

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

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

Механізація вирощування капусти з модернізацією  
овочевої сівалки

Виконав здобувач вищої освіти IV  
курсу,

групи AI-21

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Четвертак Дмитро Юрійович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Дмитро АРТЕМЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

\_\_\_\_\_ доц. Катеринич С.Є.

## **Анотація**

У роботі проведено всебічний аналіз технології вирощування капусти з акцентом на удосконалення процесу сівби шляхом модернізації овочевої сівалки JPH 4. Встановлено, що навіть незначні конструктивні зміни дозволяють суттєво підвищити агротехнічну якість висіву. Визначено ключову роль опорно-приводного та прикочуючого котків у забезпеченні точності посіву й створенні оптимальних умов для проростання насіння. Запропоновано нову конструкцію опорно-приводного котка з пневматичною шиною та покриттям з ґрунтозачепами, а також комбінований прикочуючий коток з полімерною робочою поверхнею, що зменшує налипання вологого ґрунту. Теоретично обґрунтовано розподіл обертового моменту та щільність ґрунту на глибині загортання насіння залежно від нових конструктивних рішень. Запропонована модернізація сівалки дозволяє не лише покращити якість сівби, а і сприяє підвищенню врожайності капусти завдяки більш сприятливим умовам для росту культури.

## **Abstract**

The study presents a comprehensive analysis of cabbage cultivation technology, with a focus on improving the sowing process through the modernization of the JPH 4 vegetable seeder. It was established that even minor design modifications can significantly enhance the agronomic quality of sowing. The supporting-drive and rear press wheels were identified as key components in ensuring sowing accuracy and creating optimal conditions for seed germination. A new design of the supporting-drive wheel was proposed, featuring a pneumatic tire and a treaded rubber cover, along with a combined press wheel that includes a polymer working surface to reduce adhesion of wet soil. Theoretical justification was provided for the distribution of torque and soil density at the seed placement depth depending on the updated design parameters. The proposed modernization of the seeder not only improves the sowing process but also contributes to increased cabbage yield by ensuring more favorable growth conditions for the crop.

## Зміст

1. Вступ.....	6
2. Аналіз сучасної технології вирощування капусти з визначенням шляхів її удосконалення.....	7
3. Операційна технологія процесу посіву капусти.....	28
4. Інженерна частина.....	43
5. Охорона праці.....	46
Висновки.....	49
Список використаної літератури.....	51
Додатки	

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Вступ

Однією з важливих овочевих культур, яка займає значне місце у структурі овочевих посівів в Україні, є капуста. Вона характеризується високою врожайністю, добрими смаковими якостями, цінними харчовими та дієтичними властивостями, а також попитом як у свіжому вигляді, так і для переробки. Забезпечення стабільного врожаю капусти потребує дотримання всіх етапів технології вирощування, зокрема якісного та своєчасного висіву насіння, що значною мірою визначає подальший ріст і розвиток рослин.

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва особливої актуальності набуває питання механізації вирощування капусти, адже ефективне застосування технічних засобів дозволяє підвищити продуктивність праці, знизити витрати ресурсів та забезпечити високу якість виконання агротехнічних операцій. Особливе місце в цьому процесі посідає модернізація овочевих сівалок, які є ключовими машинами на етапі сівби.

Аналіз існуючих конструкцій овочевих сівалок свідчить про наявність ряду недоліків, що знижують якість посіву дрібнонасіневих культур, зокрема капусти. Це зумовлює необхідність технічного вдосконалення конструкцій робочих органів сівалок, які б забезпечували точне дозування та укладання насіння на задану глибину з урахуванням агротехнічних вимог.

У зв'язку з цим у даній роботі розглянуто питання механізації вирощування капусти шляхом модернізації овочевої сівалки, що дозволить підвищити якість посіву, покращити схожість насіння та сприяти формуванню рівномірних сходів, а відтак збільшенню врожайності культури.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Пояснювальна записка</b>					
<i>Розроб.</i>		Четвертак						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Артеменко							6	
<i>Н. Контр.</i>		Мачок						<b>ЦНТУ гр. АІ-21</b>		
<i>Затверд.</i>		Васильковський								

## 2. Технологічна частина

### 2.1 Технологія вирощування капусти

**Опис культури.** Капуста (лат. Brassica oleracea) - одна з основних овочевих культур родини хрестоцвітих. Вирощується для споживання у свіжому вигляді, переробки та зберігання. Залежно від сорту капуста буває ранньостиглою, середньостиглою та пізньостиглою. Розвивається через фазу розетки листків до утворення щільного головки (качана). Капуста характеризується високою врожайністю, добрим зберіганням і високою потребою до агротехнічних умов.

**Вимоги до температури.** Капуста належить до холодостійких культур, і температурний режим є одним із ключових факторів, що впливає на ріст, розвиток та врожайність. Насіння починає проростати вже при температурі +2...+3°C, але цей процес відбувається повільно. Оптимальна температура для швидкого і дружного проростання +18...+20°C. При нижчих температурах проростання затягується до 10–12 днів, тоді як при оптимальній - триває 4–6 днів. Молоді сходи та розсада здатні витримувати короткочасні заморозки до –3...–4°C, що робить можливим висадку у відкритий ґрунт раніше за багато інших культур. Найсприятливішою температурою в період активного росту і формування качана є +15...+20°C.

При високих температурах понад +25°C у рослин сповільнюється ріст, головки формуються пухкими або взагалі не закладаються. Це особливо критично для ранніх сортів капусти, що вирощуються в літній період. Деякі пізньостиглі сорти капусти здатні витримувати осінні заморозки до –6...–8°C, що дозволяє їх збирати пізно восени. Це робить капусту придатною для тривалого польового зберігання [1-5].

**Вимоги до світла.** Капуста належить до світлолюбних рослин короткого дня, тобто потребує хорошого освітлення протягом більшої частини дня, особливо на ранніх етапах розвитку. У фазі формування качана капуста також потребує достатньої кількості світла. При затіненні головки формуються дрібними або пухкими. Недостатнє освітлення також затримує вегетацію і

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

підвищує ризик розвитку грибкових хвороб. Найкращі результати капуста дає при вирощуванні на відкритих, добре освітлених ділянках, без затінення з боку будівель, дерев або високих культур. Щільність посадки також має значення: занадто густе розміщення призводить до самозатінення і, відповідно, зниження якості врожаю [1-5].

**Вимоги до ґрунту.** Ґрунт є критичним фактором при вирощуванні капусти, оскільки ця культура має велику листову масу і високу потребу в елементах живлення та волозі. Капуста найкраще росте на родючих, структурних, добре зволжених суглинкових або супіщаних ґрунтах. Важкі глинисті ґрунти придатні тільки за умови гарної агротехнічної підготовки та дренажу. Легкі піщані ґрунти слід збагачувати органікою і постійно зволожувати.

Оптимальна кислотність ґрунту - рН 6.0–7.0. При підвищеній кислотності зростає ризик розвитку кілі капусти - небезпечної ґрунтової хвороби. У разі кислотності нижче рН 5.5 рекомендовано проводити вапнування.

Капуста, вологолюбна культура, особливо у фазі формування головки. Нестача вологи веде до зупинки росту, деформації качанів, зниження врожайності. Оптимальна вологість ґрунту - 70–80% НВ (найбільша вологемність). Капуста інтенсивно споживає азот, фосфор, калій та кальцій. Для отримання високого врожаю доцільно використовувати: органічні добрива - перегній, компост (30–40 т/га); мінеральні добрива - залежно від аналізу ґрунту, в середньому N - 120–180 кг/га, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 80–100 кг/га, K<sub>2</sub>O - 150–200 кг/га. Добре структурований ґрунт полегшує проростання насіння, розвиток кореневої системи і зменшує ризик застою води [1-5].

**Попередники під капусту.** Правильний вибір попередника - ключовий агротехнічний прийом, який суттєво впливає на врожайність, здоров'я рослин та економічну ефективність вирощування капусти. Культура дуже чутлива до нагромадження хвороб, шкідників і ґрунтового виснаження, тому дотримання сівозміни є обов'язковим.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кращі попередники для капусти [1-5]:

зернові культури (окрім кукурудзи) - пшениця, ячмінь, овес, жито не залишають у ґрунті збудників хвороб, характерних для капустяних. Після них можна ефективно вносити органіку та провести глибоке розпушування ґрунту;

бобові культури - горох, квасоля, люпин. Збагачують ґрунт азотом завдяки азотфіксації. Покращують структуру ґрунту, особливо на важких ділянках;

коренеплоди (крім редьки і ріпи) - морква, буряк столовий. Мають глибоку кореневу систему, що покращує аерацію ґрунту та рідко передають хвороби капусти;

огірки, кабачки, гарбузи (із сімейства гарбузових) - не споріднені з капустою за хворобами. Добре реагують на органіку, як і капуста, тому підходять у сівозміні;

сидеральні культури - гірчиця, фацелія, гречка (як проміжні або основні попередники), покращують структуру і родючість ґрунту, пригнічують бур'яни.

Небажані попередники [1-5]:

інші хрестоцвіті (капустяні) культури - білоголова капуста, броколі, цвітна, кольрабі, редька, ріпа, гірчиця. Мають спільні хвороби: килу, пероноспороз, фузаріоз, а також спільних шкідників (хрестоцвітна блішка, капустяна міль).

### **Обробіток ґрунту під вирощування капусти.**

Обробіток ґрунту є важливою ланкою у підготовці поля до посіву капусти. Він спрямований на створення пухкого, добре структурованого ґрунтового шару з достатнім рівнем вологи, доброго аераційного режиму та знищення бур'янів і шкідників.

Цілі основного обробітку ґрунту:

розпушення ущільненого шару ґрунту;

загортання післяжнивних решток і органічних добрив;

знищення бур'янів, шкідників і хвороботворних організмів;

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поліпшення водного, повітряного та теплового режимів;  
створення сприятливих умов для росту кореневої системи капусти.

Етапи основного обробітку [1-5]:

1. Дискування (лушення стерні) одразу після збирання попередника на глибину 6–10 см. Мета - знищення падалиці, бур'янів та збереження вологи, стимулювання проростання бур'янів для подальшого знищення.

2. Внесення органічних і мінеральних добрив - органіка: гній (30–40 т/га), компост, сидерати; мінеральні - фосфорні та калійні добрива (за агрохімічним аналізом ґрунту), вносяться перед основною оранкою.

3. Оранка (глибоке розпушення, знищення корневих бур'янів, створення запасу вологи) - восени (в ідеалі – до настання стійкого похолодання) глибина 25–30 см, плугами з передплужниками.

4. Боронування або вирівнювання поверхні (за потреби) після оранки, якщо грудки великі або поле нерівне. Допомагає зменшити випаровування вологи та зруйнувати грудки.

Весняний допосівний обробіток (як продовження основного), закриття вологи ранньою весною боронуванням. Культивація або дискування 2–3 рази на глибину 8–12 см для створення дрібногрудкуватого стану ґрунту. Передпосівне вирівнювання: за допомогою комбінованих агрегатів.

Особливості ґрунтового обробітку під капусту:

капуста має слабкорозвинену кореневу систему, тому потребує глибокого, добре обробленого і родючого ґрунту;

на важких або ущільнених ґрунтах доцільно проводити щільювання чи глибоке розпушення (до 35 см);

при загрозі кислих ґрунтів необхідне вапнування.

Грамотно проведений основний обробіток є запорукою формування врожайності капусти та ефективного використання добрив і вологи.

**Посів [1-5].** Ранні сорти капусти сіють із середини до кінця квітня, коли ґрунт прогріється до +6...+8 °С. Середні та пізні сорти у травні, коли мине загроза поворотних заморозків. Капуста - холодостійка культура, однак

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дружні сходи формуються при стабільній температурі повітря не нижче +10 °С, а ґрунту не нижче +6 °С.

Ґрунт має бути добре структурований, пухкий, без грудок. Передпосівна культивуація повинна створити дрібногрудкуватий стан на глибину 5–6 см, що забезпечує щільний контакт насіння з ґрунтом. Бажано, щоб вологість ґрунту становила 70–80% НВ (найбільша вологоємність), це сприяє швидкому проростанню.

Насіння має бути високої якості, вирівняне за розміром (каліброване). Протруєне фунгіцидом (напр. ТМТД, Максим). Використовується замочування в теплій воді або стимуляторах росту (напр. Епін, Гумат) з підсушуванням до сипучого стану.

Табл. 2.1

Схема сівби

Тип капусти	Міжряддя	Відстань у рядку	Густота рослин
Рання	40–50 см	20–25 см	60–70 тис./га
Середньостигла	50–60 см	25–30 см	45–55 тис./га
Пізня	60–70 см	30–40 см	35–45 тис./га

Глибина загортання насіння: 1,5–2 см (на легких ґрунтах — до 2,5 см).

Норма висіву: 1,5–3,0 кг/га, залежно від фракції насіння і способу сівби.

Способи сівби:

Рядковий спосіб (звичайний або з широкими міжряддями) - найпоширеніший.

Стрічковий - з двома рядками на стрічці з відстанню 20–25 см між ними та 50–70 см між стрічками.

Можливе застосування перфорованих стрічок або дражованого насіння - для точнішого висіву.

Для посіву використовуються овочеві або модернізовані просапні сівалки (напр. ЈРН, СУПН, Vesta). Бажано застосовувати сівалки з борозними та прикочуючими котками. Недотримання глибини загортання призводить до

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

нерівномірних сходів. Надмірна або недостатня вологість ґрунту зменшує енергію проростання насіння. Неякісна підготовка насіння або ґрунту уповільнює розвиток сходів.

**Боротьба з бур'янами [1-5].** Механічними методами до сходів і після них:

боронування (легке, при утворенні кірки): знищує проростки бур'янів;  
культивуація перед сівбою, знищення бур'янів, які проросли, і підготовка ґрунту до сівби;

міжрядне рихлення (прополювання) на 5–6 день після сходів і повторно кожні 10–15 днів, глибина 4–6 см (перша культивуація), 6–8 см — подальші;

ручне видалення бур'янів у рядках – особливо важливо для органічного виробництва.

Хімічний захист (гербициди). До сходів капусти (ґрунтові гербициди), застосовуються одразу після сівби або за 1–3 дні до сходів табл. 1.2.

Табл. 2.2

#### Ґрунтові гербициди

Препарат	Діюча речовина	Норма, л/га	Дія
Дуал Голд 960 ЕС	S-метолахлор	1,2–1,6	Однорічні злакові і дводольні бур'яни
Прометрин 500 SC	прометрин	2,0–3,0	Однорічні дводольні
Гезагард 500 SC	прометрин	2,0–3,0	Схожий спектр дії
Стеллар	ізоксадифен	2,0–3,0	комбінований ефект

Обробка гербицидами проводиться на вологий, добре підготовлений ґрунт, без грудок, з подальшим прикочуванням.

Обробка після сходів капусти (страхові гербициди) проводиться з обережністю, капуста чутлива до більшості препаратів табл. 2.3.

Табл. 2.3

Препарат	Діюча речовина	Стадія застосування	Коментар
Фюзілад Форте	флусилад	2–4 листки	Проти однорічних злакових
Тарга Супер	квізалофоп-П-етил	3–6 листків	Вибірковий, не шкодить капусті
Фюзилад Форте + Гезагард	бакова суміш	у фазу 3–4 листків	Посилений ефект

Перед застосуванням необхідно протестувати гербіцид на невеликій площі. У разі органічного виробництва - мульчування соломкою або агроволокном + регулярне ручне прополювання.

**Боротьба з хворобами.** Найпоширеніші хвороби капусти та заходи боротьби [1-5]:

кила капусти (*Plasmodiophora brassicae*) - потовщення, нарости на коренях; в'янення рослин у спеку. Умови поширення - кислий, вологий ґрунт; температури 18–24 °С. Заходами боротьби є дотримання сівозміни (перерва не менше 4–5 років), вапнування кислих ґрунтів (до рН 6,5–7,0), вирощування стійких сортів, біопрепарати - Триходермін, Планриз, Фітоспорин-М;

чорна ніжка (*Rhizoctonia solani*, *Pythium spp.*) - почорніння основи стебла; вилягання сходів або загибель рослин. Умовами поширення є надмірна вологість, загущення посівів. Заходи боротьби - дезінфекція ґрунту в парниках/теплицях, протруювання насіння (Вітавакс, Фундазол); поливи Фітоспорином, Триходерміном;

судинний та слизовий бактеріоз (*Xanthomonas*, *Pectobacterium spp.*) - жовтіння країв листя, в'янення, згодом – слизове загнивання качанів. Поширюється через заражене насіння або його пошкодження. Заходи боротьби - використання здорового, сертифікованого насіння, знезараження

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

насіння (біопрепарати або гаряча вода 48 °С, 30 хв), обробка баковими сумішами з мідьвмісними препаратами (ХОМ, Купроксат, Чемпіон), обмеження азотного живлення;

альтернаріоз (*Alternaria brassicae*) - коричневі плями на листках із концентричними кільцями. Поширюється через залишки рослин, насіння. Заходи боротьби - протруювання насіння (Максим, Круїзер, Інкрустація), обробка фунгіцидами Скор (0,2 л/га), Делан (0,6–0,8 кг/га), Хорус, Тілт, Світч залежно від фази росту;

пероноспороз (несправжня борошниста роса) - сірий наліт знизу листа, жовто-сірі плями зверху. Умови - підвищена вологість, загушення. Заходи боротьби - регулярне проріджування, провітрювання, обробка системними фунгіцидами Ридоміл Голд МЦ (2,5 кг/га), Акробат МЦ, Превікур Енерджі;

біла та сіра гниль (*Sclerotinia*, *Botrytis*) - білий/сірий пухнастий наліт, загнивання головок. Виникає при високій вологості під час дозрівання і зберігання. Заходи боротьби - прибирання у суху погоду, ретельне просушування, дезінфекція сховищ, обробка фунгіцидами перед збиранням (Світч, Топсин-М, Хорус), внесення біопрепаратів у ґрунт.

**Боротьба зі шкідниками.** Боротьба зі шкідниками при вирощуванні капусти важливий етап агротехнології, оскільки капустяні культури часто уражуються комахами, які не лише знижують врожай, а і значно погіршують якість продукції. Ефективна система захисту передбачає інтегровані методи: агротехнічні, біологічні, хімічні та механічні.

Основні шкідники капусти та заходи боротьби [1-5]:

капустяна міль (*Plutella xylostella*) - личинки виїдають тканини між жилками, залишаючи «вікна» на листках. Найбільш шкодочинна у фазі формування розетки та качана. Заходи боротьби - біопрепарати Бітоксубацилін, Лепідоцид, Фітоверм (2–3 обробки з інтервалом 7–10 днів), інсектициди Децис, Кораген, Енжіо, Актара (чергування препаратів для уникнення резистентності), видалення рослинних решток, де зимують лялечки;

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

капустяна білянка (*Pieris brassicae*) - великі личинки об'їдають листки до жилок, можуть пошкоджувати качани. Період шкодочинності червень-серпень. Заходи боротьби - знищення кладок яєць (механічно), обробка препаратами Фастак, Актеллік, Кораген, Банкол, залучення ентомофагів (паразитичних ос - трихограма), біологічні засоби Боверин, Лепідоцид;

капустяна совка (*Mamestra brassicae*) - личинки проникають у качан, спричиняючи загнивання. Шкодочинна на пізніх стадіях формування качана. Заходи боротьби - збір і знищення гусені вручну, світлопастки проти метеликів, інсектициди Децис, Інтавір, Нурел Д, Карате Зеон, біопрепарати Лепідоцид, Бітоксубацилін;

хрестоцвіті блішки (*Phyllotreta* spp.) - дрібні отвори на листках, особливо на розсаді, особливо небезпечні у фазі сходів і молодій розсаді. Заходи боротьби - присипання золою, тютюновим пилом, або деревним попелом (1–2 рази на тиждень), обприскування настоєм часнику або полину, хімічні засоби Актара, Престиж, Ф'юрі, рання посадка (для уникнення піку активності блішок);

капустяна муха (*Delia radicum*) - личинки пошкоджують корені, рослина в'яне, зупиняється в рості. Поширюється весною на початку літа, 2–3 покоління за сезон. Заходи боротьби - присипка навколо рослини золою або тютюновим пилом. Обробка ґрунту інсектицидами при посадці (Базудин, Табу, Форс), внесення препаратів у лунку або під корінь (Актарою при поливі).

Профілактичні заходи: не вирощувати капусту на одному місці щороку; глибока зяблева оранка для знищення зимуючих стадій шкідників; посів сидератів для оздоровлення ґрунту; регулярний моніторинг рослин, раннє виявлення шкідника; обробка препаратами у вечірній час або рано вранці при температурі +15...+22 °С; чергування інсектицидів для уникнення звикання (резистентності).

**Збирання врожаю [1-5].** Збирання капусти - заключний етап технології її вирощування, від якого залежить збереження якості продукції, її

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

транспортабельність і лежкість у сховищах. Терміни та спосіб збирання визначаються залежно від сорту (ранній, середньостиглий, пізній), цільового призначення врожаю (споживання у свіжому вигляді, переробка чи зберігання), погодних умов і технічного оснащення господарства.

Оптимальні строки збирання: збирають через 60–80 днів після посіву у відкритий ґрунт; збирання починають у фазі технічної стиглості, коли качани досягають середньої щільності, але ще не розтріскуються; затримка збирання призводить до розтріскування качанів.

Середньостиглі сорти, збирають у серпні–вересні, качани повинні бути щільними, масою не менше 1,5–2,5 кг, придатні як для короткострокового зберігання, так і для переробки (квашення, шинкування).

Пізні сорти, збирають у жовтні до настання стійких заморозків (–2...–3 °С), качани мають бути максимально щільними, повністю сформованими, пізні сорти добре зберігаються в сховищах 5–7 місяців.

Способи збирання:

ручне збирання, найбільш поширене у дрібних господарствах і при вирощуванні ранньої капусти, здійснюється за допомогою ножа або секатора. Качани зрізають разом із частиною кочериги та 2–3 покривними листками для захисту при транспортуванні;

механізоване збирання, використовується у великих фермерських господарствах і агрохолдингах. Застосовують спеціальні капустозбиральні машини (наприклад, GRIMME, Weremczuk, РОСТА-6 тощо). Збір проводиться на площах, де рівномірне дозрівання качанів та сприятливі погодні умови.

Вимоги до умов збирання:

збирання краще проводити в суху погоду, при температурі повітря +5...+10 °С;

небажано збирати капусту після тривалих дощів це підвищує ризик загнивання при зберіганні;

при пізньому збиранні качани повинні витримати легке підмерзання (до –2 °С), але не більше інакше це знижує лежкість.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 2.2 Технологічна карта вирощування капусти [1-11]:

### 1. Підготовка ґрунту.

1.1 Луцання стерні (після попередника). Відразу після збирання попередника, глибина 6-8 см (дискові лушильники) або 10-12 см (лемішні лушильники). Дискові лушильники (ЛДГ-10, ЛДГ-15), лемішні лушильники (ППЛ-10-25).

1.2 Внесення органічних добрив. Осінь, під основний обробіток - гній (40-60 т/га), компост. Рівномірний розподіл по полю розкидачами органічних добрив (РОУ-6, ПРТ-10).

1.3 Внесення мінеральних добрив (основне). Осінь, під основний обробіток. Розрахункова норма залежно від аналізу ґрунту та планованої врожайності (орієнтовно Р60-120К90-180). Розкидачі мінеральних добрив (МБУ-6, Amazone ZA-M).

1.4 Зяблева оранка - осінь (жовтень-листопад), глибина 25-30 см плугом з передплужниками. Забезпечення доброго обертання пласта та загортання добрив і рослинних решток. Плуги (ПЛН-5-35, ПЛН-8-40) з тракторами відповідної потужності.

1.5 Ранньовесняне боронування (закриття вологи). Рання весна, при фізичній стиглості ґрунту, впоперек або під кутом до напрямку оранки. Глибина 3-5 см. Важкі зубові борони (БЗТС-1.0), середні борони.

1.6 Передпосівна культивування та вирівнювання. Весна, безпосередньо перед сівбою. Дуже ретельна підготовка, глибина 4-6 см. Створення дрібногрудкуватої структури ґрунту, ідеально вирівняної поверхні для забезпечення рівномірної глибини загортання насіння сівалкою точного висіву. Застосування комбінованих агрегатів. Культиватори (КПС-4, АКШ-3,6), комбіновані агрегати (Європак), передпосівні компактори.

1.7 Прикочування (за потреби, до або після сівби). Перед або після сівби для покращення контакту насіння з ґрунтом та збереження вологи, особливо в посушливих умовах. Котки (гладкі, кільчасто-шпорові).

### 2. Підготовка насіння та прямих посів у відкритий ґрунт.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2.1 Підготовка насіння перед посівом. Використання високоякісного каліброваного та інкрустованого/дражованого насіння, обробленого фунгіцидами та інсектицидами. Це особливо важливо для сівалок точного висіву для запобігання забиванню висівних апаратів. Насіння капусти (інкрустоване/дражоване), протруювачі (якщо насіння не оброблене).

2.2 Налаштування сівалки точного висіву безпосередньо перед сівбою в полі на задану норму висіву (кількість насінин на погонний метр), глибину загортання та міжряддя згідно зі схемою посадки. Перевірка роботи висівних апаратів. Сівалка овочева точного висіву JPH 4.

2.3 Сівба насіння у відкритий ґрунт. Рання капуста у квітні (при прогріванні ґрунту до +8-10°C. Середня/пізня капуста, кінець квітня – травень. Схема посіву (міжряддя): рання 50-60 см, середня 60-70 см, пізня: 70 см. Відстань між насінням в рядку налаштовується сівалкою для отримання кінцевої густоти стояння рослин без проріджування або з мінімальним проріджуванням (орієнтовно 30-60 см залежно від сорту). Глибина загортання насіння: 1,5-2,5 см. Забезпечення рівномірної глибини критично важливе. Норма висіву значно нижча, ніж при звичайній сівбі (0.2-0.5 кг/га або 3-6 насінин/п.м. залежно від маси 1000 насінин та бажаної густоти). Сівалка овочева точного висіву JPH 4.

2.4 Післяпосівне прикочування (якщо не робилося до) одночасно з сівбою або відразу після, для кращого контакту насіння з ґрунтом та підтягування вологи.

### 3. Догляд після сходів.

3.1 Полив (зрошення), регулярно, особливо в період сходів, формування розетки, зав'язування та ріст головки. Забезпечення оптимальної вологості ґрунту (70-80% НВ), особливо важливо в перші тижні після сходів. Норма поливу 300-500 м<sup>3</sup>/га. Дощувальні машини (ДДА-100МА, "Фрегат", "Rainstar"), системи краплинного зрошення.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3.2 Боротьба з ґрунтовою кіркою (за потреби). До появи сходів або на початкових етапах. Легке боронування ротаційними мотигами або легкими боронами впоперек рядків для руйнування кірки та полегшення сходів.

3.3 Розпушування міжрядь та контроль бур'янів. Протягом вегетації, до змикання листя в міжряддях. Перше розпушування на глибину 5-6 см, наступні – 8-12 см. Дуже важливий ранній контроль бур'янів, оскільки сходи капусти вразливі. Можливе застосування дозволених гербіцидів (ґрунтових до сходів або страхових після сходів, суворо згідно з регламентом). Культиватори міжрядного обробітку (КРН-4.2, КРН-5.6), просапні культиватори, обприскувачі.

3.4 Контроль густоти стояння (проріджування - мінімальне або відсутнє). У фазі 2-3 справжніх листків (за крайньої потреби). При використанні сівалок точного висіву ЯРН проріджування зазвичай не потрібне або мінімальне. Якщо сходи надто густі, обережно видаляють слабші рослини.

3.5 Підживлення мінеральними добривами 2-3 рази протягом вегетації. 1-е: у фазі 3-4 справжніх листків (N30P15K20). 2-е: у фазі інтенсивного росту листя/початку формування головки (N45P30K30). 3-є (для середніх та пізніх сортів): у фазі наливу головки (P30K45). Можливе позакореневе підживлення мікроелементами (В, Мо, Мп). Розкидачі мінеральних добрив, обприскувачі для позакореневого підживлення, культиватори-рослинопідживлювачі.

3.6 Підгортання культиваторами окучниками (для середньо- та пізньостиглих сортів). При утворенні 7-9 листків та на початку формування головки. Сприяє утворенню додаткових коренів, підвищує стійкість рослин.

3.7 Захист від шкідників. Протягом вегетації, за появи шкідників (понад ЕПШ). Хрестоцвіті блішки (дуже небезпечні для сходів!), капустяна муха, попелиці, совки, білани. Обробка інсектицидами згідно з регламентом застосування (Актара, Енжіо, Карате Зеон, Децис Профі, біопрепарати – Бітоксубацилін, Лепідоцид). Ранні обробки проти блішок критично важливі. Обприскувачі (ОПШ-15, ОП-2000).

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3.8 Захист від хвороб. Протягом вегетації, за сприятливих умов для розвитку хвороб. Кила, судинний та слизистий бактеріоз, фомоз, альтернаріоз, несправжня борошниста роса - обробка фунгіцидами (Квадріс, Ридоміл Голд, Скор, біопрепарати – Триходермін, Фітоспорин). Обприскувачі (ОПШ-15, ОП-2000).

4. Збирання врожаю та післязбиральна доробка.

4.1 Залежно від сорту та призначення (свіжий ринок, зберігання, переробка). Головки повинні бути щільними, типового для сорту розміру та забарвлення.

4.2 Збирання врожаю. Рання капуста, червень – липень, вибіркоче збирання, у міру досягання. Ручне зрізування головок з 2-3 покривними листками. Середня та пізня капуста - серпень – жовтень (до настання стійких заморозків). Може бути суцільним або вибіркочевим. Ручне зрізування або механізоване (для переробки). Для зберігання залишають 2-4 покривні листки та качан довжиною 2-3 см. Ножі, капустозбиральні комбайни (МСК-1, ККУ-2А), транспортери.

4.3 Транспортування, відразу після збирання на місце сортування, переробки, зберігання.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

### 3. Операційна технологія посіву капусти

Вихідні умови для розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

#### Вихідні умови

Показник	Значення показника
Операція	Посів капусти
Трактор	Foton FT 504C
Зернова сівалка	JPH 4
Довжина гонів, L м	500
Площа посіву, га	5
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	3

#### 3.1 Агротехнічні вимоги до посіву капусти [2,3,7,11]:

Грунтові вимоги. Найкраще капуста росте на родючих, суглинкових або легких супіщаних ґрунтах, багатих на гумус. Оптимальний рН = 6,0–7,0 (слабокислі або нейтральні ґрунти). Заболочені, перезволожені або кислі ґрунти - непридатні. Підготовка ґрунту - осіння оранка на глибину 25–30 см; весняне боронування, культивуація, внесення мінеральних добрив.

Температурні умови. Насіння починає проростати при температурі від +2...+3 °С, але оптимально - +18...+22 °С. Сходи з'являються через 5–10 днів залежно від температури. При температурі нижче –2 °С молоді сходи можуть загинути.

Вологість ґрунту. Насіння капусти дуже чутливе до вологості, вона має бути не менше 70–80 % НВ. При нестачі вологи формуються нерівномірні сходи та погане укорінення. Перед посівом важливо провести передпосівне зволоження або сіяти перед дощем.

Глибина загортання насіння. Оптимальна глибина 1–1,5 см на важких ґрунтах; 2–2,5 см на легких піщаних ґрунтах. При надмірно глибокому посіві може бути затримка сходів і загущення.

Норма висіву та схема розміщення (при прямому посіві): 3–5 кг/га (в залежності від фракції насіння, способу висіву), 50–70 см міжряддя і 25–60 см між рослинами в ряду - залежно від сорту і типу капусти. Ранні сорти: 70×25 см; середньостиглі 70×40 см; пізні: 70×50–60 см.

Насіння протруюють проти хвороб (фунгіцидні препарати). Для прискорення проростання - замочування у воді (+20...+22 °С) на 12–18 годин. Можливе передпосівне загартування насіння або обробка мікроелементами.

Посів проводять овочевими сівалками точного висіву, які забезпечують: точне дозування насіння; задану глибину; мінімальне пошкодження насіння; щільний контакт насіння з ґрунтом.

Після посіву важливо: забезпечити помірне зволоження; уникати ущільнення ґрунту; за потреби - провести коткування для покращення контакту насіння з ґрунтом.

### 3.2 Розрахунок агрегату

Якщо врахувати агротехнічні вимоги до посіву капусти можна прийняти трактор Foton FT 504С і сівалку JPH 4 [12,13]. Максимальна і допустима агротехнічна швидкість якої складає  $V_p = 2 \dots 5$  км/год, маса трактора  $G_{mp} = 23$  кН, сівалки  $G_M = 1.8$  кН, питомий опір  $K = 1.5$  кН/м [9]. Із характеристик заданого поля відомо, що ґрунт важкий, величина підйому  $i = 0,03$ .

Використовуючи технічні дані трактора, визначаємо робочі передачі, на яких можна виконувати операцію посіву і зусилля на гаку яке відповідає цим передачам [12,13]:

$$V_T^I = 2 \text{ км / год}; \quad P_{H.ГАК}^{III} = 13.2 \text{ кН};$$

$$V_T^{II} = 5 \text{ км / год}; \quad P_{H.ГАК}^{IV} = 13.2 \text{ кН}.$$

					<b>МБК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Враховуючи величину підйому поля розраховуємо тягове зусилля трактора:

$$P_{ГАК} = P_{Н.ГАК} - G_{ТР} \cdot i ; \quad (3.1)$$

де  $P_{Н.ГАК}$  – тягове зусилля трактора, кН;

$G_{ТР}$  – маса трактора, кН, ( $G_{ТР} = 23кН$ );

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

$$P_{ГАК}^I = 13,2 - 23 \cdot 0,03 = 12,51 \text{ кН}$$

$$P_{ГАК}^{II} = 13,2 - 23 \cdot 0,03 = 12,51 \text{ кН}$$

Визначаємо максимальну ширину захвату агрегату на I і II передачах, м [12,13]:

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

де  $K$  – опір сівалки ЈРН 4, кН/м, ( $K = 1,5 \text{ кН / м}$ );

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

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

де  $B_K$  – конструктивна ширина захвату сівалки ЈРН 4 для посіву капусти, м;  $B_K = 2.20 \text{ м}$  [14];

$G_M$  – маса сівалки ЈРН 4, кН;  $G_M = 1.8 \text{ кН}$  [14].

$$R_i = \frac{1.8}{2.20} \cdot 0,03 = 0.024 \text{ кН / м} ,$$

$$B_{\max}^I = B_{\max}^{II} = \frac{12,51}{1,5 + 0,024} = 8,2 \text{ м} .$$

Кількість сівалок в агрегаті для великих площ посіву:

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

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

$$n_c^I = n_c^{II} = \frac{8,2}{2,20} = 3,72$$

Щоб мати запас тягового зусилля, враховуються короточасні перевантаження, що трапляються під час сівби, тому на тракторі при русі на першій та другій передачах агрегатується лише одна сівалка.

Тяговий опір агрегату, кН:

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

Значення отримані раніше підставляємо в залежність (3.5):

$$R_{agr}^I = R_{agr}^{II} = (1,5 + 0,024) \cdot 2,20 \cdot 3,72 = 12,47 \text{ кН}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\eta = \frac{R_{agr}}{P_{зак}} \quad (3.6)$$

Підставляємо в рівняння (3.6) отримані вище значення:

$$\eta_{ТЗ}^I = \eta_{ТЗ}^{II} = \frac{12,47}{12,51} = 0,99$$

Змінна продуктивність роботи, га/зм [12,13]:

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (3.7)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату сівалки, м:

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

де  $\beta$  - коефіцієнт використання ширини посівної машини, ( $\beta = 1,0$ ).

$$B_p = 2,20 \cdot 1,0 = 2,20 \text{ м}$$

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$V_P$  – швидкість руху агрегату, км/год:

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

де  $V_T$  – паспортна швидкість сівалки, км/год;  $V_T^I = 2$  км/год,

$V_T^{II} = 5$  км/год;

$\delta$  - коефіцієнт пробуксовування,  $\delta = 12\%$  .

$$V_P^I = 2 \cdot \left(1 - \frac{12}{100}\right) = 1,76 \text{ км/год};$$

$$V_P^{II} = 5 \cdot \left(1 - \frac{12}{100}\right) = 4,4 \text{ км/год};$$

$T_P$  – фактичний час витрачений на виконання роботи, год:

$$T_P = T_{3M} \cdot \tau, \quad (3.10)$$

де  $T_{3M}$  – час зміни,  $T_{3M} = 8$  год;

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни,  $\tau = 0,82$  для гонів довжиною 500 м [12,13].

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

Підставляємо у залежність (3.7) і маємо:

$$W_{3M}^I = 0,1 \cdot 2,20 \cdot 1,76 \cdot 6,56 = 2,5 \text{ га/зм};$$

$$W_{3M}^{II} = 0,1 \cdot 2,20 \cdot 4,4 \cdot 6,56 = 6,3 \text{ га/зм}.$$

Розрахуємо витрати палива на 1 га площі, кг/га [12,13]:

$$Q_{ГА} = \frac{Q_{3M}}{W_{3M}}, \quad (3.11)$$

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

де  $Q_{3M}$  – витрата палива за зміну, кг/зм;

$W_{3M}$  – змінна продуктивність, га/зм.

$$Q_{3M} = Q_P \cdot T_P + Q_X \cdot t_X + Q_3 \cdot t_3, \quad (3.12)$$

де  $Q_P, Q_X, Q_3$  – годинні витрати палива при сівбі, холостому русі і на зупинках;  $Q_P = 3,4 \text{ кг/год}$ ;  $Q_X = 0,832 \text{ кг/год}$ ;  $Q_3 = 0,248 \text{ кг/год}$  [12,13];

$T_P, t_X, t_3$  – відповідно час робочих і холостих рухів, час зупинок:

$$t_X = t_3 = \frac{T_{3M} - T_P}{2},$$

де  $T_P$  – чистий робочий час,  $T_P = 6,56 \text{ год}$

$$t_X = t_3 = \frac{8 - 6,56}{2} = 0,72 \text{ год}$$

Підставляємо у рівняння (3.12):

$$Q_{3M} = 3,4 \cdot 6,56 + 0,832 \cdot 0,72 + 0,248 \cdot 0,72 = 23,08 \text{ кг/зм}$$

Тоді підставляючи у (3.11) маємо:

$$Q_{GA}^I = \frac{23,08}{2,5} = 9,2 \text{ кг/год};$$

$$Q_{GA}^{II} = \frac{23,08}{6,3} = 3,66 \text{ кг/год}.$$

Після проведених розрахунків можна сказати, що посівний агрегат трактор Foton FT 504C і посівна машина JPH 4 найбільш ефективно буде працювати на II передачі, запасною буде I передача.

### 3.3 Підготовка поля до роботи

Результативність експлуатації аграрної техніки та рівень якості сівби багато в чому обумовлені правильно підготовленою ділянкою. До початку

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконання польових робіт необхідно здійснити детальний огляд території з метою виявлення будь-яких завад, що можуть знизити ефективність функціонування обладнання або погіршити якість агротехнічних операцій. Виявлені об'єкти слід видалити чи нейтралізувати. Крім того, слід заздалегідь визначити траєкторію руху техніки, враховуючи конфігурацію земельної ділянки, її топографічні особливості та довжину окремих гонів. Найбільш раціональний, економічний і продуктивний режим пересування технічного засобу досягається за умови правильного вибору схеми руху, яка узгоджується з агротехнічними нормами [2,3].

### 3.4 Розрахунок поворотних смуг

У випадках застосування гонових схем пересування на крайніх ділянках поля або загінках необхідно залишати спеціально відведені смуги, призначені для здійснення розворотів посівного комплексу. Для забезпечення можливості виконання петельових або грушоподібних маневрів ширину такої поворотної смуги визначають за формулою [12,13]:

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

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

$L_a$  – кінематична довжина агрегату для посіву капусти, м.

Мінімальний радіус повороту агрегату для посіву капусти з колісним трактором та начіпною сівалкою:

$$R_{\min} = 1,8 \cdot 2,20 = 3,96 \text{ м}$$

Кінематичну довжину агрегату для посіву капусти визначаємо як:

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

де  $L_{TP}$  – кінематична довжина трактора, м  $L_{TP} = 1,99 \text{ м}$  [15];

$L_M$  – кінематична довжина овочевої сівалки, м  $L_M = 1 \text{ м}$  [15].

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_a = 1,99 + 1 = 2,99 \text{ м}$$

Отримане підставляємо у (3.14):

$$E = 3 \cdot 3,96 + 2,99 = 14,87 \text{ м}$$

Для того щоб під час наступного проходу забезпечити кратність кількості проходів посівного агрегату, ширину поворотної смуги встановлюють такою, щоб вона дорівнювала цілому числу ширин його захвату.

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

$$K = \frac{E}{B_p},$$

$$K = \frac{14,87}{2,20} = 6,75 .$$

де  $K = 6$ .

$$E = 6 \cdot 2,20 = 13,2 \text{ м}$$

При грушовидних петльових поворотах величина поворотних смуг буде складати 14,87 м.

### 3.5 Розрахунок довжини виїзду агрегату

Довжина виїзду агрегату залежить від того, як робочі органи розташовані відносно центру посівного агрегату [12,13]:

$$e = 0,1 \cdot L_a .$$

$$e = 0,1 \cdot 2,99 = 0,3 \text{ м}$$

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

### 3.6 Підготовка агрегату для посіву капусти та контроль за якістю роботи

Перед початком посіву необхідно здійснити повну технічну перевірку та регулювання посівного агрегату (овочевої сівалки) з урахуванням агротехнічних вимог до вирощування капусти.

1. Технічний огляд агрегату [12,13]. Перевірка робочого стану всіх вузлів овочевої сівалки, висівних апаратів, сошників (стан і зношеність), прикочувальних котків, механізмів приводу та редукторів, ланцюгових передач і гідросистем. Змащення рухомих частин згідно з інструкцією заводу виробника.

2. Підготовка насінневої системи [12,13]. Очищення бункерів від залишків попереднього насіння та пилу, перевірка герметичності і прохідності насіннепроводів, заправка бункерів якісним, відкаліброваним насінням капусти.

Регулювання параметрів посіву:

глибина загортання насіння (1,5–2,5 см) - виставляється шляхом регулювання сошників або упорних коліс;

норма висіву налаштовується відповідно до фракції насіння і розрахунків (звичайно 3–5 кг/га);

міжряддя та відстань між рослинами встановлюється відповідно до сорту;

для забезпечення точності висіву швидкість руху агрегату 3–5 км/год.

3. Контроль якості роботи агрегату [12,13]. Після налаштування проводиться пробний прохід сівалки на полі. Оцінюють наступні параметри:

якість загортання насіння - насіння має бути рівномірно загорнуте на однакову глибину;

не допускається залишення насіння на поверхні;

візуальний контроль або вимірювання рулеткою в борозні;

визначається рівномірність і наявність пропусків/двійників;

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глибина посіву вимірюється в кількох місцях (10–15 точок) ручним зондом або лінійкою і має відповідати встановленим параметрам (1,5–2,5 см).

ширина міжрядь має бути стабільною, вимірюється в кількох точках на ширину захвату.

4. Усунення виявлених недоліків. Якщо виявлено відхилення, проводиться повторне регулювання, підсилення тиску на сошники, зменшення швидкості руху, калібрування або заміна насіння, очищення або регулювання висівного апарата.

### 3.7 Розрахунок норми висіву насіння

Норма висіву, на погонний метр, в штуках розраховуємо згідно [16]:

$$N = \frac{z \cdot I}{3,14 \cdot D}, \quad (3.17)$$

де  $z$  – кількість комірок висівного ролика,  $z = 10$  шт.

$I$  – передаточне число;

$D$  – діаметр приводного котка,  $D = 0,270$  м

Визначаємо загальне передаточне число, яке необхідне для забезпечення потрібної норми висіву капусти:

$$I = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{CT} \cdot Q \cdot B}{100 \cdot z \cdot K}, \quad (3.18)$$

де  $Q$  – норма висіву на гектар в штуках (приймаємо  $Q = 10 \cdot 10^4$  шт / га);

$R_{CT}$  – статичний радіус колеса  $R_{CT} = 0,135$  м.

$B$  – ширина міжряддя,  $B = 0,55$  м.

$K$  – коефіцієнт ковзання ( $K = 0,9 - 0,95$ )

$$I = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,135 \cdot 10 \cdot 10^4 \cdot 0,55}{100 \cdot 10 \cdot 0,9} = 1,9$$

					<b>МБК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Отримане значення підставляємо в (3.17):

$$N = \frac{10 \cdot 1,9}{3,14 \cdot 0,270} = 22,1 \text{ шт / п.м}$$

### 3.8 Оцінка якості роботи сівалки

Сівалка має відповідати як сучасним агротехнічним вимогам, так і стандартам системи машин щодо якості виконання робіт. Основними показниками, за якими оцінюють якість сівби, є міжрядна відстань, кількість висіяного насіння та глибина його загортання. Допустиме відхилення від встановленої норми висіву не повинно перевищувати 3%, тобто фактична кількість насіння має залишатися в межах  $\pm 3\%$  від рекомендованого значення. Щодо заглиблення насіння, дозволяється відхилення в межах одного сантиметра в будь-який бік. Для міжрядь встановлено наступні допуски: до  $\pm 2$  см - між рядами сусідніх сівалок та до  $\pm 5$  см - між рядами, що утворюються під час суміжних проходів агрегату. Нерівномірність висіву між окремими висівними механізмами не повинна перевищувати 3%. З урахуванням зазначених параметрів овочева сівалка повинна забезпечувати рівномірне і точне висівання, що сприятиме раціональному використанню ресурсів і досягненню високої урожайності [17].

### 3.9 Операційно-технологічна карта вирощування редису

Операційно-технологічна карта є документом, що регламентує послідовність виконання виробничих операцій відповідно до встановлених технологічних вимог.

Тривалість одного циклу, хв

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2t_n, \quad (3.22)$$

де  $L_p$  – робоча довжини загінки,  $L_p = 500 \text{ м}$ ;

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$V_p$  – робоча швидкість сівалки,  $V_p = 4,4 \text{ км/год}$ ;

$t_n$  - час повороту в кінці заїмки,  $t_n = 1,5 \text{ хв}$  [12].

Робоча довжину заїмки [12]:

$$L_p = L - 2E, \quad (3.23)$$

де  $E$  – ширина поворотної смуги, м;  $E = 13,2 \text{ м}$

$$L_p = 500 - 2 \cdot 13,2 = 473,6 \text{ м}$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 473,6}{100 \cdot 4,4} + 2 \cdot 1,5 = 15,9 \text{ хв}$$

Технічна продуктивність за цикл:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau, \quad (3.24)$$

де  $B_p, V_p, T_{\text{ц}}, \tau$  - беремо із розрахунків вище.

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 2,20 \cdot 4,4 \cdot 15,9 \cdot 0,82 = 12,62 \text{ га/ц}$$

Кількість циклів за зміну

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}}, \quad (3.25)$$

де  $W_{\text{зм}}$  – беремо із розрахунків вище.

$$n_{\text{ц}} = \frac{6,3}{12,62} = 0,49 \quad \text{ц/зм}$$

Витрати палива за зміну:

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{га}} \cdot W_{\text{зм}}, \quad (3.23)$$

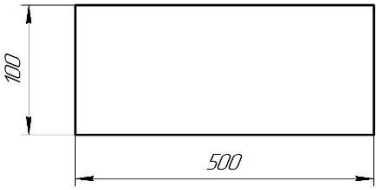
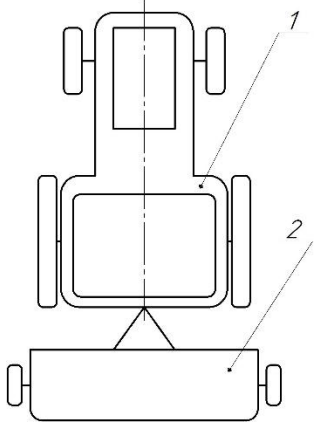
$$Q_{\text{зм}} = 3,44 \cdot 6,3 = 21,7 \text{ кг/зм}$$

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Складаємо операційно-технологічну карту згідно проведених розрахунків (таб 3.2).

Таблиця 3.2

**Операційно–технологічна карта на посів капусти**

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
1	2	3
Умови роботи	Площа – 5 га, довжина гонів – 500м, ширина гонів – 100м, величина підйому – 0,03, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,5 кН/м, глибина заробляння насіння – 2 см.	<p style="text-align: center;"><i>Схема поля</i></p> 
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних $\pm 1$ см, суміжних сівалок $\pm 2$ см, суміжних проходів $\pm 5$ см, відхилення від заданої глибини посіву $\pm 1$ см. Не допускаються незароблене насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор Foton FT 504С, сівалка JPH 4, робоча ширина захвату – 2,2 м, мінімальний радіус повороту–3,96м, кінематична довжина агрегату–2,99м.  Підготовка агрегату: провести щозмінне ТО трактора і сівалки; відрегулювати на задану норму висіву	 <p>1 – трактор; 2 – сівалка</p>
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 13,2м.	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

**МВК 00.000 ПЗ**

Арк.

33

Спосіб руху	Спосіб руху – гоновий човниковий, спосіб повороту – петльовий грушоподібний	
Швидкість руху	Робоча передача – 2, враховуючи буксування, робоча швидкість 4,4 км/год	<p>L - довжина гонів,  <math>L_p</math> - робоча довжина загінки,  E - ширина поворотної смуги, e - довжина виїзду агрегату, <math>B_p</math> - ширина захвату агрегату.</p>
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу – 15,9хв, технічна продуктивність за цикл – 0,92 га/ц; змінна продуктивність агрегату – 12,62 га/зм, кількість циклів за зміну 0,49 ц/зм	<p>При оцінці якості посіву врахувати такі показники: ширину основних і стикових міжрядь – відкопати насіння без його переміщення і заміряти відстань між суміжними рядками; глибина посіву – відкрити насіння і заміряти глибину його загортання; точність висіву насіння – легкими рухами поперек рядка відрити 1м рядка і заміряти відстань між насінням; прямолінійність рядків – на довжині 50м відбити базову лінію і через 0,5м заміряти відхилення.</p>
Контроль за якістю роботи сівалки	Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше $\pm 0,5$ см. Норма висіву становить 22-23 насінин на 1 м рядка.	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВК 00.000 ПЗ

Арк.

34

## 4. Інженерна частина

### 4.1 Обґрунтування напрямку модернізації просапної сівалки під посів капусти

Овочева сівалка ЈРН - це механічна овочева сівалка точного висіву, яка призначена для посіву насіння різних овочевих культур (морква, буряк, редис, цибуля, капуста тощо) відкритим способом із точним дотриманням глибини, міжряддя і відстані в ряду [14].

Основні технічні характеристики (для моделей ЈРН-4, ЈРН-6) [14]:

тип приводу - механічний (від переднього колеса);

кількість рядків 4 / 6 (залежно від моделі);

міжряддя (регульоване) - 20–70 см;

глибина висіву (регульована) 0,5–5 см;

привод висівного апарата – ланцюговий;

тип сошників - анкерний, наральниковий;

робоча швидкість 2–5 км/год;

продуктивність до 1,5–2,5 га/день;

маса - 300–450 кг (залежно від комплектації).

Перевагами конструкції сівалки ЈРН для посіву капусти є:

універсальність - підходить для широкого спектра овочевих культур, зокрема для капусти;

легко переналаштовується під насіння різної фракції;

завдяки катушковому апарату з різними комірками забезпечується висока точність розміщення насіння в рядку (з мінімальною кількістю двійників та пропусків);

можна регулювати інтервал між насінням у рядку;

конструкція сівалки є дуже простою;

легкість обслуговування, ремонту та налаштування без потреби в складних електронних системах;

регульована глибина і міжряддя;

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

глибина висіву адаптується під конкретні умови ґрунту;  
міжряддя варіюється залежно від потреб агротехніки капусти (зазвичай 50–70 см).;

може агрегатуватися з тракторами класу 1,4 (МТЗ-80, ЮМЗ та ін.);

Недоліки конструкції сівалки ЈРН (в контексті посіву капусти):

на важких, глинистих або надмірно вологих ґрунтах можливе залипання сошників та котків, що знижує якість укладання насіння;

відсутність активного ущільнення або формування насінневого ложа, типові котки ЈРН не завжди забезпечують якісне прикочування насіння капусти в борозні, особливо в умовах сухого ґрунту;

відсутність електронних систем контролю та автоматичного регулювання норми висіву;

низька швидкість роботи, здійснює вплив недосконалий приводний коток, який може проковзувати;

робоча швидкість до 5 км/год не завжди продуктивна для великих площ, порівняно з пневматичними сівалками;

недостатнє притискання насіння до вологого шару за рахунок недосконалості заднього котка сівалки;

відсутність адаптивних систем для забезпечення контакту насіння з вологою – що критично для капусти при вирощуванні з насіння.

Проведемо огляд існуючих конструкцій овочевих сівалок з метою визначення переваг конструкцій робочих органів для розробки удосконалених зразків з метою використання їх на сівалці ЈРН для виконання вимог якісного посіву капусти.

Овочева сівалка SAKALAK (рис. 4.1), яка виготовляється в Туреччині, призначена для високоточного висіву дрібнонасінневих культур з підвищеною продуктивністю, таких як капуста, морква, буряк, редис, цибуля та інші. Окрім того, вона придатна для висіву різноманітних лікарських трав і рослин. Овочева сівалка представлена у варіантах з кількістю висівних секцій від 4 до 12, причому кожна секція здатна сіяти по одному, двох або трьох рядках,

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

залежно від вимог до розміщення культур. Для зміни кількості рядків необхідно замінити диск у висівному механізмі та відповідно підібрати кількість сошників [18].



Рис. 4.1 Сівалка для посіву овочевих культур SAKALAK

Перевагою сівалки в порівнянні із JPH є привод від опорних коліс всієї сівалки, пневматичний висівний апарат, можливість підживлення мінеральними добривами прямо під час посіву. Сама секція сівалки має класичну конструкцію, а задній прикочуючий коток має гумовий обод з виступаючим рифленням. Недоліком можна назвати відсутність після прикочуючого котка засобів для руйнування ґрунтової кірки або мульчування верхнього шару ґрунту після посіву.

Овочева сівалка точного висіву Monosem MS (рис. 4.2), розроблена компанією Ribouleau [19], призначена для висіву як овочевих, так і бахчевих культур. Висока точність розміщення насіння в рядку досягається завдяки класичній конструкції секції робочих органів, яка повторює архітектуру секції, використовуваної для посіву просапних культур. Конструкція робочої секції включає кілька послідовно розміщених елементів: попереду розташований грудковідвідник, що вирівнює поверхню рядка перед проходженням

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

переднього котка; далі встановлений сошник наральникового типу з тупим кутом входження, який формує посівну борозну. За сошником знаходиться регульований металевий борозний коток, який притискає насіння до дна борозни і забезпечує рівномірну глибину висіву. Після цього пластинчасті загортачі засипають борозну, а сітчастий коток розпушує ґрунт над нею, запобігаючи утворенню ґрунтової кірки.



Рис. 4.2 Овочева сівалка Monosem MS

Проте, поряд із перевагами дана сівалка має і певні недоліки. Зокрема, за умов підвищеної вологості ґрунту використання металевого борозного котка може спричинити налипання насіння на його поверхню, що негативно впливає на точність висіву. Крім того, сітчастий коток чинить недостатній тиск на поверхню рядка, що знижує ефективність ущільнення ґрунту.

Овочева чотирирядна сівалка вітчизняного виробництва СТВ 4 (рис. 4.3) призначена для точного висіву як овочевих, так і зернових культур, з можливістю регулювання глибини загортання насіння в межах від 1 до 6 см [20]. Сівалку оснащено механічною системою висіву, анкерним сошником, а також двома стандартними циліндричними котками - один розміщено перед

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



сфері овочевих технологій: пропонуються різні варіанти рам, секцій і сошників для висіву на рівному полі, грядках, у касети для розсади, під агроволокно тощо. Конструкція містить низку технологічних інновацій, орієнтованих саме на овочеве виробництво - зокрема, спеціальні сошники та системи для дворядкового висіву. Сівалка призначена для професійних фермерських господарств різних масштабів, які потребують продуктивної і високоспеціалізованої техніки.



Рис. 4.4 Овочева сівалка Agricola PKN

Перевагами конструкції сівалки Agricola PKN є широка комплектація робочими органами під будь які умови посіву. На секції використовуються два типи котків оснащених шинами атмосферного тиску, привід здійснюється від опорно-приводних коліс є загортачі. Основним недоліком цієї сівалки є її вартість.

В результаті проведеного аналізу наявних конструкцій овочевих сівалок було встановлено, що основні недоліки стосуються саме етапів подачі та загортання насіння, а також створення оптимальних умов для його швидкого проростання. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває вдосконалення робочих органів, відповідальних за виконання цих технологічних операцій.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Конструкція секції сівалки JPH 4 загалом характеризується хорошим балансом, однак у ній виявлено низку недоліків, усунення яких дозволить підвищити ефективність роботи агрегату. Зокрема, доцільним було б замість переднього металевго приводного котка із зачепами застосувати колесо з пневматичною шиною, оснащеною ґрунтозачепами. Що стосується заднього прикочуючого котка, то він повинен ущільнювати ґрунт навколо насінини, залишаючи над нею шар пухкого, неущільненого ґрунту, що сприяє створенню сприятливих умов для проростання рослин. Саме ці конструктивні елементи секції сівалки JPH 4 було обрано нами для модернізації. Далі наведемо стислий опис зазначених вузлів.

Опорно-приводний коток штатної секції сівалки JPH 4 (рис. 4.5) має таку будову: усередині циліндричного металевго корпусу котка 1 розташований підшипниковий вузол 2, що забезпечує плавне обертання. По обидва боки зовнішньої поверхні котка встановлені пластинчасті ґрунтозачепи 3 радіальної форми, які відрізняються за висотою.

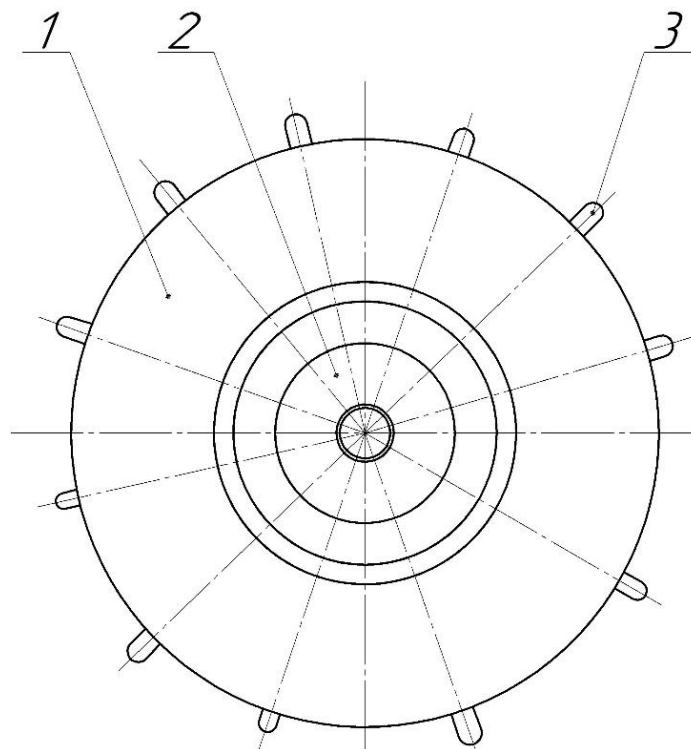


Рис. 4.5 Приводний коток JPH 4:

1 – корпус котка; 2 – підшипниковий вузол; 3 – зачепи

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Основними недоліками цієї конструкції є не лише форма зачепів - радіальні елементи схильні до пробуксовування у ґрунті але і їх неоднакова висота, що негативно впливає на стабільність руху котка. Це, в свою чергу, призводить до порушення рівномірності обертання і, відповідно, знижує точність висіву, оскільки висівний апарат котушкового типу з'єднаний з котком ланцюговою передачею.

З метою усунення зазначених недоліків у конструкцію серійного приводного котка сівалки JPH 4 були внесені наступні зміни: сам коток виконаний із металевого корпусу в якому знаходиться підшипниковий вузол і оснащений гумовою покришкою з ґрунтозачепами в середині ободу встановлюється пневматична шина. Тиском шини можна встановлювати прохідність котка в залежності від ґрунтових умов посіву. Ґрунтозачепи виключають проковзування і сприяють рівномірності обертання ланцюгової передачі. Конструкція удосконаленого приводного котка наведена рис. 4.6.

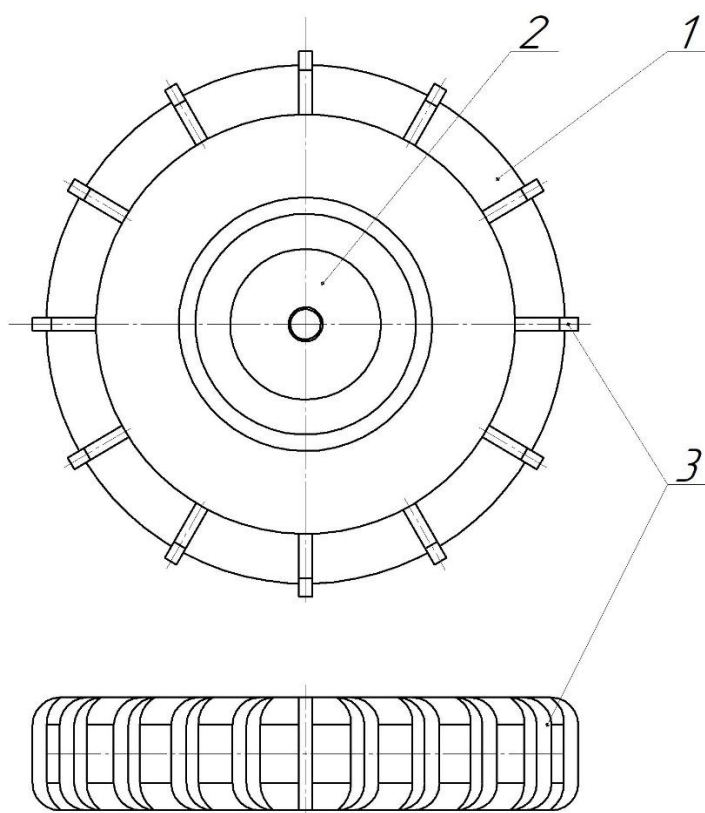


Рис. 4.6 Удосконалений приводний коток JPH 4:

1 – гумовий обод; 2 – підшипниковий вузол; 3 – зачеп

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

**МВК 00.000 ПЗ**

Арк.

42

Конструкція приводного котка сприяє його самоочищенню за рахунок використання пневматичної шини і зачепив розміщених із широким кроком.

Заводський задній прикочуючий коток сівалки ЈРН 4 (рис. 4.7) складається з наступних основних елементів: рами 1, литого пластикового обода з гумовою накладкою 2 та ступиці з віссю 3.

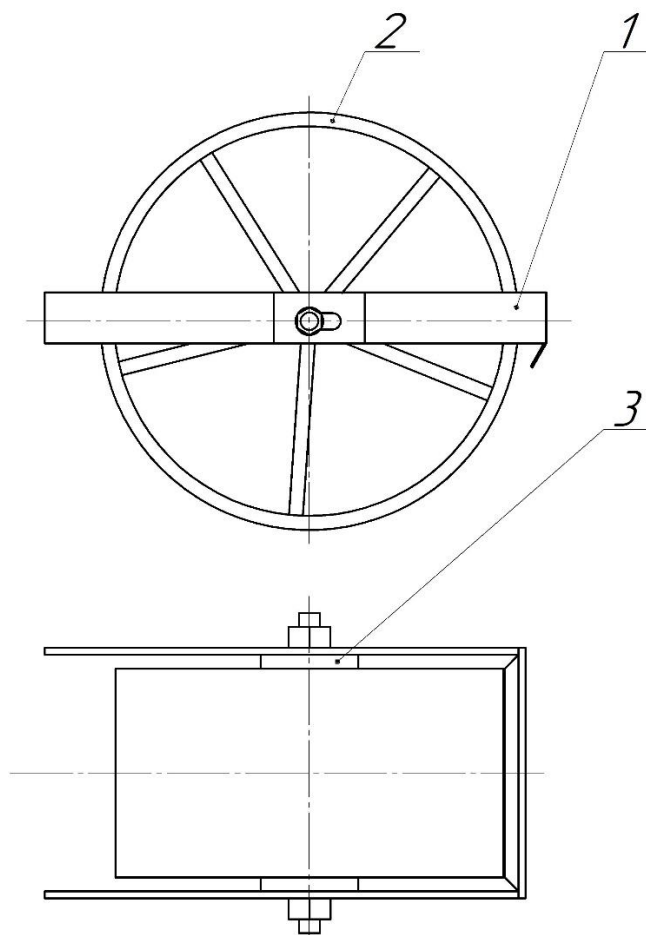


Рис. 4.7 Серійний коток ЈРН 4:

1 – рама; 2 – пластиковий обод; 3 - ступиця

Серед виявлених недоліків конструкції слід відзначити те, що в процесі роботи коток ущільнює ґрунт безпосередньо в зоні розміщення насіння. Його робоча поверхня представлена широким циліндричним ободом, що потребує підвищеного тиску для досягнення необхідного ступеня ущільнення у прикореневій зоні. Такий вплив може спричинити утворення колії, а також формування ущільненої поверхневої кірки, яка перешкоджає швидкому проростанню і виходу рослин на денну поверхню.

Для усунення вказаних недоліків і забезпечення вимог до прикочування капусти нами була розроблена удосконалена конструкція заднього прикочуючого котка сівалки РН 4, яка наведена на рис. 4.8.

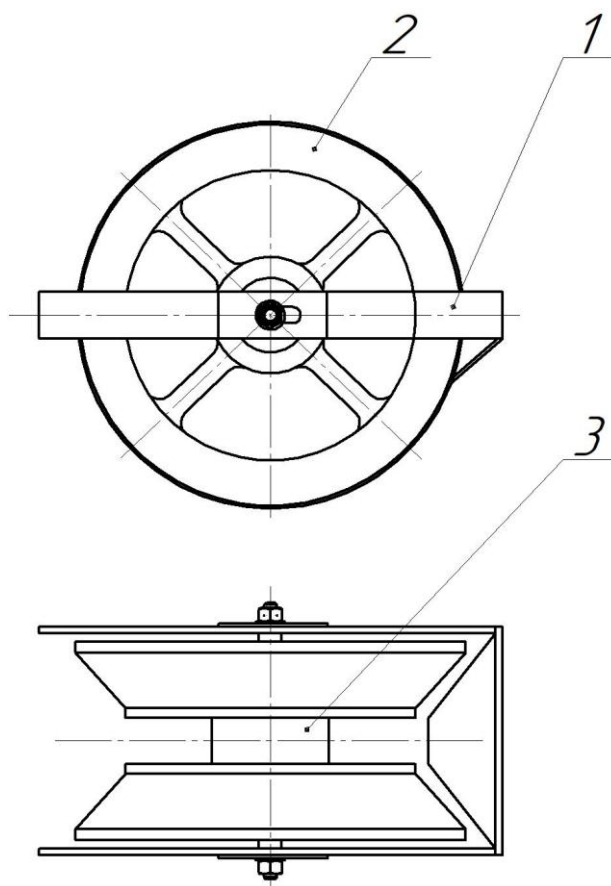


Рис. 4.8 Удосконалений коток РН 4:

1 – рама; 2 – конічно-циліндричний обід; 3 – ступиця

Робоча поверхня котка представляє собою комбіновану циліндрично-конічну конструкцію, яка складається із двох частин. Циліндричні поверхні знаходяться з обох країв конічної обмежуючої її, а між самими складовими частинами котка є проміжок величина якого відповідає ширині міжщікового простору сошника. Сама поверхня котка виготовляється із полімерного матеріалу з метою зменшення коефіцієнту тертя і налипання вологого ґрунту, внутрішня частина котка металева для забезпечення необхідного навантаження.

Працює коток наступним чином: підчас руху конічні поверхні котка притискають ґрунт до насіння в вертикальній площині залишаючи над ним

шар неуцільненого ґрунту. Найбільше ущільнення ґрунту відбувається з обох боків від борозни в місцях найбільшого занурення конічної частини котка за рахунок наявності циліндричної частини. Найбільше ущільнення відбувається трохи нижче глибини посіву насіння капусти це сприятиме підтягуванню вологи саме до насіння на глибині його залягання. Циліндрична частина меншого діаметра ущільнює ґрунт в верхній частині борозни забезпечуючи уникнення випаровування вологи верхніх горизонтів покращуючи умови росту рослин. За рахунок матеріалу поверхні котка і його конструкцій утворення поверхневої кірки після його проходу при підвищеній вологості ґрунту мінімальне, а налипання ґрунту виключається не тільки за рахунок зменшеного коефіцієнта тертя ґрунту об поверхню, а і за рахунок використання очищувача який має конструкцію профіля котка.

#### **4.2 Розрахунок щільності ґрунту на глибині залягання насіння в залежності від конструктивних параметрів модернізованого котка.**

Вихідні умови для розрахунку [22-24]:

Сила яка діє на коток з врахуванням ваги самого котка - 15 кг (147Н);

Початкова щільність ґрунту 0,9 г/см<sup>3</sup>;

Тип ґрунту - чорнозем звичайний;

Вологість ґрунту 19%;

Кут конуса поверхні котка 42° (визначаємо з креслення);

Радіус основи конуса 110 мм (визначаємо з креслення);

Глибина занурення котка під дією сили 15 кг – 3 см.

Розрахуємо геометричні параметри взаємодії котка з ґрунтом.

Визначаємо радіус контакту на поверхні ґрунту (основа зануреної частини конуса):

$$r_k = h_{\min} \cdot \operatorname{tg}(\alpha), \quad (4.1)$$

$$r_k = 3 \cdot 0,9004 = 2,7 \text{ см}$$

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Об'єм ґрунту, на який безпосередньо діє коток (об'єм зануреної частини конуса,  $V_k$ ):

$$V_k = \frac{1}{3} \pi \cdot r_k^2 \cdot h_{\min}, \quad (4.2)$$

$$V_k = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \cdot 3 = 22,9 \text{ см}^3.$$

Розраховуємо середній тиск на ґрунт від дії робочої поверхні котка.

Площа проекції контакту (основа зануреного конуса):

$$A_{np} = \pi \cdot r_k^2, \quad (4.3)$$

$$A_{np} = 3,14 \cdot 2,7^2 \cdot 10^{-3} = 0,00229 \text{ м}^2.$$

Визначаємо середній тиск на проекційну площину:

$$P = \frac{F}{A_{np}}, \quad (4.4)$$

$$P = \frac{147}{0,00229} = 64175 \text{ Па} = 64,18 \text{ кПа}.$$

Для розрахунку зміни щільності ґрунту необхідно знати його стисливість.

Приймаємо:

питома вага твердих частинок ґрунту для чорнозему,  $G_s = 2,65$ ;

початковий ефективний тиск для дуже пухкого ґрунту,  $p'_0 = 1 \text{ кПа}$ ;

індекс стиснення для пухкого чорнозему, що зазнає первинного навантаження,  $C_c = 0,4$ . Це значення відображає високу стисливість пухкого ґрунту.

Розраховуємо початкову суху щільність:

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{d0} = \frac{\rho_0}{1 + w}, \quad (4.5)$$

де  $\rho_0$  - початкова щільність ґрунту;

$w$  - вологість ґрунту.

$$\rho_{d0} = \frac{0,9}{1 + 0,19} = 0,76 \text{ г/см}^3.$$

Початковий коефіцієнт пористості  $e_0$ :

$$e_0 = \frac{G_s \cdot \rho_w}{\rho_{d0}}, \quad (4.6)$$

де  $\rho_w$  - щільність води,  $1 \text{ г/см}^3$ .

$$e_0 = \frac{2,65 \cdot 1}{0,76} = 2,504$$

Розраховуємо зміну коефіцієнта пористості при зміні навантаження:

$$\Delta e = C_c \cdot \log_{10} \left( \frac{\rho'_f}{\rho'_0} \right), \quad (4.7)$$

де  $\rho'_f$  - кінцевий ефективний тиск ( $\approx 64,18$  кПа);

$\rho'_0$  - початковий ефективний тиск (1 кПа).

$$\Delta e = 0,4 \cdot \log_{10} \left( \frac{64,18}{1} \right) = 0,723$$

Кінцевий коефіцієнт пористості:

$$e_f = e_0 - \Delta e, \quad (4.8)$$

$$e_f = 2,504 - 0,723 = 1,781.$$

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Кінцева суха щільність ґрунту:

$$\rho_{df} = \frac{G_s \cdot \rho_w}{1 + e_f}, \quad (4.10)$$

$$\rho_{df} = \frac{2,65 \cdot 1}{1 + 1,781} = 0,953 \text{ г/см}^3.$$

Кінцева об'ємна щільність ґрунту:

$$\rho_f = \rho_{df} \cdot (1 + w), \quad (4.11)$$

$$\rho_f = 0,953 \cdot (1 + 0,19) = 1,134 \text{ г/см}^3$$

Як показують проведені розрахунки конструкція котка задовольняє якості прикочування насіння капусти і може забезпечити необхідні умови для швидкого проростання насіння.

### 4.3 Розрахунок обертового моменту на осі опорно-приводного котка секції овочевої сівалки ЈРН

Розрахунок проводимо використовуючи рекомендації із [22-24].

Обертвий момент ( $M_o$ ) на осі котка, який є опорно-приводним (тобто підтримує вагу та приводить в дію механізми секції, обертаючись за рахунок зчеплення з ґрунтом під час руху сівалки), складається з декількох основних компонентів:

момент опору коченню ( $M_{Rr}$ ), виникає через деформацію пневматичної шини та ґрунту;

момент опору від взаємодії ґрунтозачепів з ґрунтом ( $M_{Гз}$ ), П-подібні ґрунтозачеми, хоч і призначені для забезпечення зчеплення та приводу, також створюють опір під час руху в ґрунті (різання, зсув, переміщення ґрунту);

момент для приводу механізмів секції ( $M_{Mc}$ ), це момент, необхідний для роботи висівного апарату, який приводиться в дію від цього котка;

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

момент опору в підшипниках осі ( $M_{II}$ ), тертя в підшипниках котка.

Загальна формула для розрахунку обертового моменту:

$$M_o = M_{Rr} + M_{Гз} + M_{Mc} + M_{II}. \quad (4.12)$$

Сила опору коченню розраховується як:

$$R_k = F_B \cdot K_o, \quad (4.13)$$

де  $F_B$  - вертикальне навантаження на коток,  $F_B = 245 \text{ H}$  ;

$K_o$  - коефіцієнт опору коченню, для пневматичної шини на обробленому ґрунті може коливатися в межах  $K_o = 0,06 - 0,15$ .

$$R_k = 245 \cdot 0,1 = 24,5 \text{ H}$$

Розраховуємо момент опору коченню:

$$M_{Rr} = R_k \cdot r_e, \quad (4.14)$$

де  $r_e$  - ефективний радіус котка,  $r_e = 0,28 \text{ м}$ .

$$M_{Rr} = 24,5 \cdot 0,28 = 6,86 \text{ Нм}$$

Визначення моменту опору від взаємодії ґрунтозачепів з ґрунтом.

Силу опору одного ґрунтозачепа можна оцінити як добуток площі його лобової поверхні на питомий опір ґрунту, який характеризує тиск ґрунту на робочий орган:

$$F_{Г} = S_{Г} \cdot p_o = (b \cdot h) \cdot p_o, \quad (4.15)$$

де  $b$  - ширина зачепа (визначаємо з креслення),  $b = 0,06 \text{ м}$  ;

$h$  - висота зачепа (визначаємо з креслення),  $h = 0,0075 \text{ м}$  ;

$p$  - питомий опір ґрунту,  $p = 10 \cdot 10^4 \text{ Н / м}^2$ .

$$F_{Г} = (0,06 \cdot 0,0075) \cdot 10 \cdot 10^4 = 45 \text{ H}$$

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Загальна сила опору від ґрунтозачепів:

$$R_{\Gamma} = N_{\Gamma} \cdot F_{\Gamma}, \quad (4.16)$$

де  $N_{\Gamma}$  - кількість ґрунтозачепів, що одночасно знаходяться в контактi з ґрунтом,  $N_{\Gamma} = 3$ .

$$R_{\Gamma} = 3 \cdot 45 = 135 \text{ Н}$$

Момент опору від ґрунтозачепів:

$$M_{\Gamma_3} = R_{\Gamma} \cdot r_e, \quad (4.17)$$

$$M_{\Gamma_3} = 135 \cdot 0,28 = 37,8 \text{ Нм}$$

Момент для приводу механiзмiв секцiї, залежить від конструкцiї висiвного апарату сiвалки JPH та iнших механiзмiв, що приводяться в дiю. Його значення зазвичай визначається експериментально або за технiчною документацiєю виробника. Для овочевих сiвалок точного висiву цей момент для однiєї секцiї може бути вiдносно невеликим i складати  $M_{Mc} \approx 3 \text{ Нм}$ .

Момент опору в пiдшипниках осi:

$$M_{\Pi} = k_T \cdot F_B \cdot r_{\psi}, \quad (4.18)$$

де  $k_T$  - коефiцiєнт тертя в пiдшипниках (зазвичай 0.01 – 0.05 для пiдшипникiв кочення);

$r_{\psi}$  - радiус цапфи осi котка (визначаємо з креслення),  $r_{\psi} = 0,012 \text{ м}$ .

$$M_{\Pi} = 0,025 \cdot 245 \cdot 0,012 = 0,074 \text{ Нм}$$

Загальний обертовий момент на осi порно приводного колеса сiвалки:

$$M_o = 6,86 + 135 + 37,8 + 0,074 = 179,73 \text{ Нм}$$

Як показали проведенi розрахунки обертовий момент на валу при використаннi котка оснащеного пневматичною шиною iз гумовим ободом, що

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		50

має ґрунтозаче́пи за рахунок більшого обертового моменту буде мати кращу стійкість ходу і рівномірніше передавати обертовий момент на вал висівного апарату. Загальне збільшення обертового моменту за рахунок модернізації приводного котка складає до 30%.

## 5. Охорона праці

**5.1 Аналіз небезпечних факторів, які можуть виникати під час посіву капусти овочевою сівалкою, а також заходи безпеки для їх мінімізації [25-31]:**

1. Механічні небезпеки та методи їх усунення:

потрапляння рук або одягу в рухомі частини сівалки (висівні апарати, ланцюги, колеса);

приєднання/від'єднання сівалки до трактора без фіксації її положення;

несправність або знос вузлів (наприклад, розрив ланцюга або клинового ременя);

заборонено виконувати будь-які регулювання чи змащення під час роботи агрегату;

використовувати захисні кожухи на всіх обертових та рухомих механізмах;

перед початком роботи провести візуальний огляд вузлів і кріплень;

агрегатувати сівалку лише з вимкненим двигуном трактора;

носити щільний одяг без звисаючих елементів, рукавиці, захисне взуття.

2. Пожежонебезпе́ка:

потрапляння рослинних решток або мастила на нагріті частини трактора; іскроутворення при короткому замиканні електропроводки (якщо є електросистема).

Для виключення виникнення таких ситуацій необхідно:

тримати поруч вогнегасник (порошковий чи вуглекислотний);

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

регулярно очищати агрегат від рослинних решток, мастильних матеріалів;

перевіряти справність електропроводки і з'єднань.

### 3. Пил та хімічні небезпеки:

вдихання пилу з насіння або обробленого насіннєвим протруйником матеріалу;

контакт шкіри з пестицидами або залишками мінеральних добрив.

Для виключення виникнення таких ситуацій необхідно:

працювати в захисних респіраторах і рукавицях при роботі з насінням;

проводити навантаження насіння лише в захищеному від вітру місці;

мити руки та змінювати одяг після завершення робіт.

### 4. Небезпека наїзду або травмування:

наїзд трактора на працівника при русі заднім ходом або повороті;

падіння працівника під колеса при русі агрегату.

Для виключення таких ситуацій необхідно виконувати такі вимоги:

заборонено перебувати поблизу агрегату під час його руху;

перед початком руху тракторист має попередити працівників звуковим сигналом;

організація чіткого зв'язку між трактористом і помічниками.

### 5. Загальні рекомендації з охорони праці на посівних агрегатах:

інструктаж працівників перед початком роботи;

використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): рукавиці, захисні окуляри, спецодяг;

підтримання чистоти робочої зони;

огляд технічного стану сівалки перед кожним виїздом на поле;

наявність аптечки першої допомоги на місці робіт;

організація оптимального робочого графіка з урахуванням перерв для запобігання перевтомі;

дотримання безпечної дистанції від ліній електропередач та інших небезпечних об'єктів.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## Висновки

Аналіз і удосконалення технології вирощування капусти дозволив отримати наступні результати:

1. Проведений огляд сучасних конструкцій овочевих сівалок для посіву капусти і було з'ясовано, що при незначному доопрацюванні овочева сівалка ЈРН 4 може максимально виконати вимоги агротехніки для якісного посіву.

2. В процесі модернізації овочевої сівалки ЈРН 4 було визначено, що основними робочими органами які забезпечують точність посіву і умови росту насіння є опорно-приводний коток і задній прикочуючий коток сівалки.

3. Для покращення стабільності передачі обертового моменту на вал висівного апарату була запропонована удосконалена конструкція опорно-приводного котка сівалки який оснащений гумовою покришкою з ґрунтозачепами в середині покришки встановлюється пневматична шина.

4. Запропонований прикочуючий коток представляє собою комбіновану циліндрично-конічну конструкцію, яка складається із двох частин. Циліндричні поверхні знаходяться з обох країв конічної обмежуючи її, а між самими складовими частинами котка є проміжок величина якого відповідає ширині міжщікового простору сошника. Сама поверхня котка виготовляється із полімерного матеріалу з метою зменшення коефіцієнту тертя і налипання вологого ґрунту, внутрішня частина котка металева для забезпечення необхідного навантаження.

5. Теоретично обґрунтовані та розраховані - обертовий момент на осі опорно-приводного котка секції овочевої сівалки ЈРН та щільність ґрунту на глибині залягання насіння в залежності від конструктивних параметрів модернізованого прикочуючого котка.

6. Проведений аналіз заходів для покращення умов праці і усуненню небезпечних та шкідливих факторів під час сівби капусти.

7. Розроблена конструкція робочих органів овочевої сівалки, дає можливість значно покращити процес посіву капусти і забезпечити сприятливі умови для проростання насіння, а також збільшити врожайність.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алімов Д.М., Шелестов Ю.В. Технологія виробництва продукції рослинництва: Підручник. – К.: Вища шк., 1995. – 271с.
2. Лихацький В.І. та інш. Технологія вирощування капусти. Умань: Уманський НУС, 2013. – 16 с. URL:  
[https://ovochi.udau.edu.ua/assets/files/rekomendacii.-kapusta\\_.pdf](https://ovochi.udau.edu.ua/assets/files/rekomendacii.-kapusta_.pdf)
3. Пузік Л.М. Капустяні овочі. Технологія вирощування і зберігання: монографія. /Л.М. Пузік, В.А. Колтунов, О.В. Романов, В.А. Бондаренко, Л.О. Гайова, Е. Щербина /Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Х., 2015. – 373 с.
4. Лихацький В.І. Овочівництво: Біологічні особливості і технологія вирощування овочевих культур / В.І. Лихацький, Ю.Є. Бургарт, В.Д. Васянович. – К. Урожай, 1996. – Ч. 2. – 359 с.
5. Овочівництво: Навчальний посібник / В.І. Шемавн'юв, О.М. Лазарева, Н.В. Грекова, О.М. Олексюк. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2001. – 391 с.
6. Довідковий матеріал з овочівництва /З.Д. Сич, О.Я. Жук, І.М. Бобось та ін. - К.: 2012. – 204 с.
7. Сучасні технології вирощування овочевих культур: навч. Посібник для студентів напряму «Агрономія» агробіологічних спеціальностей вищих навчальних закладів освіти III-IV рівнів акредитації./ В.Б. Кутовенко, І.Г. Міхаліна, В.Т. Гонтар. – Київ, 2013. – 300 с.
8. Алімов Д.М., Шелестов Ю.В. Технологія виробництва продукції рослинництва: Підручник. – К.: Вища шк., 1995. – 271с.
9. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591с.
10. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2002. 800 с.
11. Барабаш О.Ю. Овочівництво. - К.: Вища школа, 1994, 374 с.

					<b>МБК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

12. Ластівка М.М. Експлуатація машин і обладнання. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів денної і заочної форми навчання зі спеціальності 208 Агроінженерія. Ладижинський коледж, ВНАУ, 2019. – 374 с.

13. Навчальний посібник. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві./ А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський, В.В. Марченко, В.Л. Гуз, І.М. Грищенко. - К.: Кондор, 2004. - 284 с.

14. Сівалка для овочевих культур JPH 4. URL: <https://www.terraronis.com/jph-semoir-maraicher-petites-graines.html>

15. Трактор Foton FT 504 C. URL: <https://razvilka.com.ua/traktora/traktor-foton-ft-504-c>

16. Сисолін П.В. та інші. 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. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.

17. Сільськогосподарські машини в овочівництві. /За ред. канд. с.-г. н. А.І. Яшука. – Харків, ІОБ УААН, 2006. – 138с.

18. Овочева сівалка Sakalak. URL: <https://agro-sintez.com.ua/product/sivalka-ovocheva-tochnogo-visivu-dlja-tr/>

19. MONOSEM. The precision Planter specialist. Monosem MS. Ribouleau MONOSEM – FRANCE, 2020. 24p. URL: <https://www.monosem.com/Range/Planter-range>

20. Чотирирядна сівалка точного висіву СТВ-4 для овочевих і зернових культур. URL: [https://gardenshop.ua/ukr/sejalka\\_dvuhrijadnaja\\_ctb4.html](https://gardenshop.ua/ukr/sejalka_dvuhrijadnaja_ctb4.html)

21. Овочева сівалка Agricola PKN. URL: <https://uvc.com.ua/vyrobnyk/agricola-italiana/>

22. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 с.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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

24. Бендера І.М. Проектування сільськогосподарських машин / за ред. І.М. Бендери. - Кам'янець-Подільський: Абетка, 2011, 640 с.

25. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408с.

26. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту.  
[http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu\\_7239\\_2011.pdf](http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf)

27. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження.  
[https://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY3/dsty\\_2867-94.pdf](https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf)

28. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин.  
[https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F\\_4282-87](https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87)

29. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.

30. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидковідєднуючі. Вимоги до конструкції.  
[http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015\\_2.HTM](http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM)

31. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

					<b>МВК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

## **Додатки**