин на гектар.

Сівбу здійснюють сучасними точними сівалками, які забезпечують високу рівномірність розподілу насіння та точність загорання. Найпоширенішими машинами є сівалки точного висіву таких виробників, як:

- **Monosem (Франція)** – сівалки Monosem NG Plus 4 та NG Plus 4E відомі високою точністю висіву, стабільною роботою навіть на нерівних полях, можливістю налаштування сили притискання сошників.
- **Kverneland (Норвегія)** – модель Optima TF Profi оснащена електроприводом дозаторів, що дає змогу застосовувати технологію змінної норми висіву.
- **Gaspardo (Італія)** – сівалки MTR і MTE із вакуумною системою дозування насіння, які дозволяють висівати дрібнокаліброване інкрустоване насіння з високою точністю.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

- **Amazone (Німеччина)** – сівалки ED 6000-C оснащені сучасними електронними системами контролю норми висіву, глибини загортання та контролю якості посіву.

Крім імпортих машин, на вітчизняних підприємствах також виготовляють сівалки для висіву цукрового буряка:

- **ПМЗ ім. Артема (м. Суми, Україна)** – пропонує моделі сівалок для просапних культур, що придатні для висіву каліброваного насіння цукрового буряка.

- **Ельворті (Україна)** – новітні моделі сівалок точного висіву Vega 8 Profi з електроприводом секцій та сучасними системами контролю параметрів висіву.

Більшість сучасних сівалок можуть оснащуватися навігаційними системами GPS, системами автоматичного виключення рядів у кінцевих проходах, контролем висіву в реальному часі, що забезпечує зменшення витрат на насіння і підвищення якості посіву.

Якісна підготовка насіння до сівби, використання сучасних сівалок точного висіву та дотримання технологічних параметрів є одним з головних факторів формування високопродуктивних посівів цукрового буряка.

2.6 Догляд за посівами

Догляд за посівами включає комплекс агротехнічних і хімічних заходів, спрямованих на збереження рослин, контроль бур'янів, шкідників та хвороб.

На ранніх стадіях важливе значення має боронування сходів легкими боронами у фазі шильця. Проводять міжрядні розпушування на глибину 5–8 см із поступовим збільшенням глибини до 10–12 см у міру розвитку рослин. Для зниження засміченості проводять хімічні обробки гербіцидами: до сходів – ґрунтові, після сходів – страхові[4].

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Значної шкоди врожаю можуть завдати шкідники: бурякова блішка, довгоносики, попелиці, а також хвороби – кореневі гnilі, церкоспороз, борошниста роса. Для боротьби використовують комплексну систему захисту з застосуванням інтегрованих методів: сівозміна, стійкі сорти, біопрепарати та хімічні засоби захисту.

Особливо важливим є своєчасне підживлення рослин азотними добривами у фазі 4–6 листків та під час наростання коренеплоду. За потреби вносять мікроелементи (бор, марганець, магній).

2.7 Збирання врожаю

Оптимальний строк збирання цукрового буряка припадає на другу половину вересня – жовтень, коли накопичується максимальна маса коренеплодів і цукристість. Затримка зі збиранням призводить до втрат врожаю через ураження хворобами, зниження цукристості, підмерзання коренеплодів.

Збирання проводять спеціалізованими бурякозбиральними комбайнами, які виконують одночасно видалення гички, підкопування, очищення і транспортування коренеплодів у бункер. Для зменшення втрат і пошкодження коренів важливо дотримуватись оптимальної глибини підкопування та налаштування очисних пристроїв.

Зібраний урожай транспортують на бурякоприймальні пункти або безпосередньо на переробні заводи. Тимчасове зберігання в кагатах проводять з урахуванням захисту від підмерзання та самозігрівання.

Шляхи удосконалення технології вирощування цукрового буряка

Для підвищення ефективності вирощування цукрового буряка доцільно впроваджувати[4]:

високопродуктивні гібриди з підвищеною стійкістю до хвороб і шкідників;

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

точне землеробство із застосуванням GPS-навігації, диференційованого внесення добрив і засобів захисту;

мікробіологічні препарати для покращення живлення та стійкості рослин;

енергоощадні комбіновані агрегати для одночасного виконання кількох технологічних операцій;

системи моніторингу стану посівів з використанням дронів та супутникових знімків;

удосконалення системи зрошення та водозбереження у посушливих регіонах.

Застосування сучасних підходів дозволяє зменшити витрати, підвищити врожайність та якість коренеплодів, а також забезпечити екологічну безпеку виробництва.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

3 ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ СІВБИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА

Провівши аналіз технологічних можливостей сівалки ССТ-12В, яка використовується для висіву насіння цукрового буряка нами зроблено висновок щодо можливості підвищення продуктивності її роботи за рахунок відповідного вдосконалення диска висівного апарату. Це відбувається за рахунок створення на робочій поверхні диску проточок, що орієнтують насіння для попадання їх у комірки, що дозволить зменшити час западання, а значить збільшити швидкість сівалки.

3.1. Умови роботи

Умови роботи сільськогосподарських агрегатів під час вирощування цукрового буряка залежать від структури ґрунту, вологості, рельєфу поля, засміченості бур'янами, а також від погодних умов. Під час передпосівного обробітку поле повинно бути вирівняним, без великих грудок та залишків попередника.

Сівба є однією з ключових операцій у технології вирощування цукрового буряка, оскільки визначає подальший ріст, розвиток і продуктивність культури. Від дотримання строків сівби, рівномірності загортання насіння, правильного формування густоти стояння рослин залежать врожайність коренеплодів та їх цукристість.

Цукровий буряк належить до культур, які висівають ранньою весною. Насіння починає проростати при температурі ґрунту +5...+6°C, але оптимальною є температура +8...+10°C. При цьому важливе значення має вологість посівного шару та структура ґрунту. Для отримання дружних сходів необхідно забезпечити щільний контакт насіння з вологою ґрунту.

3.2. Агротехнічні вимоги

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

До кожної технологічної операції висуваються певні агротехнічні вимоги, дотримання яких забезпечує якісне виконання робіт та формування високопродуктивних посівів.

Основними агротехнічними вимогами до сівби є[4]:

- суворе дотримання строків сівби;
- точне дотримання глибини загортання (2–3 см на легких ґрунтах, 3–4 см – на важких);
- рівномірний розподіл насіння по довжині рядка;
- задана густина стояння рослин (90–110 тис. рослин/га);
- якісне ущільнення посівного шару ґрунту для забезпечення капілярного підняття вологи до насіння;
- формування рівних рядків, що забезпечує ефективність наступних технологічних операцій.

Сівба цукрового буряка в Україні проводиться з кінця квітня до початку травня. Вибір оптимальних строків залежить від погодних умов конкретного року. Запізнення з сівбою призводить до скорочення вегетаційного періоду та зниження урожайності.

3.3. Комплектування і підготовка агрегату до роботи

Комплектування агрегатів здійснюється з урахуванням особливостей поля, обсягу робіт і технічних характеристик машин. Для посіву цукрового буряка використовують трактори класу 1,4–2,0 кН (MT3-82, John Deere 5-ї серії, New Holland T5) у комплекті з сівалками точного висіву.

До найпоширеніших вітчизняних і зарубіжних сівалок належать:

- Весна-12 (VESNA-12) від компанії «Фаворит»;
- Vega 8 Profi (Ельворті, Україна);
- Monosem NG Plus 4-6-8-12, NG2 6-8-12, Monoshox 6-8-12 (Франція).
- Gaspardo MTR (Італія);
- Kverneland Optima, Monopill SE, Monopill E-DRIVE II (Норвегія);

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

3.3.2. Розрахунок агрегату

Враховуючи вище перелічені умови і агротехнічні вимоги до сівби цукрового буряка, приймаємо трактор МТЗ-80 і сівалку ССТ-12В, допустима агротехнічна швидкість модернізованої сівалки $V_p = 8$ км/год; маса трактора $G_{тр} = 33,4$ кН, сівалки $G_m = 11,0$ кН, питомий опір $K = 1,5$ кН/м. Із характеристики поля відомо, що ґрунти середні, величина підйому $i = 0,03$.

Виконуємо розрахунки в такій послідовності:

1. Користуючись технічною характеристикою трактора, визначаємо робочі передачі, при яких може виконуватись дана операція і відповідні цим передачам зусилля на гаку [5, дод.2]:

$$V_T^{III} = 7,24 \text{ км/год}; \quad P_{н.гак}^{III} = 14,0 \text{ кН};$$

$$V_T^{IV} = 8,9 \text{ км/год}; \quad P_{н.гак}^{IV} = 14,0 \text{ кН};$$

2. Визначаємо тягове зусилля трактора з урахуванням величини підйому поля[5]:

$$P_{гак} = P_{н.гак} - G_{тр} \cdot i \quad (3.1)$$

де $P_{н.гак}$ – номінальне тягове зусилля трактора на відповідних передачах, кН;

$G_{тр}$ – маса трактора, кН ($G_{тр} = 33,4$ кН);

i – величина підйому поля ($i = 0,03$).

Отже, проводимо розрахунок

$$P_{гак}^{III} = 14,0 - 33,4 \cdot 0,03 = 13,0 \text{ кН}$$

$$P_{гак}^{IV} = 14,0 - 33,4 \cdot 0,03 = 13,0 \text{ кН}$$

3. Знаходимо максимальну ширину захвату на III і IV передачах, м:

$$B_{max} = \frac{P_{гак}}{K + R_i}, \quad (3.2)$$

де K – питомий опір сівалки, кН/м ($K = 1,5$ кН/м);

R_i – додатковий опір на подолання підйому, кН/м:

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

$$R_i = \frac{G_M}{B_K} \cdot i \quad (3.3)$$

де B_K – конструктивна ширина захвату сівалки, м; $B_K = 5,4$ м [5, дод.6];

G_M – маса сівалки, кН; $G_M = 11,0$ кН [5, дод.6].

Отже, проводимо розрахунок

$$R_i = \frac{11,0}{5,4} \cdot 0,03 = 0,061 \text{ кН/м,}$$

$$B_{\max}^{\text{III}} = B_{\max}^{\text{IV}} = \frac{13,0}{1,5 + 0,061} = 8,3 \text{ м.}$$

4. Визначаємо кількість сівалок в агрегаті[5]:

$$n_c = \frac{B_{\max}}{B_K} \quad (3.4)$$

$$n_c^{\text{III}} = n_c^{\text{IV}} = \frac{8,3}{5,4} = 1,54.$$

Враховуючи тимчасові перевантаження, які можуть виникнути в процесі сівби, агрегуємо на III і IV передачах одну сівалку, забезпечуючи цим резерв тяги.

5. Визначаємо тяговий опір агрегату, кН[5]:

$$R = (K + R_1) \cdot B_K \cdot n_c \quad (3.5)$$

Одержані раніше значення підставляємо у формулу (3.5) і проводимо розрахунок

$$R_{\text{агр}}^{\text{III}} = R_{\text{агр}}^{\text{IV}} = (1,5 + 0,061) \cdot 5,4 \cdot 1 = 8,43 \text{ кН.}$$

6. Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\eta = \frac{R_{\text{агр}}}{R_{\text{гак}}} \quad (3.6)$$

Одержані раніше значення підставляємо у формулу (3.6) і виконуємо розрахунок:

$$\eta_{\text{тз}}^{\text{III}} = \eta_{\text{тз}}^{\text{IV}} = \frac{8,43}{13,0} = 0,65.$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

7. Визначаємо змінну продуктивність агрегату, га/зм[5]:

$$W_{зм} = 0,1B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (3.7)$$

де B_p – робоча ширина захвату сівалки, м[5]:

$$B_p = B_K \cdot \beta, \quad (3.8)$$

де B_K – конструктивна ширина захвату, м; $B_K = 5,4$ м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату ($\beta = 1,0$).

Отже,

$$B_p = 5,4 \cdot 1,0 = 5,4 \text{ м.}$$

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год:

$$V_p = V_T \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (3.9)$$

де V_T – теоретична швидкість агрегату, км/год; ($V_T^{III} = 7,24$ км/год.

$V_T^{IV} = 8,9$ км/год.);

δ – коефіцієнт буксування, $\delta = 12\%$.

Отже,

$$V_p^{III} = 7,24 \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 6,37 \text{ км/год.};$$

$$V_p^{IV} = 8,9 \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 7,38 \text{ км/год.};$$

T_p – чистий робочий час, год.:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, \quad (3.10)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, год. Приймаємо $T_{зм} = 8,0$ год.;

τ – коефіцієнт використання часу зміни, $\tau = 0,82$ [5, дод.7] при довжині гонів 800 м.

Отже:

$$T_p = 8 \cdot 0,82 = 6,56 \text{ год.}$$

Одержані раніше значення підставляємо у формулу (3.7) і виконуємо розрахунок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

Аналізуючи виконані розрахунки, приймаємо агрегат, що складається з трактора МТЗ-80 і сівалки ССТ-12В. Найбільш ефективно агрегат буде працювати на IV передачі, додатковою буде III передача.

Перед початком роботи агрегат проходить підготовку:

- перевірка технічного стану машин (робочих органів, дозуючих пристроїв, систем приводу);
- калібрування норм висіву;
- перевірка роботи систем точного землеробства (GPS, ISOBUS);
- налаштування глибини загортання та притискної сили сошників;
- перевірка системи контролю висіву.

3.4. Підготовка поля до роботи

Підготовка поля починається після збирання попередника і включає:

- лущення стерні на 6–8 см з наступною оранкою на глибину 25–30 см;
- внесення органічних і мінеральних добрив;
- весняне вирівнювання та культивування на 5–7 см;
- передпосівне коткування поля для ущільнення посівного шару та збереження вологи.

Якісна підготовка поля забезпечує рівномірну глибину загортання насіння, швидке проростання та дружні сходи.

3.4.1. Розрахунок поворотних смуг

Для гонових способів руху на кінцях заїнок залишаємо смуги розвороту агрегату.

Орієнтовну величину поворотної смуги при петльових грушовидних поворотах визначаємо за формулою[5]:

$$E = 3R_{\min} + L_a, \quad (3.14)$$

де R_{\min} – мінімальний радіус повороту, м;

L_a – кінематична довжина агрегату, м.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Мінімальний радіус повороту агрегату з колісного трактора та начіпною машиною приймаємо з умови:

$$R_{\min} = 1,8 \cdot 5,6 = 10,1 \text{ м.}$$

Кінематичну довжину агрегату визначаємо за формулою:

$$L_a = L_{\text{тр}} + L_M, \quad (3.15)$$

де $L_{\text{тр}}$ – кінематична довжина трактора, м $L_{\text{тр}} = 0,94$ м [5, дод.14];

L_M – кінематична довжина машини, м $L_M = 1,1$ м [5, дод.14].

Отже,

$$L_a = 0,94 + 1,1 = 2,04 \text{ м.}$$

Отримані значення підставляємо у формулу (3.14) і проводимо розрахунок:

$$E = 3 \cdot 10,1 + 2,04 = 32,4 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину поворотної смуги кратною ширині захвату агрегату, щоб при наступному проходженні агрегат здійснював ціле число проходів.

$$E = K \cdot B_p, \quad (3.16)$$

$$\text{де } K = \frac{E}{B_p},$$

$$\text{Отже } K = \frac{32,4}{5,4} = 6,0$$

Приймаємо $K = 6$.

$$\text{Отже, } E = 6 \cdot 5,4 = 32,4 \text{ м.}$$

Величина поворотних смуг при петльових грушовидних поворотах становить 32,4 м.

3.4.2. Розрахунок довжини виїзду агрегату

Довжина виїзду агрегату залежить від розміщення робочих органів відносно центра агрегату:

$$\text{при задній навісці } e = 0,1 \cdot L_a.$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Отже, $e = 0,1 \cdot 2,04 = 0,2\text{ м}$.

3.5. Організація роботи агрегату в загинці

При організації роботи агрегату важливо правильно розбити поле на загинки. Ширина загинки визначається шириною захвату агрегату та кількістю проходів до заправки. Розмітку виконують за допомогою маркерів, GPS-навігаторів або лазерних систем.

Роботу розпочинають із прокладання контрольних проходів, дотримуючись оптимального перекриття між рядами. При роботі сівалок точного висіву особливу увагу приділяють рівномірному ходу трактора, підтримці постійної швидкості (4–7 км/год), стабільній роботі дозаторів насіння.

Заправку насінням, добривами та обслуговування машин проводять у кінці загинки, щоб уникнути технологічних втрат часу та забезпечити ритмічність процесу.

3.6. Контроль якості роботи

Якісна підготовка агрегату до роботи має велике практичне значення в забезпеченні своєчасного виконання посіву цукрового буряка на високому агротехнічному рівні.

Коливання ширини міжрядь не повинно перевищувати ± 1 см.

Коливання стикових міжрядь мають бути не більше ± 5 см.

Відхилення від необхідної норми сівби не повинно перевищувати $\pm 3\%$.

Коефіцієнт варіації відхилень інтервалів між насінням у рядку, залежно від норми висіву, повинен становити 35% - 55%.

Середня нерівномірність висівання між апаратами сівалки не допускається більш ніж 3%.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

При сівбі цукрових буряків на глибину 5...8 см відхилення не повинно перевищувати ± 1 см.

Контроль якості виконання технологічних операцій проводять постійно під час роботи агрегату та після її завершення:

- контроль глибини загортання насіння;
- перевірка рівномірності розташування насіння в рядку (штангові або фотоелектронні контролери).

Для забезпечення високої якості виконання технологічних операцій важливо проводити технічний контроль стану машин, кваліфікацію операторів, регулярне обслуговування обладнання.

Застосування сучасних елементів точного землеробства – автоматичного ведення агрегатів, карт диференційованого внесення добрив, моніторингу висіву – дозволяє значно підвищити якість і ефективність виконання операцій при вирощуванні цукрового буряка.

Під час сівби постійно контролюють[5]:

- глибину загортання насіння;
- відстань між насінням у рядку;
- якість притискання ґрунту до насіння;
- рівномірність висіву по всій ширині захвату;
- відсутність пропусків і двійників.

Для контролю використовують механічні та електронні системи моніторингу висіву. Після сівби виконують контрольні розкопки, визначають фактичну густоту стояння рослин.

Порушення технологічних параметрів сівби призводить до:

- нерівномірних сходів;
- зрідження посівів;
- погіршення фотосинтетичної активності рослин;
- зниження врожайності та якості коренеплодів.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Типові помилки та їх наслідки

Помилка	Наслідки
Надто глибоке загортання	Затримка сходів, зрідження посівів
Мілке загортання	Висихання насіння, зниження схожості
Нерівномірна відстань між насінням	Конкуренція рослин, зниження врожаю
Відсутність ущільнення ґрунту	Погане проростання через нестачу вологи

Шляхи вдосконалення операційної технології сівби

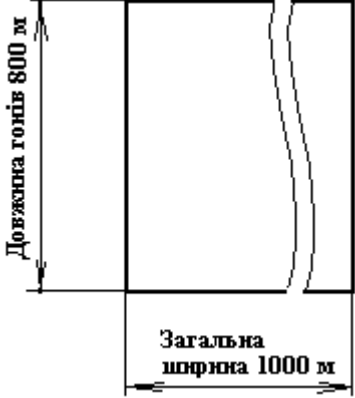
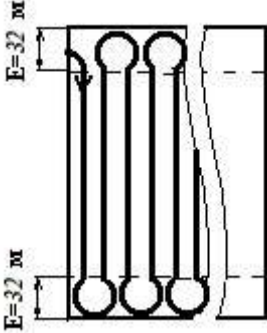
Для підвищення ефективності сівби цукрового буряка доцільно впроваджувати:

- сучасні електронні системи контролю висіву;
- системи автоматичного ведення агрегатів по GPS;
- системи змінної норми висіву залежно від зон родючості поля;
- використання високоякісного інкрустованого насіння;
- застосування мульчування перед сівбою для збереження вологи.

Сівба цукрового буряка є складним багатофакторним процесом, який потребує високої технічної оснащеності, дотримання агротехнічних норм та кваліфікованої роботи персоналу. Якість виконання операції сівби безпосередньо впливає на врожайність культури та економічну ефективність її вирощування. Сучасні технології точного землеробства дозволяють значно покращити якість сівби та знизити втрати, забезпечуючи стабільно високі показники врожайності.

Таблиця 3.2

Операційно-технологічна карта на сівбу

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
1	2	3
Умови роботи	Площа – 100 га, загальна довжина гонів – 800 м , загальна ширина поля 1000 м.	
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь ± 1 см. Відхилення від необхідної норми сівби $\pm 3\%$; нерівномірність висівання між апаратами сівалки не допускається більш ніж 3%. Відхилення середньої глибини сівби не більше ± 1 см.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор МТЗ-80, сівалка ССТ-12В. Робоча ширина 5,4 м, Підготовка агрегату: провести щозмінне ТО трактора і сівалки.	
Підготовка поля	Перед початком роботи поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 32,4 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху – човниковий, спосіб повороту – грушовидний	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

МВБ 00.000 ПЗ

Арк.

3

4 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Призначення бурякової сівалки ССТ-12В

Сівалка ССТ-12В призначена для пунктирного посіву каліброваних звичайних і малих норм дражованого насіння цукрового буряку з одночасним внесенням в рядки гранульованих мінеральних добрив[1].

В комплексі з підживлювачем ПОМ-630 забезпечує одночасно з посівом смугове внесення в зону рядків рідких гербіцидів, інсектицидів та рідких комплексних добрив[1].

При комплектації відповідними пристроями сівалка ССТ-12В забезпечує посів насіння проса, гречки, сої, квасолі (крім крупних сортів), а також великих норм (більше 20 шт/м) дражованого насіння цукрового буряка.

Сівалка застосовується в усіх зонах неполивного бурякосіяння з міжряддям 45 см[1].

Сівалка ССТ-12В агрегатується з універсальними просапними тракторами класу 1,4 і 2,0 (МТЗ-80, МТЗ-82, ЮМЗ-6АЛ/6АМ і Т-70С).

Сівалка комплектується уніфікованою системою контролю (УСКУ 151.111.040) технологічних параметрів і обертання дисків висівних апаратів і рівня насіння і добрив в бункерах[1].

4.2. Загальна будова сівалки ССТ-12В

Сівалка (рис. 4.1) являє собою навісну машину, до рами якої кріпляться два пневматичних опорно-приводних колеса з механізмами передач, секції робочих органів (12 шт.), шість туковисівних апаратів АТП-2. Сівалка обладнана транспортним пристроєм і щілювачами[1].

Підвіска секцій – паралелограмна, сошник для висіву насіння – кільцевидний, для висіву мінеральних добрив – двохрядковий на окремій підвісці, висівний апарат з вертикальним висівним диском[1].

Загортачі підпружинені, з регульованою активністю крил.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Прикочувальні колеса обгумовані.

Туковисівні апарати АТП-2 – шнекові.

Тукопроводи – гумові гофровані.

В передній частині бруса рами розташований замок автозчіпки.

Дискові маркери сівалки встановлені на кронштейнах по торцям бруса рами.

Бункери для насіння і мінеральних добрив – металеві або з полімерного матеріалу.

4.3. Процес роботи сівалки

Обертання дисків насінневисівних і шнеків туковисівних апаратів здійснюється від опорно-приводних коліс за допомогою зубчасто-ланцюгової передачі[1].

Опорно-приводне колесо при русі сівалки передає обертання за допомогою ланцюгів 3, 4, 17 механізму передач 2 і зубчастої передачі на насінневисівні диски 11. Насіння, яке знаходиться в бункері, заповнює комірки висівного диска і спрямовується до місця виштовхування. Зчісуючий ролик 9, обертаючись, видаляє над комірками зайві насінини. В нижній частині апарата насінини із комірок одна за одною примусово виштовхуються виштовхувачами 15 на ущільнене дно борозни, яке утворюється насінневим сошником 16[1].

Висів добрив здійснюється туковисівним апаратом 6, пружинні шнеки якого з лівою і правою навивкою виносять добрива з бункера у лійки. Розсіювачі, здійснюючи коливальні рухи у вихідних вікнах лійок, розсереджують потік туків, забезпечуючи рівномірний струмінь в тукопроводи 8, а потім у борозни, утворені туковим сошником 18[1].

Борозна з укладеними добривами загортається ґрунтом за рахунок самоосипання і прикочування переднім колесом.

Борозна з укладеними насінинами загортається ґрунтом за рахунок самоосипання і прикочується заднім колесом, яке ущільнює ґрунт над

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Регулювання сівалки і контроль за роботою механізмів здійснюється трактористом.

4.4. Технологічні розрахунки

4.4.1 Технологічний розрахунок конструктивних і режимних параметрів висівного апарата

Для того щоб у кожній чарунці по довжині розміщувалося тільки одна насінина необхідно довжину чарунки (L) вибирати за рівнянням[3]:

$$L = a_{\max} + \Delta, \quad (4.1)$$

де a_{\max} – максимальний розмір насінини;

Δ – зазор між насіниною і стінкою чарунки у напрямку її довжини, звичайно приймають $\Delta=(0,5\div 0,6)$ мм

Враховуючи, що чарунки висіваючих дисків для насіння цукрових буряків із технологічних міркувань мають круглу форму, а насіння цукрових буряків сортують на дві фракції (3,5×4,5) мм і (4,5×5,5) мм, то у відповідності з формулою (4.1) діаметр чарунок висівного диску для крупної фракції буде дорівнювати: $d_{\text{я}}=5,5+0,6=6,1$ мм, а для меншої: $d_{\text{я}}=4,5+0,6=5,1$ мм.

З тих же міркувань (щоб по глибині чарунки в неї розміщувалася одна насінина), а також враховуючи, що кожна чарунка має конічну нижню частину, в яку може заглиблюватися насінина, глибину циліндричної частини чарунок приймають: для крупної фракції $h=3,4$ мм, для мілкої – 2,7 мм.

Кількість чарунок на висівному диску (Z), норма висіву насіння (N шт/м. пог.), передаточне відношення (i) від опорно-приводного колеса до валу висівних апаратів і діаметр опорно-приводного колеса (D_k) пов'язані такою залежністю[3]

$$N = \frac{Z \cdot i \cdot (1 - \varepsilon)}{\pi \cdot D_k}, \quad (4.2)$$

де i – коефіцієнт ковзання опорно-приводних коліс (для пневматичних коліс приймають $\varepsilon=(0,05\div 0,07)$).

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Підставивши в рівняння (4.2) відповідні значення: $Z=140$ (кількість чарунк у серійному висівному диску); $D_k=0,482$ м (з урахуванням прогину шини); $\varepsilon=0,07$ і мінімальну норму висіву $N=10$ шт/м. пог. Можна визначити мінімальну величину передаточного відношення.

$$i_{\min} = \frac{N_{\min} \cdot \pi \cdot D_k}{Z \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{10 \cdot 3,14 \cdot 0,482}{140 \cdot 0,93} = 0,116$$

Відповідно, підставивши в цю формулу максимальну норму висіву (згідно агротехнічних вимог), $N_{\max}=30$ шт/м. пог., отримуємо;

$$i_{\max} = \frac{N_{\max} \cdot \pi \cdot D_k}{Z \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{30 \cdot 3,14 \cdot 0,482}{140 \cdot 0,93} = 0,349$$

4.4.2 Визначення раціонального об'єму бункера для висіву насіння цукрового буряка сівалкою ССТ-12В

$$V_{\delta} = \frac{(1,1 \dots 1,15) \cdot L \cdot B \cdot Q}{\gamma_c \cdot 10^4}, \quad (4.3)$$

де L – шлях сівалки від заправки до заправки, м[3].

$$L = m \cdot L_2$$

де L_2 – довжина гону на засіваному полі,

m – кількість гонів.

Приймаємо: $L_2=800$ м, $m=14$

B – ширина захвату сівалки, м[3];

Q – норма висіву насіння цукрових буряків, кг/га.

Якщо відома норма висіву в шт/га ($N=30$), ширина міжрядь ($b=0,45$ м) і абсолютна маса насіння цукрових буряків ($q=18$ г), то вагова норма Q визначиться за формулою:

$$Q = \frac{\left(\frac{10^4}{b} \cdot N\right) \cdot q}{10^6} = \frac{10^4 \cdot 30 \cdot 18}{0,45 \cdot 10^6} = 12$$

Об'ємну масу насіння цукрових буряків (γ) приймаємо рівною 440 г.

Тоді:

						МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата			3

Приймаємо $z_4=27$, уточнюємо i_2 : $i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{16}{27} = 0,59$

Визначимо оберти на III валу:

$$n_3 = n_2 \cdot i_2 = 83,6 \cdot 0,59 = 49,3 \text{ об/хв.}$$

Задаємося передаточним відношенням $i_3=0,9$ і $z_5=16$.

Тоді: $z_6 = \frac{z_5}{i_3} = \frac{16}{0,9} = 17,78$

Приймаємо $z_6=18$, уточнюємо i_3 : $i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{16}{18} = 0,89$

Оберти на IV валу будуть дорівнювати:

$$n_4 = n_3 \cdot i_3 = 49,3 \cdot 0,89 = 43,9 \text{ об/хв.}$$

Задаємося величиною $i_4=1,4$ і $z_7=14$.

Тоді: $z_8 = \frac{z_7}{i_4} = \frac{14}{1,4} = 10$

Оберти на V валу будуть дорівнювати:

$$n_5 = n_4 \cdot i_4 = 43,9 \cdot 1,4 = 61,46 \text{ об/хв.}$$

Задаємо $i_5=1$ і $z_9=z_7=7$.

Тоді: $n_6 = n_5 = 61,46 \text{ об/хв.}$

Задаємося $i_6=0,33$ і $z_{11}=13$.

Тоді: $z_{12} = \frac{z_{11}}{i_6} = \frac{13}{0,33} = 39,4$

Приймаємо $z_{12}=40$, уточнюємо i_6 : $i_6 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{13}{40} = 0,325$

Визначимо оберти на VII валу:

$$n_7 = n_6 \cdot i_6 = 61,46 \cdot 0,325 = 19,97 \text{ об/хв.}$$

Величину останнього передаточного відношення знаходимо розрахунковим шляхом за формулою:

$$i_7 = \frac{i_{\text{заг. min}}}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_5 \cdot i_6} = \frac{0,116}{0,11 \cdot 0,59 \cdot 0,89 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,325} = 0,43$$

Задаємося $z_{13}=40$.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Тоді:
$$z_{14} = \frac{z_{13}}{i_7} = \frac{40}{0,43} = 90,9$$

Приймаємо $z_{14}=90$, уточнюємо i_7 :
$$i_7 = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \frac{40}{90} = 0,44$$

Визначимо оберти на VIII валу (вала висівних апаратів).

$$n_8 = n_7 \cdot i_7 = 19,97 \cdot 0,44 = 8,79 \text{ об/хв.}$$

Зробимо перевірку розбіжності отриманого (фактичного) значення обертів вала висівного апарата і потрібного n'_8 , необхідного для забезпечення мінімальної норми висіву.

$$n'_8 = n_1 \cdot i_{\text{заг. min}} = 75,3 \cdot 0,116 = 8,73 \text{ об/хв.}$$

Величина розбіжності становить:

$$\frac{|8,73 - 8,79|}{8,73} \cdot 100\% = 0,7\%$$

Щоб значно менше допустимого значення (до 5%), тобто кінематичний розрахунок механізму привода для мінімальної норми висіву виконаний достатньо точно.

Аналогічним чином зробимо кінематичний розрахунок механізму привода для максимальної норми висіву (30 шт/м. пог.)

$$i_{\text{заг. max}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_5 \cdot i_6 \cdot i_7 = 0,348$$

Задаємося $i_{11}=1,1$ і $z_1=10$.

Тоді:
$$z_2 = \frac{z_1}{i_1} = \frac{10}{1,1} = 9,09$$

Приймаємо $z_2=9$, уточнюємо i_1 :
$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{10}{9} = 1,11$$

Визначимо оберти на II валу механізму привода:

$$n_2 = n_1 \cdot i_1 = 75,3 \cdot 1,11 = 83,6 \text{ об/хв.}$$

Задаємося величиною $i_2=1,25$ і $z_3=24$.

$$z_4 = \frac{z_3}{i_2} = \frac{24}{1,25} = 19,2$$

Приймаємо $z_4=19$, уточнюємо i_2 :
$$i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{24}{19} = 1,26$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Приймаємо $z_{14}=90$, уточнюємо i_7 :
$$i_7 = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \frac{40}{90} = 0,44$$

Визначимо оберти на VIII валу (валу висівних апаратів).

$$n_8 = n_7 \cdot i_7 = 60,8 \cdot 0,44 = 26,75 \text{ об/хв.}$$

Як і у попередньому випадку (для мінімальної норми висіву) зробимо перевірку розбіжності фактичних n_8 і потрібних n'_8 (для забезпечення максимальної норми висіву – 30 шт/м. пог.) обертів вала висівних апаратів.

$$n'_8 = n_1 \cdot i_{\text{заг. max}} = 75,3 \cdot 0,348 = 26,2 \text{ об/хв.}$$

Величина розбіжності становить:

$$\frac{|26,2 - 26,75|}{26,2} \cdot 100\% = 2,1\%,$$

тобто і в цьому випадку вона менше допустимої, що підтверджує точність зробленого розрахунку.

Аналогічним чином зробимо розрахунок для проміжних норм висіву, дані, отримані при цьому зведемо у таблицю 4.1.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

$$M_8 = P_{\max} \cdot \frac{d}{2} = 30 \cdot \frac{0,22}{2} = 3,3 \text{ Нм.}$$

Величини крутних моментів на наступних валах механізму привода визначимо за формулою:

$$M_{n-1} = \frac{M_n \cdot i_{n-1}}{\eta_{\text{заг}}},$$

де i_{n-1} – передаточне відношення між двома валами передачі;

$\eta_{\text{заг}}$ – загальний ККД, який дорівнює добутку від множення окремих ККД (передач і підшипників).

Враховуючи це:

$$M_7 = \frac{M_8 \cdot i_7}{\eta_1 \cdot \eta_2},$$

де η_1 – ККД зубчастої передачі ($\eta_{\text{зн}}=0,93 \div 0,95$);

η_2 – ККД підшипників ковзання ($\eta_{\text{нк}}=0,98$).

Тоді:

$$M_7 = \frac{3,3 \cdot 0,44}{0,94 \cdot 0,98} = 1,58 \text{ Нм.}$$

Аналогічно:

$$M_6 = \frac{M_7 \cdot i_6}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{1,58 \cdot 0,325}{0,94 \cdot 0,98} = 0,56 \text{ Нм.}$$

$$M_5 = \frac{M_6 \cdot i_5}{\eta'_1 \cdot \eta_2},$$

де η'_1 – ККД ланцюгової передачі ($\eta'_1=0,97$).

Тоді:

$$M_5 = \frac{0,56 \cdot 1,0}{0,97 \cdot 0,98} = 0,59 \text{ Нм.}$$

$$M_4 = \frac{M_5 \cdot i_4}{\eta'_1 \cdot \eta_2} = \frac{0,59 \cdot 1,4}{0,97 \cdot 0,98} = 0,87 \text{ Нм.}$$

Оскільки IV вал забезпечує передачу крутних моментів до 6 висівних апаратів, то:

$$M'_4 = 6 \cdot M_n = 0,87 \cdot 6 = 5,21 \text{ Нм.}$$

$$M_3 = \frac{M'_4 \cdot i_3}{\eta_1 \cdot \eta'_2},$$

де η'_2 – ККД підшипників кочення ($\eta'_2=0,99$).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

Тоді:
$$M_3 = \frac{5,21 \cdot 1,27}{0,94 \cdot 0,99} = 7,11 \text{ Нм.}$$

Визначимо крутний момент на ведучому валу коробки зміни передач (КЗП) від опору на привід насінневих апаратів.

$$M_2 = \frac{M_3 \cdot i_2}{\eta_1 \cdot \eta_2'} = \frac{7,11 \cdot 1,26}{0,94 \cdot 0,99} = 9,63 \text{ Нм.}$$

Враховуючи, що ведучий вал КЗП також передає крутний момент M_2'' на привід трьох туковисівних апаратів, то загальний крутний момент на II валу становить:

$$M_2 = M_2' + M_2''$$

За даними тензометрування $M_2'' \approx 9,6 \text{ Нм.}$

Тоді:
$$M_2 = 9,63 + 9,6 = 19,23 \text{ Нм.}$$

І нарешті, крутний момент на валу приводного колеса на привід насінневих і туковисівних апаратів буде дорівнювати:

$$M_1 = \frac{M_2 \cdot i_1}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{19,23 \cdot 1,11}{0,97 \cdot 0,98} = 22,45 \text{ Нм.}$$

4.7 Розрахунки деталей на міцність

4.7.1 Перевірочний розрахунок ведучого вала КЗП механізму привода насінневих і туковисівних апаратів

Визначимо коефіцієнт запасу міцності n для небезпечних перерізів валу.

Матеріал вала – сталь 45, нормалізована, з характеристиками: тимчасовий опір розриву $\sigma_b=610 \text{ МПа}$, межа витривалості при симетричному циклі напружень згину $\sigma_{-1}=270 \text{ МПа}$, межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення $\tau_{-1}=150 \text{ МПа}$, межа чутливості матеріалу асиметрії циклу напружене відповідно при згинанні і крученні $\psi_\sigma=0,1$ і $\psi_\tau=0,05$.

Попередньо необхідно визначити згинаючі моменти в небезпечних перерізах.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

На рис. 4.3 наведено схему навантаження даного вала.

На вхідний кінець вала (переріз в т. А) діє сила від тиску ланцюгової передачі від опорно-привідного колеса (R_1), яка спрямована під кутом 40° до горизонту і колове зусилля F_{t1} . В середній частині вала діють сили, які виникають у зубчастому зчепленні (колове зусилля F_{t2} і радіальне F_2).

Уточнимо значення цих сил.

$$F_{t1} = \frac{2M_{kp2}}{d_{q1}},$$

де M_{kp2} – сумарний крутний момент на ведучому валу КЗП (на привід насінневих і туковисівних апаратів), $M_{kp2}=19,23$ Нм (див. енергетичний розрахунок);

d_{q1} – ділильний діаметр зірочки приводу ведучого вала КЗП ($z=9$, $t=31,75$ мм).

$$d_{q1} = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)} = \frac{31,75}{\sin\left(\frac{180^\circ}{9}\right)} = \frac{31,75}{0,342} = 92,84 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 19,23 \cdot 10^3}{92,84} = 414,26 \text{ Н.}$$

Навантаження, яке діє на розраховуємий вал від ланцюгової передачі:

$$R_1 = 1,2 \cdot F_{t1} = 1,2 \cdot 414,26 = 497,11 \text{ Н.}$$

Вертикальна складова цієї сили становить:

$$R_{1B} = R \cdot \sin 40^\circ = 497,11 \cdot 0,643 = 319,64 \text{ Н.}$$

Горизонтальна – відповідно:

$$R_{1T} = R \cdot \cos 40^\circ = 497,11 \cdot 0,766 = 380,77 \text{ Н.}$$

Визначимо сили, що діють у зубчастому зчепленні.

Колове зусилля P_k і радіальне зусилля T визначаємо по відповідним залежностям:

$$P_k = P \cdot \cos \alpha \quad \text{і} \quad T = P \cdot \sin \alpha \quad \text{або} \quad T = P_k \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

З другого боку:

$$P_k = \frac{2M'_2}{d_{q2}},$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

де M'_2 – крутний момент, який передається зубчастою передачею для забезпечення приводу насіннєвих апаратів ($M'_2=9,63$ Нм, див. енергетичний розрахунок);

d_{q2} – дільний діаметр шестерень на ведучому валу;

α – кут зчеплення (для циліндричних зубчастих передач $\alpha=20^\circ$).

P – повне зусилля, яке діє в зубчастому зчепленні.

На ведучому валу встановлена шестерня з параметрами: $z=24$, $m=5$ мм, отже:

$$d_{q2} = m \cdot z = 5 \cdot 24 = 120 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$P_k = \frac{2 \cdot 9,63 \cdot 10^3}{120} = 160,5 \text{ Н.}$$

$$T = 160,5 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 160,5 \cdot 0,364 = 58,4 \text{ Н.}$$

На вихідному кінці вала (переріз в т. D) діє сила від тиску ланцюгової передачі на привід, туковисівних апаратів (яка розташована під кутом 20° до горизонту), і передає крутний момент $M''_{kp2}=9,6$ Нм і колове зусилля F_{t2} .

Параметри зірочки: $z_{14}=14$, $t=31,75$.

Колове зусилля F_{t2} , буде дорівнювати:

$$F_{t2} = \frac{2M''_{kp2}}{d_{q3}},$$

де

$$d_{q3} = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_{14}}\right)} = \frac{31,75}{\sin\left(\frac{180^\circ}{14}\right)} = \frac{31,75}{0,223} = 142,38 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$F_{t2} = \frac{2M''_{kp2}}{d_{q3}} = \frac{2 \cdot 9,6 \cdot 10^3}{142,38} = 134,85$$

Сила тиску від ланцюгової передачі на вал становить:

$$R_2 = 1,2 \cdot F_{t2} = 1,2 \cdot 134,85 = 161,82 \text{ Н.}$$

Вертикальна складова цієї сили становить:

$$R_{2B} = R_2 \cdot \sin 70^\circ = 161,82 \cdot 0,94 = 152,11 \text{ Н.}$$

Горизонтальна відповідно:

$$R_{2r} = R_2 \cdot \sin 20^\circ = 161,82 \cdot 0,34 = 55,02 \text{ Н.}$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

На рис. 4.3 зображена схема вала і сили, які на нього діють у різних перерізах в вертикальній і горизонтальній площинах.

Визначимо опорні реакції, які діють в опорах B і D , побудуємо епюри згинаючих моментів у відповідних площинах, а також епюру сумарних згинаючих моментів і моментів кручення.

Вертикальна площина:

$$\sum M_B = 0; \quad -R_{1b} \cdot a - P_k \cdot b + R_{Db}(b+c) - R_{2b}(b+c+d) = 0$$

$$R_{Db} = \frac{R_{1b} \cdot a + P_k \cdot b + R_{2b}(b+c+d)}{(b+c)} = \frac{319,64 \cdot 0,06 + 160,5 \cdot 0,075 + 152,11 \cdot 0,2}{0,15} = 410,93 \text{ Н.}$$

$$\sum M_D = 0; \quad -R_{1b}(a+b+c) + R_{Bb}(b+c) + P_k \cdot c - R_{2b} \cdot d = 0$$

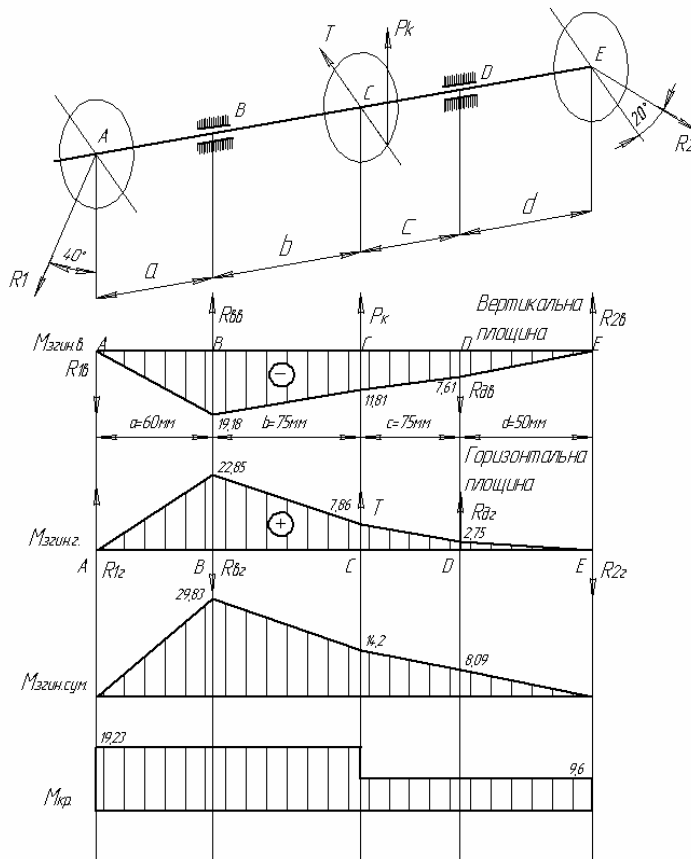


Рис 4.3 Схема навантаження ведучого вала КЗП та епюри

$$R_{Bb} = \frac{R_{1b}(a+b+c) + R_{2b} \cdot d - P_k \cdot c}{(b+c)} = \frac{319,64 \cdot 0,21 + 152,11 \cdot 0,05 - 160,5 \cdot 0,075}{0,15} = 417,93 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$-R_{1b} + R_{Bb} + P_k - R_{Дb} + R_{2b} = -319,64 + 417,93 + 160,5 - 410,93 + 152,11 = 0$$

Горизонтальна площина:

$$\Sigma M_B = 0; \quad R_{1Г} \cdot a - T \cdot b - R_{ДГ} (b + c) + R_{2Г} (b + c + d) = 0$$

$$R_{ДГ} = \frac{R_{1Г} \cdot a + R_{2Г} (b + c + d) - T \cdot b}{(b + c)} = \frac{380,77 \cdot 0,06 + 55,02 \cdot 0,2 - 58,4 \cdot 0,075}{0,15} = 196,47 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_D = 0; \quad R_{1Г} (a + b + c) - R_{БГ} (b + c) + T \cdot c + R_{2Г} \cdot d = 0$$

$$R_{БГ} = \frac{R_{1Г} (a + b + c) + T \cdot c + R_{2Г} \cdot d}{(b + c)} = \frac{380,77 \cdot 6,21 + 58,4 \cdot 0,075 + 55,02 \cdot 0,05}{0,15} = 580,6 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\Sigma Q_G = 0; \quad R_{1Г} - R_{БГ} + T + R_{ДГ} - R_{2Г} = 380,77 - 580,6 + 58,4 + 196,47 - 55,02 = 0$$

Для побудування епюр згинаючих моментів визначимо їх значення в горизонтальній і вертикальній площинах в т. В, С і Д.

Вертикальна площина:

$$M_{Bb} = -R_{1b} \cdot a = -319,64 \cdot 0,06 = -19,18 \text{ Нм.}$$

$$M_{Cb} = -R_{1b} (a + b) + R_{Bb} \cdot b = -319,64 \cdot 0,135 + 417,93 \cdot 0,075 = -11,81 \text{ Нм.}$$

$$M_{Дb} = -R_{2b} \cdot d = -152,11 \cdot 0,05 = -7,61 \text{ Нм.}$$

Горизонтальна площина:

$$M_{БГ} = R_{1Г} \cdot a = 380,77 \cdot 0,06 = 22,85 \text{ Нм.}$$

$$M_{СГ} = R_{1Г} (a + b) - R_{БГ} \cdot b = 380,77 \cdot 0,135 - 580,6 \cdot 0,075 = 7,86 \text{ Нм.}$$

$$M_{ДГ} = R_{2Г} \cdot d = 55,02 \cdot 0,05 = 2,75 \text{ Нм.}$$

Визначимо у тих же перерізах значення сумарних згинаючих моментів і побудуємо епюру.

$$M_{B_{\text{сум}}} = \sqrt{M_{Bb}^2 + M_{БГ}^2} = \sqrt{(-19,18)^2 + (22,85)^2} = \sqrt{367,87 + 522,72} = \sqrt{889,99} = 29,83 \text{ Нм.}$$

$$M_{C_{\text{сум}}} = \sqrt{M_{Cb}^2 + M_{СГ}^2} = \sqrt{(-11,81)^2 + (7,86)^2} = \sqrt{139,48 + 61,78} = \sqrt{211,26} = 14,2 \text{ Нм.}$$

$$M_{D_{\text{сум}}} = \sqrt{M_{Дb}^2 + M_{ДГ}^2} = \sqrt{(-7,61)^2 + (2,75)^2} = \sqrt{57,91 + 7,56} = \sqrt{65,47} = 8,09 \text{ Нм.}$$

Враховуючи умови роботи вала, можна прийняти допустимий запас витривалості $[n]=1,8$.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

Перевіримо запас міцності по межі витривалості в перерізі B , як найбільш небезпечному ($M_{згин.сум.}=29830$ Нмм).

Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині і крученні вала, обумовлені посадкою кільця підшипника кочення.

Для $\sigma_b=610$ МПа і діаметра вала $d=20$ мм із заданої таблиці шляхом інтерполяції знаходимо $K_{\sigma D}=2,25$ і $K_{\tau D}=1,9$.

Визначимо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m},$$

де амплітуда номінальних напружень згину δ_a визначається за формулою:

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{Дзгин.сум.}}{W_o} = \frac{29830}{655} = 45,54 \text{ МПа.}$$

тут осьовий момент опору при $d=20$ мм дорівнює: $W_o=655$ мм³.

Для валів напруження згину змінюються за симетричним циклом і $\sigma_a=\sigma$, $\sigma_m=0$.

Величину коефіцієнта чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень ψ_{σ} при згинанні (вибираємо з табл. 5.1 [7]). Для сталі 45 $\psi_{\sigma}=0,1$.

Підставивши усі необхідні величини у наведену вище формулу, отримуємо запас міцності для нормальних напружень.

$$n_{\sigma} = \frac{270}{2,25 \cdot 45,54} = 2,6$$

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень.

Спочатку визначимо полярний момент опору ([7], табл. 5.9). При $d=20$ мм, приймаємо $W_p=1440$ мм³.

Напруження кручення будуть дорівнювати:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{19,23 \cdot 10^3}{1440} = 13,35 \text{ МПа}$$

Амплітуда і середнє значення номінального напруження кручення становить:

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{13,35}{2} = 6,67 \text{ МПа}$$

Запас міцності для дотичних напружень:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m}$$

де ψ_τ - коефіцієнт чутливості матеріалу та асиметрії циклу напружень при крученні (вибираємо з табл. 5.1 [7]). Для сталі 45 $\psi_\tau=0,05$.

Тоді:

$$n_\tau = \frac{150}{2,15 \cdot 6,67 + 0,05 \cdot 6,67} = \frac{150}{14,67} = 10,2$$

Загальний запас міцності в перерізі B становить:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{2,6 \cdot 10,2}{\sqrt{2,6^2 + 10,2^2}} = \frac{26,52}{10,54} = 2,51$$

оскільки отриманий у результаті розрахунку загальний запас міцності n у небезпечному перерізі B більше допустимого запасу витривалості [n] ($2,51 > 1,8$) то можна вважати, що міцність вала забезпечується.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час використання проекрованої машини

Відповідно до вимог стандарту ГОСТ 12.0.003–74 було проведено аналіз можливих небезпечних та шкідливих чинників, які можуть виникнути при експлуатації модернізованої машини.

Усі потенційні виробничі ризики поділяються за характером впливу на кілька основних груп[9]:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Фізичні фактори:

Під час роботи з модернізованою машиною можуть виникати такі фізичні небезпеки[9]:

- Рухомі частини обладнання та механізмів. Оскільки під час роботи машина переміщується, опорно-привідні колеса та ланцюгові приводи залишаються відкритими, що створює ризик травмування.

- Підвищений шумовий фон на робочому місці. Основним джерелом шуму є двигун трактора, який працює під час виконання технологічних операцій.

- Вібраційний вплив. Вібрації можуть виникати через роботу двигуна та можливу розбалансованість елементів приводу.

Хімічні фактори:

Під час використання машини можуть виникати такі хімічні ризики:

- Загальнотоксична дія. У технологічному процесі використовуються мінеральні добрива, які при недотриманні норм безпеки можуть негативно впливати на організм людини.

Психофізіологічні фактори:

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

До цієї групи належать:

- Нервово-психічне перенавантаження. Оператор машини (тракторист) під час роботи повинен постійно стежити за рухом машини, що вимагає підвищеної концентрації. Крім того, монотонний характер роботи сприяє розвитку втоми.

Біологічні фактори:

У процесі роботи даної машини біологічні небезпечні та шкідливі фактори відсутні.

5.2 Заходи для створення безпечних і комфортних умов праці під час роботи з проектованою машиною

Щоб зменшити негативний вплив шуму та вібрацій на оператора, який працює з модернізованою машиною, застосовуються різні технічні рішення. Наприклад, для зниження рівня шуму, що виникає під час роботи двигуна, кабіну трактора обшивають звукоізоляційними матеріалами з пористою структурою. За можливості додаткову ізоляцію встановлюють і на капот, де розміщується двигун[9].

Щодо боротьби з вібраціями – тут використовують спеціальні еластичні елементи, які зменшують передачу коливань на сидіння оператора та органи керування. Крім того, деталі, що обертаються на високій швидкості, намагаються максимально точно балансувати, аби знизити рівень вібрацій.

Для забезпечення сприятливого мікроклімату в кабіні тракториста передбачені прості, але ефективні рішення. У спекотні дні температуру знижують за допомогою електровентиляторів, які забезпечують рух повітря. Додаткову вентиляцію також забезпечує люк на даху кабіни.

У холодний період року в кабіні можна скористатися автономним обігрівачем, який не залежить від роботи основного двигуна. Завдяки цьому оператор може підтримувати комфортну температуру всередині кабіни навіть у несприятливих погодних умовах.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

5.3 Заходи для забезпечення безпеки під час роботи з проектованою машиною

Після аналізу можливих небезпек можна зробити висновок, що при роботі модернізованої машини є ризик виникнення травм через рухомі елементи, які залишаються відкритими під час роботи. Щоб зменшити ймовірність механічних ушкоджень персоналу, всі рухомі частини приводу необхідно закривати спеціальними захисними кожухами та щитками[9].

Під час перемикання машини з робочого положення у транспортне (так званий режим ближнього транспортування) існує ризик самовільного опускання машини з піднятого положення. Якщо при цьому під машиною випадково опиниться людина, можливі серйозні травми. Щоб запобігти таким випадкам, необхідно встановити на машині механічні фіксатори, які блокують її опускання під час транспортування[9].

Крім того, під час перевезення машини по схилах існує небезпека перекидання трактора разом з причіпною модернізованою технікою. Тому транспортування повинно здійснюватися лише на таких схилах, де кут нахилу не перевищує 14°. Також для підвищення стійкості трактора в таких умовах рекомендується встановлювати додаткові баласты масою 346 кг на передню частину трактора. Це забезпечує кращу поздовжню стійкість трактора при транспортуванні машини.

5.4 Заходи протипожежної безпеки

Відповідно до вимог ДСТУ та ГОСТ, трактор обов'язково повинен бути оснащений вогнегасником. Його місце розташування має бути таким, щоб оператор міг легко дістати та використати його без застосування будь-якого додаткового інструменту[9].

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		3

6 ВИСНОВКИ

Дослідження ефективності вирощування цукрових буряків показують, що існують вагомні можливості для покращення цього процесу. Підвищити ефективність можна як шляхом раціональнішого використання вже наявної техніки в господарствах, так і завдяки вдосконаленню її конструкції, що дасть змогу прискорити виконання технологічних операцій.

В інженерній частині кваліфікаційної роботи виконано модернізацію окремих вузлів бурякової сівалки ССТ-12В, зокрема – висівного диска. Запропоновані зміни забезпечують не лише зростання продуктивності сівалки, а й зменшення трудових та фінансових затрат на її обслуговування. Завдяки вдосконаленню висівного диска вдалося підвищити робочу швидкість агрегату з 5,4 км/год. до 8 км/год., що позитивно позначається на продуктивності виконання посівних робіт.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано основні шкідливі та небезпечні фактори, що можуть виникати під час роботи посівного агрегату. Також розроблено комплекс заходів для покращення умов праці, мінімізації негативного впливу небезпечних чинників та створення безпечного й комфортного робочого середовища для працівників.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. „Машини та обладн. с.-г. вир-ва” / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. Київ : Урожай, 2001. 384 с.

2. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г.Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004.- 544 с.

3. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посібник для виконання курсових проектів з розробки с.-г. техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / І.М. Бендера, Я.В. Козій, А.В. Рудь та ін. ; за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.

4. Примак І.Д. та ін. Буряківництво. Київ : Колобіг, 2009. 460 с.

5. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання МТП в рослинництві. Київ : Вища школа, 1995.

6. Ільченко В.Ю. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетровськ, 2002.

7. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник. Київ : Вища школа, 1993. 556 с.

8. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

9. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги : навч. посібник. Київ : «Основа», 2011. 551 с.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

МВБ 00.000 ПЗ

Арк.

3

ДОДАТКИ

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		