

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:

Модернізація зернової сівалки з удосконаленням
загортаючих робочих органів

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу, групи ГМ-21

ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Вергун Сергій Миколайович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Володимир ЯЦУН

« ____ » _____ 2025 р.

Анотація

Проведений аналіз літературних джерел, агротехнічних вимог та огляд існуючих конструкцій сівалок показав, що при вирощуванні зернових культур важливим є конструкція робочих органів які виконують безпосередньо укладання насіння в борозну та створення сприятливих умов для його росту. Підвищити врожайність зернових культур можна шляхом удосконалення робочих органів які відповідають за процес загортання насіння. Було встановлено, що найкращим рішенням є оснащення секції не тільки прикочуючим котком, а і загортачем. З метою покращення роботи секції зернової сівалки Astra 6 New була проведена модернізація серійного прикочуючого котка та розроблена нова конструкція пружинного блока загортачів секції. Розроблені конструкції робочих органів загортальної системи сівалки Astra 6 New, дають можливість значно покращити процес загортання насіння, покращити роботу секції робочих органів, підвищивши її універсальність та збільшити врожайність зернових культур.

Abstract

The analysis of literary sources, agrotechnical requirements and review of existing designs of seed drills showed that when growing grain crops, the design of working bodies that perform direct seed placement in the furrow and create favorable conditions for its growth is important. The yield of grain crops can be increased by improving the working bodies responsible for the process of seed wrapping. It was found that the best solution is to equip the section not only with a press roller, but also with a wrapper. In order to improve the operation of the section of the grain seeder Astra 6 New, the serial press roller was modernized and a new design of the spring block of the section wrappers was developed. The developed designs of the working bodies of the wrapping system of the Astra 6 New seeder make it possible to significantly improve the process of seed wrapping, improve the operation of the working body section, increasing its versatility and increasing the yield of grain crops.

Зміст

1. Вступ.....	7
2. Стан питання про машину, що модернізується.....	8
3. Конструкторська частина.....	23
4. Висновки.....	38
Список використаної літератури.....	39
Додатки	

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Зернові культури є основою аграрного виробництва України, забезпечуючи продовольчу безпеку та економічну стабільність. Висока врожайність зернових значною мірою залежить від точності висіву та якості загортання насіння, що визначає рівномірність сходів і сприятливі умови для подальшого розвитку рослин. Одним із основних технологічних факторів, що впливає на ці процеси, є ефективність роботи загортаючих і прикочуючих органів зернових сівалок [1,2].

На сьогоднішній день в Україні активно використовуються як вітчизняні, так і імпорتنі моделі зернових сівалок. Серед них особливо популярною є сівалка Astra 6 New виробництва Elvorti, яка відзначається високою продуктивністю, надійністю та можливістю висіву широкого спектра культур, а також доступною ціною. Оскільки посів і загортання насіння зернових культур є головним етапом вирощування то робочі органи які виконують ці операції повинні в повному обсязі забезпечувати вимоги агротехніки [3,4]. Від забезпечення цих процесів робочими органами які будуть якісно виконувати процес посіву в значній мірі буде залежати врожайність зернових культур в цілому.

Тому, модернізація сівалки Astra 6 New шляхом удосконалення загортаючих робочих органів є актуальним завданням, яке спрямоване на покращення технологічного процесу висіву, підвищення рівномірності загортання насіння та забезпечення оптимальних умов для його проростання. В рамках даної роботи будуть проведені теоретичні дослідження, розрахунки та розробка нової конструкції загортаючої системи секції робочих органів зернової сівалки, що дозволить підвищити ефективність її роботи та покращити кінцеві показники врожайності.

					МЗС 00.000 ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Пояснювальна записка					
<i>Розроб.</i>		<i>Вергун</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Артеменко</i>							7	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Мачок</i>						ЦНТУ		
<i>Затверд.</i>		<i>Васильковський</i>						гр. ГМ(СМ)-21		

2. Стан питання про машину, що модернізується

2.1 Аналіз агротехнічних вимог та умов виконання робіт по посіву зернових культур

Посів зернових культур є одним із найважливіших етапів у технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур. Від точності виконання цього процесу залежать рівномірність сходів, оптимальна густина стояння рослин та їх подальший розвиток. Основними агротехнічними вимогами до процесу посіву є [5-9]:

дотримання оптимальної глибини загортання насіння - для кожної культури встановлений потрібний діапазон глибини висіву (наприклад, для пшениці – 3-5 см, для ячменю – 2-4 см);

глибина повинна бути рівномірною по всьому полю для синхронного проростання та забезпечується наступними робочими органами сівалки - сошники (дискові, анкерні, долотоподібні) – формують борозну і закладають в неї насіння. Прикочуючі котки, зазвичай оснащені шиною атмосферного тиску циліндричного профілю, забезпечують ущільнення ґрунту та вирівнювання насіння по глибині загортання покращуючи контакт насіння з вологою;

рівномірний розподіл насіння по площі є дуже важливим для забезпечення стабільної рівномірної відстані між насінинами для уникнення конкуренції за вологу, світло і поживні речовини;

рівномірність розподілу насіння забезпечується висівними апаратами механічними або пневматичними, які дозують кількість насіння, що потрапляє у ґрунт;

вплив на рівномірність розподілення також мають розподільники насіння які рівномірно розподіляють потік зерна по сошникам;

насіння повинно бути рівномірно засипане ґрунтом без пустот і надмірного ущільнення з цією метою використовуються загортачі (лапові, пружинні, ланцюгові) які розпушують і рівномірно засипають борозну;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

важливою операцією є оптимальне ущільнення ґрунту, яке забезпечує достатній контакт насіння з вологою, але без надмірного ущільнення, яке може перешкоджати проростанню.

Після проведення посіву зернових культур в залежності від ґрунтового кліматичних умов можуть використовуватись додаткові операції по покращенню умов проростання насіння [4,7,9]:

прикочування ґрунту котками (гладкими, кільчасто-шпоровими, обгумованими) це регулює щільність ґрунту над насінням і сприяє вільній появі паростків на денній поверхні;

оскільки після посіву важливо зберегти вологу у верхньому шарі ґрунту для швидкого проростання насіння то необхідно закрити вологу шляхом мульчування ґрунту, для цього використовуються мульчувальні пристрої які частково розпушують поверхневий шар, зменшуючи випаровування. Проводяться ці операції кільчасто-шпоровими котками або боронами пружинними чи пальцевими – зменшують утворення кірки після дощів.

Забезпечення всіх агротехнічних вимог можливе лише при правильному виборі робочих органів зернової сівалки. Оптимальне поєднання сошників, висівних апаратів, загортачів та прикочуючих котків дозволяє отримати рівномірні, дружні сходи, що є запорукою високого врожаю.

2.2 Аналіз технічних можливостей виконання операції загортання насіння зернових культур

Загортання насіння є важливим етапом посівного процесу, оскільки від якості цієї операції залежить рівномірність проростання, доступ до вологи та повітря, а також подальший розвиток рослин. Виконання цієї операції забезпечується різними робочими органами, кожен з яких має свої технічні особливості, переваги та недоліки. Основними вимогами до загортання насіння є: рівномірне укриття насіння ґрунтом без утворення пустот або надмірного ущільнення; збереження структури ґрунту для забезпечення повітрообміну; оптимальна щільність загорнутого шару для гарного контакту

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

насіння з вологою; мінімізація ерозії ґрунту та запобігання утворенню поверхневої кірки після дощів.

Основні типи робочих органів для загортання насіння [3,4,10,11]:

лапові загортачі - складаються з загортаючих лап прямолінійної чи криволінійної форми), які переміщують ґрунт, засипаючи борозну з насінням. Такі робочі органи добре розпушують верхній шар ґрунту, запобігають утворенню кірки, придатні для застосування на різних типах ґрунтів. Основним недоліком таких загортачів є нерівномірне загортання через зміну вологості та структури ґрунту, а також при надмірному заглибленні можуть витіснити насіння на поверхню;

дискові загортачі - складаються з одного або двох дисків, які рухаються по сторонам борозни, переміщуючи ґрунт до центру рядка з насінням. Дискові загортачі добре працюють на вологих та важких ґрунтах, менше залежать від швидкості руху агрегату, формують більш рівномірний шар ґрунту над насінням. Недоліком є можливе перевищення необхідної глибини загортання при високій швидкості посіву, а також при використанні у сухих умовах можуть пересушувати верхній шар ґрунту;

пружинні загортачі - мають гнучкі пружинні зуби, які переміщують верхній шар ґрунту, закриваючи борозну, їх перевагами є легкість пристосовуються до нерівностей поля, зменшують ризик утворення ґрунтової кірки, ефективно працюють на пухких та легких ґрунтах. Недоліками є обмежена ефективність на важких ґрунтах, не завжди забезпечують достатнє руйнування сухих грудок;

ланцюгові загортачі - складаються з гнучких ланцюгів, які зміщують ґрунт у борозну, перевагами їх є простота конструкції та низька вартість, не ущільнюють ґрунт над насінням, добре підходять для легких ґрунтів. Недоліки - погано працюють на важких ґрунтах, не забезпечують рівномірне загортання при високих швидкостях;

використання прикочуючих котків у процесі загортання насіння - прикочуючі котки виконують функцію додаткового ущільнення ґрунту, що

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

покращує контакт насіння з ґрунтом і підтягує вологу. Основні типи котків - гладкі котки, вони рівномірно ущільнюють ґрунт, але можуть викликати утворення кірки. Кільчасто-шпорові, пруткові котки забезпечують оптимальну щільність ґрунту без надмірного ущільнення. Котки оснащені шиною атмосферного тиску пом'якшують контакт із ґрунтом, запобігаючи утворенню кірки.

Недоліки існуючих конструкцій загортальних органів:

нерівномірність загортання – деякі типи загортачів (лапові, ланцюгові) можуть залишати нерівномірний шар ґрунту:

ризик переущільнення ґрунту – надмірний тиск прикочуючих котків може спричинити утворення кірки;

проблеми з роботою на різних типах ґрунтів – деякі загортачі ефективні лише в певних умовах;

чутливість до швидкості руху сівалки – наприклад, дискові загортачі можуть працювати неефективно при підвищених швидкостях;

недостатнє подрібнення грудок – якщо верхній шар має великі грудки, насіння може бути загорнуте нерівномірно;

Таким чином з проведеного огляду можна зробити висновок, що оптимальне загортання насіння можливе лише при комплексному підході, який включає вибір правильного загортача, використання прикочуючих котків і врахування особливостей ґрунту. Для підвищення ефективності можна впроваджувати комбіновані загортачі (поєднання дискових та лапових механізмів), регульовальні механізми котків (з можливістю змінювати тиск на ґрунт), адаптивні загортачі з автоматичним налаштуванням глибини загортання залежно від щільності ґрунту.

Застосування таких рішень дозволить покращити рівномірність загортання насіння, зменшити вплив погодних факторів та забезпечити дружні сходи зернових культур.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.3 Обґрунтування напрямку модернізації зернової сівалки

На сьогодні в Україні експлуатуються зернові сівалки не лише вітчизняного виробництва, зокрема компаній Фаворит, Elvorti, Ремсинтез та інших, а і посівні агрегати відомих іноземних брендів, таких як John Deere, Amazone, Vednar тощо. Зернові сівалки, оснащені прикочуючим котком, мають низку переваг, окрім ущільнення ґрунту над насінням і покращення його контакту з вологою, що сприяє швидкому та дружньому проростанню, коток також виконує функцію додаткової точки опори, висота якої може регулюватися. Завдяки йому забезпечується рівномірніше заглиблення сошників в ґрунт, що підвищує точність висіву [3,4]. Встановлення загортачів після котка сівалки також підвищує якість посіву зернових культур оскільки сприяє вирівнюванню рядка, усунення утворення ґрунтової кірки при підвищенні вологості ґрунту та його мульчуванню. Для можливості вдосконалення загортальної системи зернової сівалки необхідно провести аналіз переваг і недоліків існуючих рішень. З цією метою розглянемо системи загортання, що використовуються в моделях сівалок згаданих вище виробників.

Компанія Elvorti [12] пропонує зернову сівалку Astra 6 New (рис. 2.1), яка призначена для висіву широкого спектра сільськогосподарських культур. Для створення оптимальних умов проростання насіння сівалка оснащена секцією робочих органів, що включає дводисковий сошник, підвіску з натискною пружиною та прикочуючий коток. Інноваційна конструкція повідкової системи Coult System, що включає прикочуючий коток і вдосконалений механізм тиску сошника до 75 кг, оснащений жорсткою пружиною та гідравлічним дотискачем, забезпечує рівномірний і якісний висів. Така система дозволяє ефективно проводити посів за традиційною технологією, а також адаптується до полів із мінімальним обробітком ґрунту та невеликою кількістю пожнивних решток. В конструкції сівалки загортальним елементом є прикочуючий коток секції інших загортальних робочих органів в конструкції не передбачено.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рис. 2.1 Зернова сівалка виробництва Elvorti

У секції зернової сівалки Astra 6 New передбачена можливість вибору прикочуючих котків із різною шириною робочої поверхні - 50 мм або 70 мм (рис. 2.2), що залежить від висіваємої культури. Робоча частина котка виконана у формі циліндра з радіальними заокругленнями по краях. Основна функція ущільнення ґрунту реалізується завдяки гумовому суцільному ободу, яким оснащений коток.



Рис. 2.2 Котки зернової сівалки Astra 6 New

Головним недоліком подібних котків є їх циліндрична форма, яка не забезпечує рівномірного розподілу ущільнення ґрунту по всій ширині

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

борозни. Це може призводити до нерівномірного контакту насіння з ґрунтом, що, у свою чергу, знижує швидкість і рівномірність проростання.

Компанія John Deere [13], один із провідних виробників сільськогосподарської техніки, пропонує зернову сівалку прямого посіву моделі 1590 (рис. 2.3). Ця машина розрахована на посів зернових культур у будь-яких умовах, як на підготовлених, так і непідготовлених ґрунтах. Конструкція сівалки також має секційну компоновку, вона оснащена однодисковим сошником із опорним котком, який виконує функцію копіювання рельєфу поля, забезпечуючи рівномірну глибину закладання насіння. Створення оптимальних умов для проростання здійснюється завдяки конусному похилому металевому котку (рис. 2.4).

Оскільки сівалка моделі 1590 працює за технологією прямого посіву, процес загортання насіння виконується опорним котком, який розташований трохи позаду сошника. Його основне завдання – притискання бічних стінок борозни до насіння та ущільнення її дна, що сприяє кращому контакту насіння з ґрунтом і підвищенню схожості.



Рис. 2.3 Сівалка John Deere моделі 1590

Конічний коток (рис. 2.4) жорстко фіксується на підвісці секції під кутом, визначеним виробником. При цьому його нахил змінюється вздовж осі сівалки у протилежному напрямку.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рис. 2.4 Конічний коток сівалки John Deere

Основним недоліком цієї загортальної системи є суцільна металева поверхня котка, яка при підвищеній вологості ґрунту може спричинити його налипання, що негативно впливає на якість посіву. Фіксований кут нахилу котка не дозволяє здійснювати точне налаштування для різних культур. Загалом загортальна система John Deere яка в своєму складі має конічний коток більше орієнтована на загорання насіння, ніж на традиційне прикочування.

Українська компанія Favorit [14] випускає зернову сівалку СЗФ-5400-V (рис. 2.5), яка призначена для висіву широкого спектра зернових і трав'яних культур. Комплектація посівної секції аналогічна іншим вітчизняним виробникам і включає дводисковий сошник, підвіску та пруткові загортачі чи прикочуючий коток.



Рис. 2.5 Сівалка Favorit СЗФ-5400-V

При гарній передпосівній підготовці ґрунту на секції сівалки використовується прутковий загортач (рис. 2.6).

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рис. 2.6 Прутковий загортач сівалки СЗФ-5400-V

Прикочуючий коток (рис. 2.7), встановлений на секції робочих органів, має традиційну циліндричну форму з гумовим ободом. Його конструкція практично ідентична аналогічним виробам від конкурентів.



Рис. 2.7 Коток секції сівалки СЗФ-5400-V

Головним недоліком таких котків є їх циліндрична форма, яка унеможливує рівномірний розподіл ущільнення ґрунту по всій ширині борозни, що своєю чергою, може знижувати швидкість проростання насіння.

Одним із відомих виробників сільськогосподарської техніки в Україні є компанія Amazone [15], яка пропонує зернову сівалку D9 6000-ТС "Combi" (рис. 2.8). Ця модель призначена для висіву як зернових, так і трав'яних культур та має ширину захвату 6 метрів. Для забезпечення точного укладання насіння вона оснащена секцією робочих органів, яка побудована за класичною схемою та включає одно дисковий сошник, підвіску та систему загортання у вигляді підпружиненого котка із шиною атмосферного тиску циліндричного профілю.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Рис. 2.8 Сівалка D9 6000-TC "Combi"

Загортальна система зернової сівалки Amazone D9 6000-TC "Combi" складається з циліндричного котка та пружинної підвіски (рис. 2.9). Завдяки пружинній підвісці створюється додатковий тиск на коток, що покращує ущільнення ґрунту. Додаткове навантаження яке здійснює пружинна підвіска котка є сталім. Крім того, ця підвіска сприяє коливальному руху котка, що може сприяти його самоочищенню від налиплого ґрунту.



Рис. 2.9 Загортальна система Amazone

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Коток сівалки Amazone має стандартну конструкцію з циліндричним гумовим ободом оснащеним шиною атмосферного тиску і лише трохи збільшену ширину порівняно з аналогами. Тому всі зазначені раніше недоліки притаманні і цьому варіанту.

Одним із нових гравців на українському ринку є компанія Vednar [16], яка пропонує посівний комплекс OMEGA OO_L (рис. 2.10). Цей багатофункціональний агрегат поєднує в собі операції з підготовки ґрунту та безпосереднього посіву зернових культур. Завдяки такій конструкції сівалка може ефективно працювати як на підготовлених, так і на необроблених полях, що значно розширює її універсальність.



Рис. 2.10 Комплекс для посіву Vednar

Комплекс для посіву зернових культур Vednar оснащений секцією робочих органів (рис. 2.11), що включає підвіску, дводисковий сошник, прикочуючий коток і пруткові пружинні загортачі. Останні виконують також роль гряділя. Секція має класичну компоновку, яка практично не відрізняється від конструкцій, запропонованих конкурентами.

Серед недоліків можна відзначити, що робоча поверхня котка оснащена гумовим циліндричним ободом, що може зменшувати рівномірність ущільнення ґрунту. Проте перевагою є наявність пружинних загортачів, які не

тільки покращують загортання насіння, але і планують поверхню рядка, виконуючи мульчування ґрунту.



Рис. 2.11 Посівна секція OMEGA OO_L

Таким чином провівши огляд конструкцій сівалок і агрегатів представлених в Україні можна зробити висновок, що однаковими рисами конструкторів сівалок є секційне виконання, а загортальні системи складаються із однакових елементів. Основними елементами загортальних систем зернових сівалок є прикочуючий коток циліндричного профілю і пруткові (прутково пружинні) загортачі. Тому удосконалення існуючих заготуючих систем зернової сівалки є актуальною задачею.

2.4 Розробка і обґрунтування удосконаленої посівної секції сівалки Astra 6 New

Сівалка Astra 6 New [12] комплектується секцією робочих органів (рис. 2.12) яка має наступну конструкцію. В передній частині секції знаходиться поводкова група із натискним механізмом, натискний механізм виконаний за допомогою пружини стискування і діє на кронштейн сошника. Кронштейн сошника в задній частині має систему навантаження на прикочуючий коток і діє додатково разом із поводковою групою. Коток встановлений на власній підвісі яка закріплена на кронштейні сошника, на сусідньому котку встановлюється

виконати якщо притискувати рядок з висіяним насінням з обох боків, а не над ним.

З цією метою нами пропонується удосконалена конструкція прикочуючого котка зернової сівалки, а саме її робочої частини. Поставлена задача вирішується тим, що робоча частина котка виконана у вигляді шини атмосферного тиску, яка має комбінований профіль середня частина якого є невеликої товщини і здійснює ефект демпфування, а бокові елементи шини мають в два рази товщі стінки і виконані конічними, причому ширина гнучкої частини шини дорівнює ширині борозни що утворює сошник, а ширина конічної повинна забезпечувати ущільнення ґрунту в зоні розміщення насіння.

На рис. 2.13 показана конструкція удосконаленої шини атмосферного тиску котка зернової сівалки Astra 6 New:

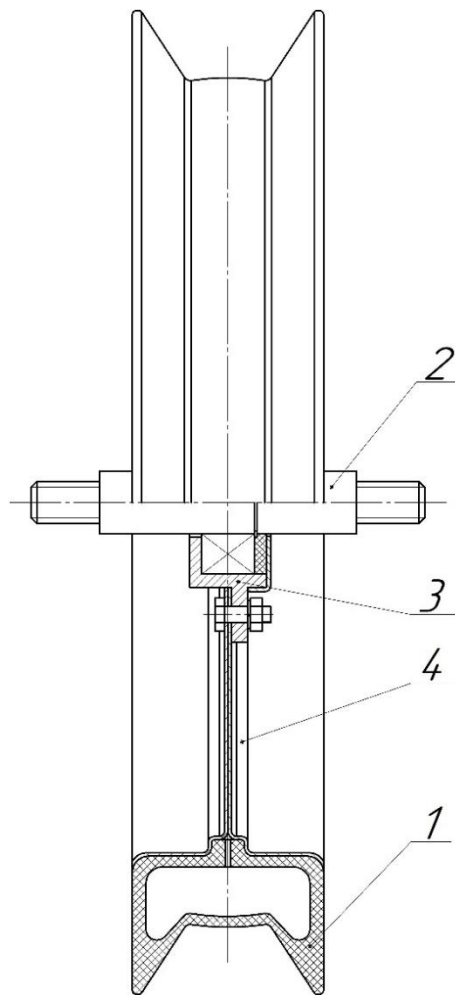


Рис. 2.13 Розроблена шина котка зернової сівалки:

1 – шина атмосферного тиску; 2 – вісь; 3 – ступиця; 4 – металеві диски

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Удосконалений коток зернової сівалки працює наступним чином: в процесі роботи коток рухаючись по центру рядка своїми конічними ободами занурюється в шар ґрунту та ущільнює його в нижніх шарах борозни, при цьому за рахунок конічної форми обода тиск ближче до поверхні борозни зменшується залишаючи над насінною менш ущільнений шар. Конічні поверхні котка також притискають ґрунт з обох боків до насіння яке розміщене на дні борозни. Середня частина шини яка є більш гнучкою за рахунок свого демпфування трохи притискує верхній шар ґрунту зверху вниз вирівнюючи насіння по глибині рядка, в процесі роботи шина котка формує пагорб над насінням трапецієвидного виду. Такий техпроцес загортання борозни сприяє більш ефективному забезпеченню насінню сприятливих умов для проростання. При збільшенні вологості ґрунту завдяки демпфувальним властивостям шини котка відбувається його самоочищення від налиплого ґрунту.

Ефективність удосконаленої конструкції прикочуючого котка зернової сівалки забезпечується наступними факторами:

досягненням необхідної щільності ґрунту в зоні розміщення насіння, що відповідає агротехнічним вимогам. Це сприяє підняттю капілярної вологи до насіння та створенню сприятливих умов для його проростання;

забезпеченням рівномірного розподілу щільності ґрунту завдяки конічно-циліндричній формі робочої поверхні котка. Зменшена товщина бічних стінок профілю шини сприяє їх деформації, що забезпечує ефект демпфування і сприяє самоочищенню робочої поверхні від налиплого ґрунту.

Аналіз конструкцій сучасних прикочуючих систем зернових сівалок дозволяє зробити висновок, що для рівномірного загортання насіння та формування оптимальної щільності ґрунту, профіль котка повинен сприяти рівномірному розподілу навантаження не тільки ширині борозни, а і її глибині. Як зазначається в роботах [17,18], найбільш доцільним є використання конічної форми робочих поверхонь котка. Однак ще більш ефективним рішенням буде заміна традиційного гумового ободу на шину атмосферного

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

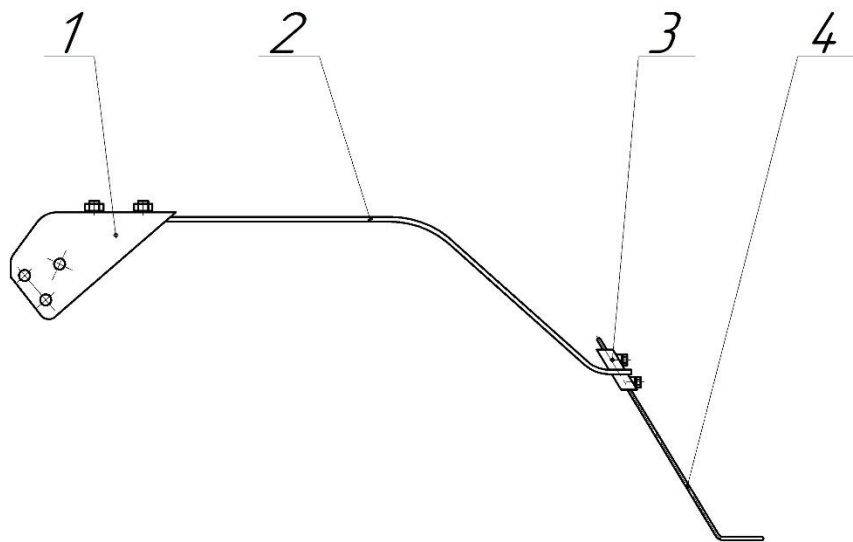


Рис. 2.15 Пружинний блок загортачів:

1 – кронштейн; 2 – пружинна пластина; 3 – кронштейн пруткового загортача;
4 – прутковий загортач

На кінці пружинної пластини знаходиться кронштейн 3 фіксатор пруткового загортача 4. Оскільки пруток загортача також виконаний пружинним то він може здійснювати змінні навантаження на верхній шар ґрунту і виконувати його вирівнювання і мульчування створюючи сприятливі умови для росту насіння. Таким чином за рахунок пружинного блоку загортачів можна здійснювати комплексний вплив на поверхню ґрунту для широкого діапазону його агрегатного складу.

Використання модернізованих елементів в складі секції робочих органів зернової сівалки дає можливість комплексно виконувати як прикочування насіння після його потрапляння на дно борозни так і його загортання із подальшим мульчуванням поверхні рядка загортачем пружинного блоку секції. Такий технологічний процес дасть можливість забезпечити покращені умови для проростання насіння в умовах недостатньої вологості і як наслідок отримати додаткові переваги від підвищення врожайності зернових культур.

3. Конструкторська частина

3.1 Розрахунок підвіски сошника зернової сівалки

Оскільки в процесі модернізації змінювалась конструкція прикочуючого котка, то це може вплинути на зміну зусиль які виникають в вузлах підвіски сошника. Основний вплив від зусиль які виникають лягає на різьбове з'єднання яке розміщене на штоці пружини підвіски сошника. Складемо розрахункову схему для розрахунку підвіски сошника секції робочих органів (рис. 3.1).

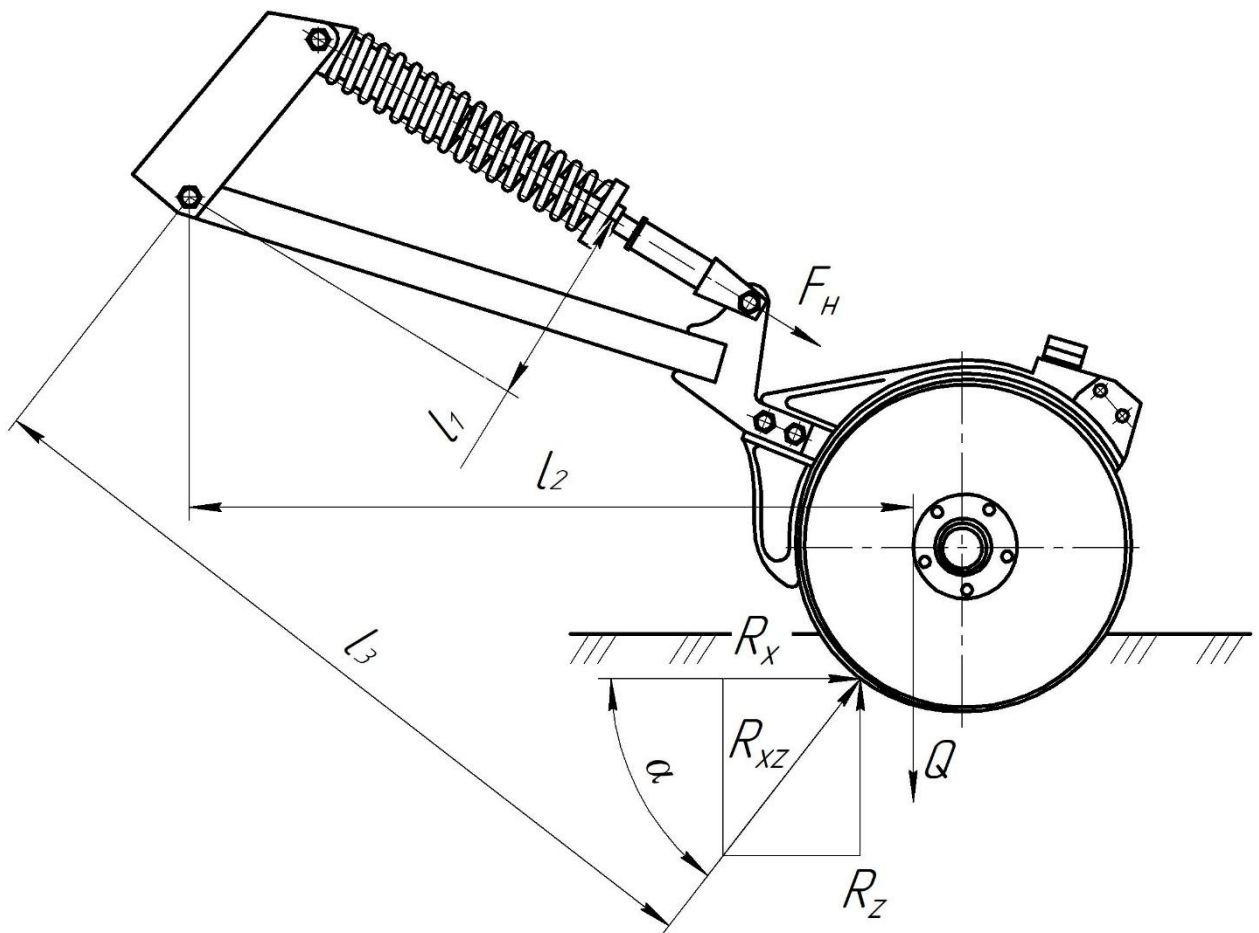


Рис. 3.1 Схема сил які діють на підвіску в робочому положенні

Згідно рекомендацій [21,22] запишемо умову рівноваги дводискового сошника з донавантажувальною пружиною:

$$Ql_2 + F_H l_1 = R_{xz} l_3, \quad (3.1)$$

де Q - сила ваги сошника, Н;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МЗС 00.000 ПЗ

Арк.

25

F_H - сила тиску пружини, Н;

R_{xz} - сила опору руху сошника, Н

l_1 - плече між нижньою опорою кронштейна підвіски і точкою дію сили натиску пружини, $l_1 = 105$ мм;

l_2 - плече між нижньою опорою кронштейна підвіски і центром ваги сошника, $l_2 = 380$ мм;

l_3 - плече між нижньою опорою кронштейна підвіски і напрямом дії сили опору, $l_3 = 438$ мм.

Вектор сили опору R_{xz} для сошників із тупим кутом входження, до яких і відносяться дводискові сошники, $\alpha = 30^\circ$, тому згідно [4,22] сила опору дводискового сошника з кутом розхилу дисків $\psi = 10^\circ$, при глибині ходу бсм буде складати $R_{xz} = 150H$.

Згідно [4,22] силу натиску пружини F_H можна розрахувати по залежності:

$$F_H = \frac{k(R_{xz}l_3 - Ql_2)}{l_1}, \quad (3.2)$$

де k - коефіцієнт який враховує динамічні навантаження, $k = 1,3$.

Тоді сила натиску пружини буде складати:

$$F_H = \frac{1,3 \cdot (150 \cdot 488 - 150 \cdot 380)}{105} = 186H$$

Натискний механізм підвіски секції робочих органів складається із самої пружини, фіксуючих стаканів і штоку який фіксується у верхній частині у самовстановлюючомуся кронштейні, а в нижній частині в кронштейні підвіски. Навантаження на пружину здійснюється за допомогою гайок які розміщені на різьбовій частині штоку. Для подальших розрахунків складемо схему сил, що діють на різьбове з'єднання (рис. 3.2).

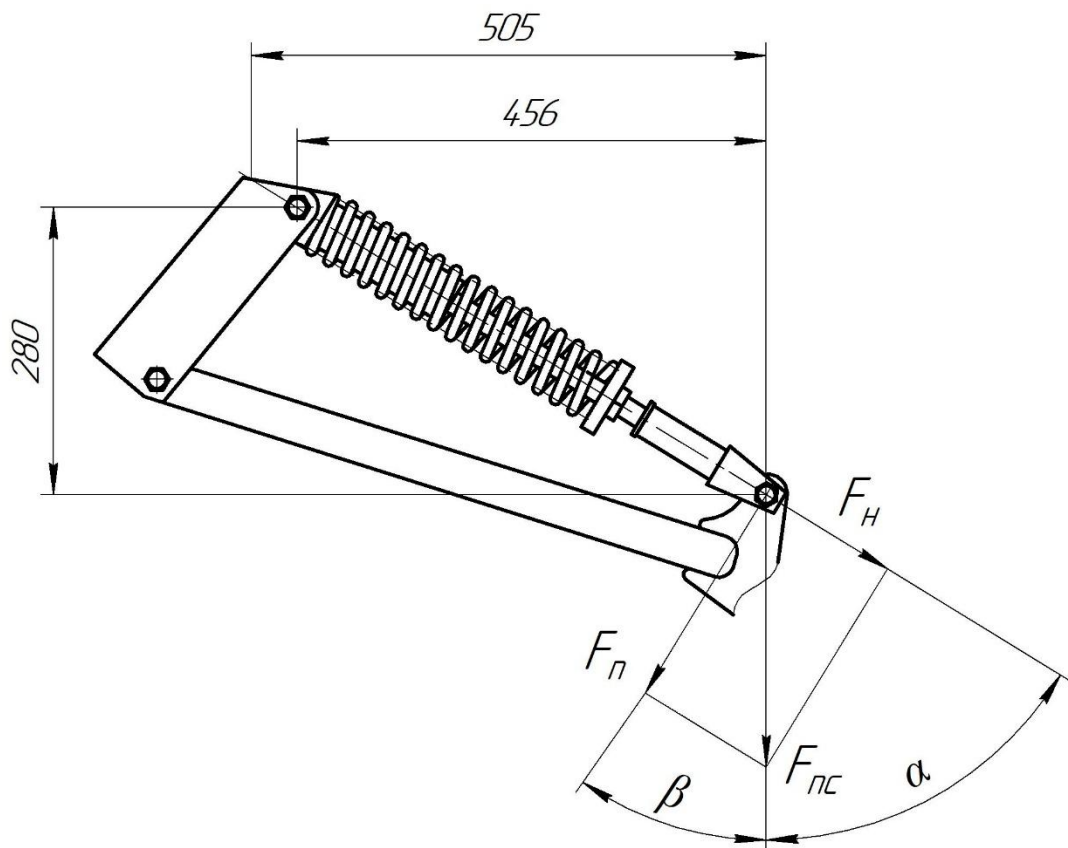


Рис. 3.2 Схема розрахунку сил, що діють на різьбове з'єднання

В процесі руху секції по поверхні поля на різьбове з'єднання натискного механізму діє сила F_{nc} , яка розкладається на складові F_H і F_n . Під час знаходження секції робочих органів в робочому положенні з'єднання працює на розрив. Проведемо розрахунок сил F_{nc} і F_n :

$$F_{nc} = \frac{F_H}{\cos \alpha}; \quad (3.3)$$

$$F_n = F_{nc} \cdot \sin \beta, \quad (3.4)$$

де F_{nc} - сила розтягу, що виникає від ваги сошникової групи.

Сила $F_H = 186H$, кути $\alpha = 58^\circ$ і $\beta = 32^\circ$.

$$F_{nc} = \frac{186}{\cos 58^\circ} = \frac{186}{0,53} = 351H$$

$$F_n = 351 \cdot \sin 32^\circ = 351 \cdot 0,53 = 186H$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розраховуємо діаметр різьби штоку механізму за умови на розтяг [23-25]:

$$\sigma_F = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\sigma_F] \quad (3.5)$$

де $[\sigma_F]$ - для гвинта із конструкційної сталі допустиме напруження на розтяг:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_T}{k}$$

де σ_T - межа міцності для сталі Ст.3, $\sigma_T = 200 \text{ мПа}$ [23];

k - коефіцієнт запасу міцності.

Згідно рекомендацій [26], приймаємо $k = 7$.

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_T}{k} = \frac{200}{7} = 28,6 \text{ мПа}$$

Номінальний діаметр різьбової частини штоку:

$$d > \sqrt{\frac{4F_{nc}}{\pi[\sigma_F]}} \quad (3.6)$$

$$d > \sqrt{\frac{4 \cdot 351}{3,14 \cdot 28,6}} = 6,8 \text{ мм}$$

Приймаймо із конструктивних міркувань $d = 12 \text{ мм}$, навантаження на механізм підвіски секції залежить від конкретних умов роботи і стану ґрунту і може варіюватись до двох разів.

Перевірка різьбового з'єднання на розтяг:

$$\sigma_F = \frac{4 \cdot 351}{3,14 \cdot 12^2} = 3,1 \text{ мПа} < [90 \text{ мПа}]$$

Як видно із проведених розрахунків умова міцності виконується.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3.2 Розрахунок навантаження на сошник секції зернової сівалки

Розрахунок проводимо згідно рекомендацій [23-25].

Дані для розрахунку:

Маса сошника із кронштейном $Q = 18,5$ кг ;

Максимальне навантаження на пружину навантаження 35 кг.

Зусилля пружини натиску на кронштейн сошника в робочому положенні (рис. 3.3):

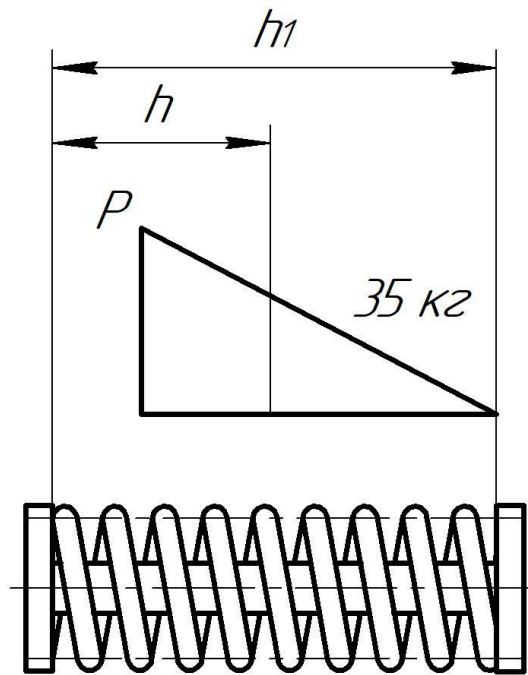


Рис. 3.3 Схема сил, що діють на пружину

Визначаємо навантаження пружини в робочому положенні за допомогою метода інтерполяції (рис. 3.3).

$$\frac{h}{35} = \frac{h_1}{P} \quad (3.7)$$

$$P = \frac{35 \cdot h_1}{h} = \frac{35 \cdot 280}{330} = 26,7 \text{ кг}$$

де $h = 330$ мм ; $h_1 = 280$ мм

Графічно визначаємо (рис. 3.4) із креслення секції робочих органів зернової сівалки кут між віссю пружини і віссю кронштейна підвіски сошникової групи, кут складає 16° .

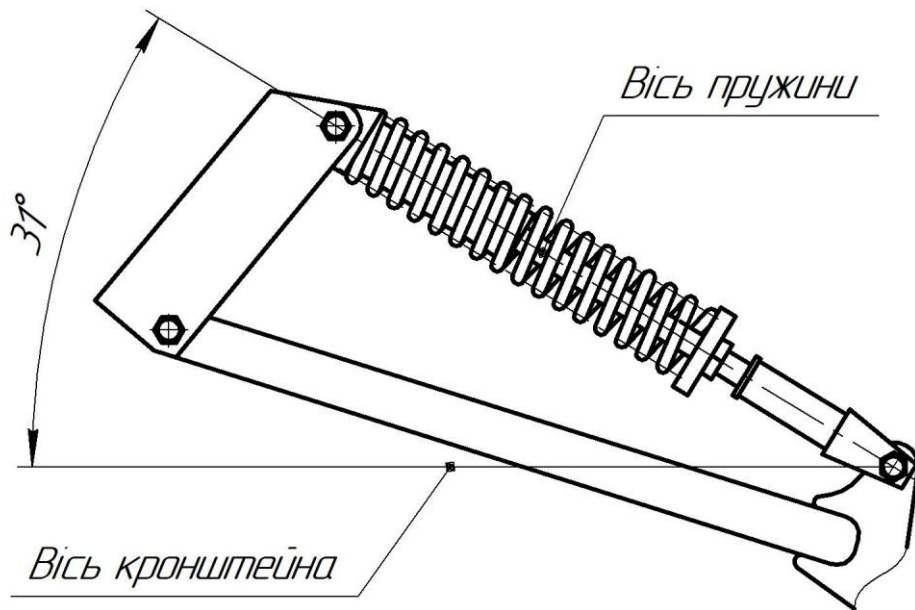


Рис. 3.4 Схема визначення кута між віссю пружини і віссю кронштейна підвіски

Кінцеве значення навантаження пружини в робочому положенні (рис. 3.5.)

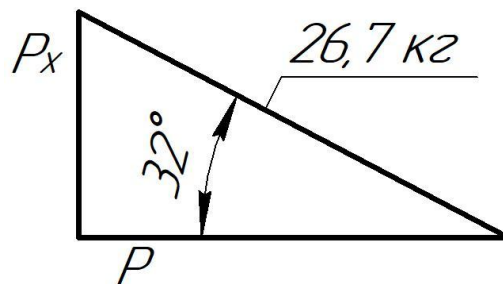


Рис. 3.5 Розрахункова схема для визначення кінцевого значення навантаження пружини

$$\cos 32^\circ = \frac{P}{26,7}$$

$$P = 26,7 \cdot \cos 32^\circ = 22,64 \text{ кг}$$

$$P_x = \sqrt{26,7^2 - 22,64^2} = 14,2 \text{ кг}$$

Загальне навантаження складе:

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$P_{заг} = Q + P_x = 18,5 + 14,2 = 32,7 \text{ кг}$$

Навантаження на елементи навіски сошникової групи секції робочих органів зернової сівалки визначаємо згідно рис. 3.6.

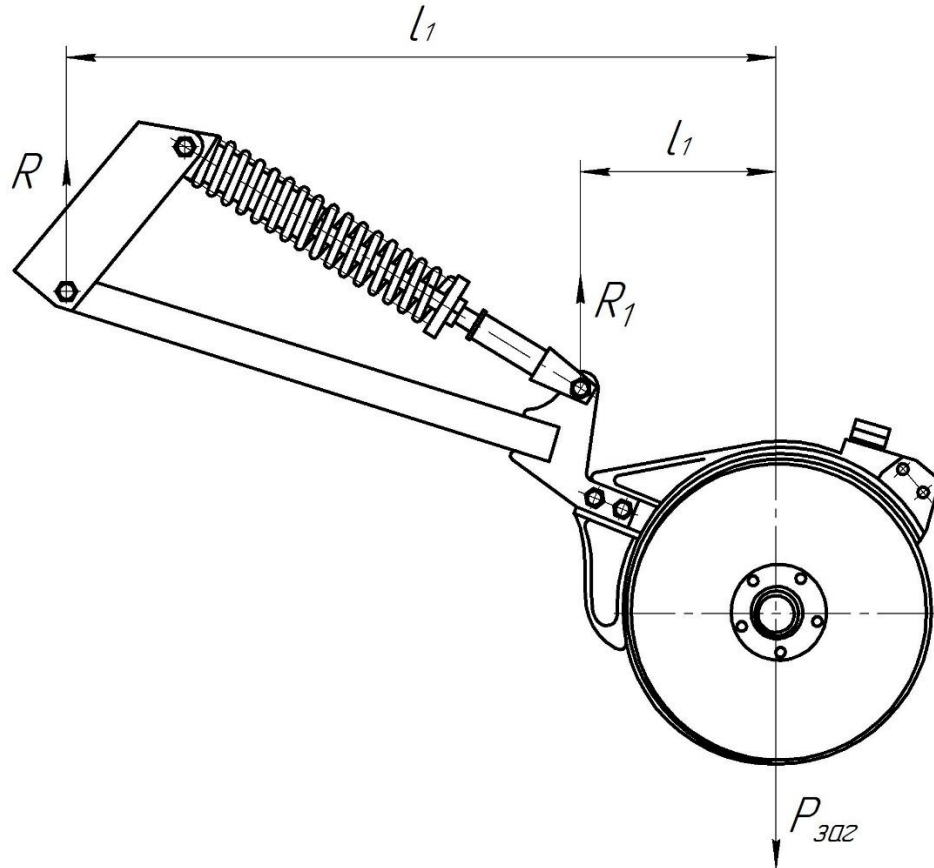


Рис. 3.6 Схема навантажень на сошникову групу

Відстані $l = 0,815$ м і $l_1 = 0,225$ м визначаємо графічно згідно креслення секції робочих органів зернової сівалки:

$$R = P \cdot l = 22,64 \cdot 0,815 = 18,45 \text{ кгс}$$

$$R_1 = P \cdot l_1 = 22,64 \cdot 0,225 = 5,1 \text{ кгс}$$

3.3 Розрахунок головного конструктивного параметру модернізованого котка

Модернізований прикочуючий коток, який входить до складу секції зернової сівалки, що також включає сошник і підвіску виконує операцію загортання і ущільнення ґрунту над насінням. Але основне призначення цього елемента полягає в ущільненні ґрунту, забезпеченні кращого контакту насіння з ґрунтом, а також у покращенні підтягування вологи з нижніх шарів ґрунту до насіння. Конструктивні параметри котка, такі як форма профілю, діаметр та ширина робочої частини, є ключовими для оцінки його ефективності [27-30]. Діаметр повинен бути таким, щоб забезпечувати руйнування або перекочування грудок, що залишилися після попередньої обробки, а не їх штовхання вперед. Під час роботи котка тиск, що створюється робочою поверхнею має концентруватися на грудці, яка повинна або зруйнуватися, або втиснутися в ґрунт. Якщо цього не відбувається, коток починає штовхати ґрунтові агрегати перед собою, що може спричинити утворення ґрунтового валу. Для стабільної роботи прикочуючого котка необхідно забезпечити защемлення ґрунтових агрегатів і їх руйнування.

Розглянемо процес роботи прикочуючого котка і визначимо його основні робочі параметри використовуючи методикау наведену в [3,4,21,22]. Для розгляду взаємодії котка і ґрунту складемо розрахункову схему (рис. 3.7). Якщо коток зустрічає розміщену на поверхні ґрунту грудку, то від дії сили P тиску котка виникає сила тертя F_2 між ободом і ґрунтом і сила F_1 тертя між грудкою і ґрунтом. Защемлення грудки між котком і поверхнею ґрунту буде за умови:

$$P_r \leq F_1 + F_2 \cdot \cos \delta, \quad (3.8)$$

$$P_r = P \cdot \sin \delta;$$

$$F_2 = P \cdot \operatorname{tg} \varphi_2;$$

$$F_1 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1,$$

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

З цієї ж умови можна визначити глибину колії h , при якій коток діаметром D_k не буде утворювати перед собою ґрунтовий валок (рис. 3.8).

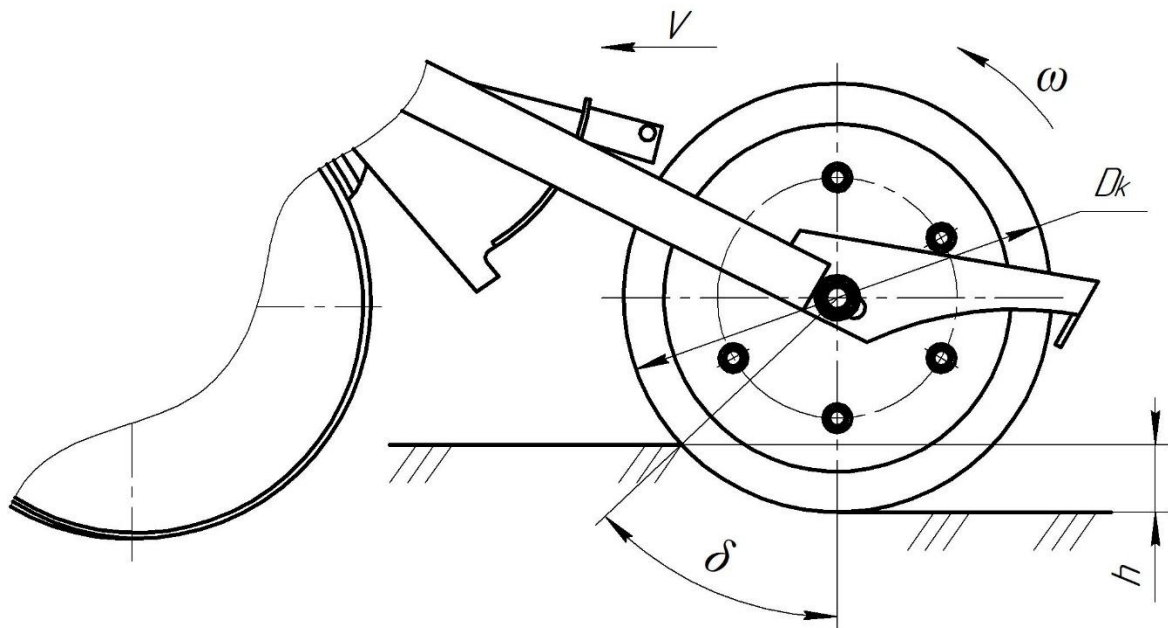


Рис. 3.8 Схема для визначення колії, що утворює коток

З рис. 3.8 видно:

$$\cos \delta = \left(\frac{D_k}{2-h} \right) / \left(\frac{D_k}{2} \right),$$

звідки

$$h \leq \left(\frac{D_k}{2} \right) \cdot (1 - \cos \delta). \quad (3.11)$$

Необхідний мінімальний діаметр котка при заданій величині h :

$$D_k \geq \frac{2h}{(1 - \cos \delta)}. \quad (3.)$$

Розглянемо граничний випадок коли грудка має форму кулі (рис 3.9) [22].

В цьому випадку:

$$AB = R_2 + R_2 \cdot \cos \delta = R_k - R_k \cdot \cos \delta, \quad (3.12)$$

або

$$R_2(1 + \cos \delta) = R_k(1 - \cos \delta). \quad (3.13)$$

Розв'язавши рівність (3.13) відносно R_2 , одержимо вираз для визначення мінімального радіуса котка, який забезпечує затиснення грудки радіусом R_2 , без ковзання вперед.

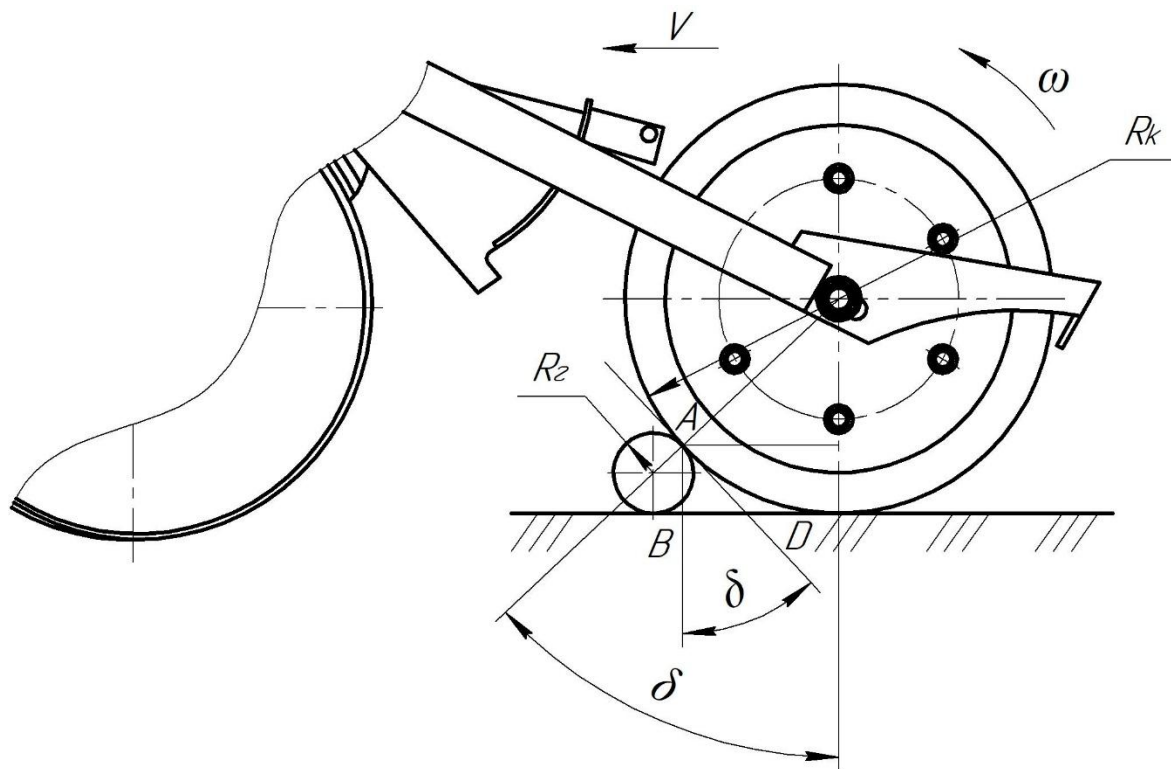


Рис. 3.9 Схема для визначення мінімального радіуса котка

$$R_{2\max} = \frac{R_k(1 - \cos \delta)}{(1 - \cos \delta)} = R_k \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\delta}{2}\right). \quad (3.14)$$

Виразивши R_k через R_2 , можна отримати вираз для визначення мінімального радіуса котка:

$$R_{k\min} = R_2 \cdot \operatorname{ctg}^2\left(\frac{\delta}{2}\right). \quad (3.15)$$

Кут φ_1 тертя ґрунту об сталь варіюється в межах від 14° для піщаних ґрунтів до 42° для звичайного чорнозему [21,22]. Виходячи з цього, діаметр прикочуючого котка D_k можна розрахувати за такою залежністю:

$$D_k = 2R_2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \quad (3.16)$$

На рисунку 3.11 представлено залежність діаметра котка від кута тертя для різних розмірів ґрунтових часток на поверхні поля. Проведений аналіз цих залежностей свідчить, що зі збільшенням кута тертя між ґрунтом і робочою поверхнею котка, а також між окремими ґрунтовими частками, необхідний діаметр котка поступово зменшується. Найбільше значення діаметра спостерігається при куті тертя 16° , тоді як мінімальне значення досягається при куті 44° .

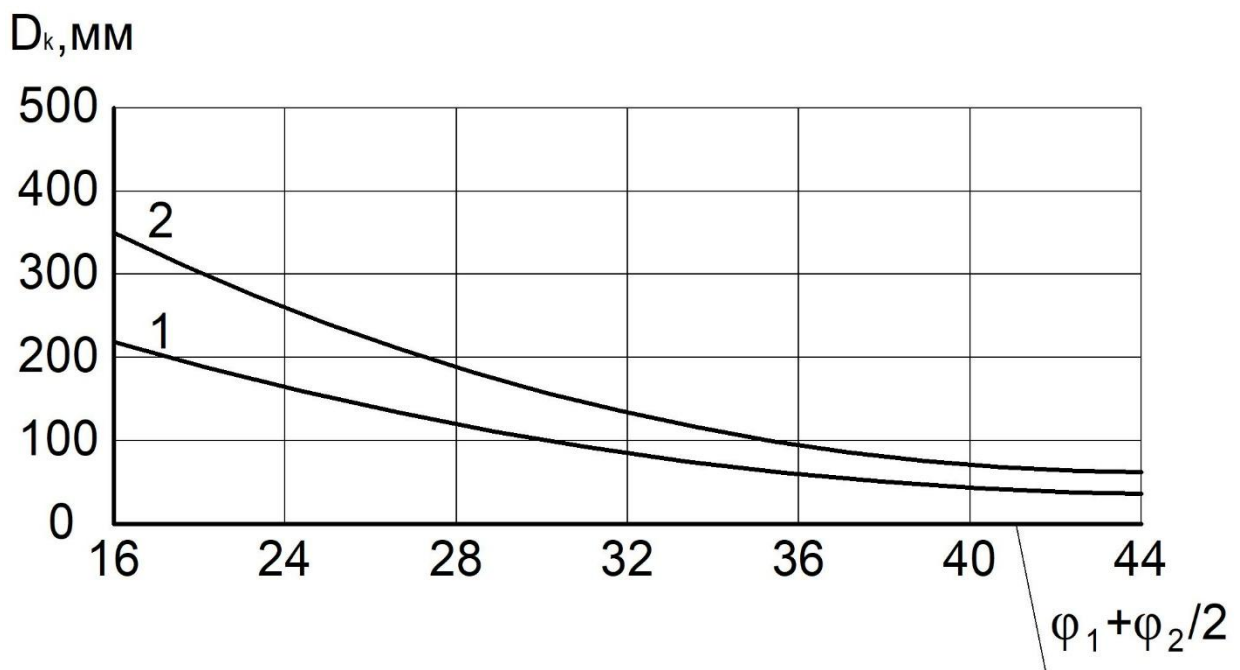


Рис. 3.11 Визначення діаметра котка в залежності від кутів тертя при:

$$1 - d_2 = 2 \text{ см}; 2 - d_2 = 3 \text{ см}$$

Отже, аналізуючи результати, наведені на рисунках 3.10 і 3.11, можна дійти висновку, що для запобігання утворенню ґрунтового валка перед котком його діаметр не повинен перевищувати 350 мм.

Тиск, який чинить на ґрунт прикочуючий коток зернової сівалки, можна розрахувати за допомогою виразу [21,22]:

$$q = \frac{2N}{b \cdot l}, \quad (3.17)$$

де N - зусилля тиску на ґрунт, кН;

b - ширина котка, м;

l - ширина відтиску поверхні котка в ґрунті, м.

Необхідним тиском для прикочування ґрунту під час посіву зернових культур можна вважати 3-5 Н/см² [4,22].

Тиск котка на ґрунт визначається:

$$N = P \cdot \cos \delta \quad (3.18)$$

де δ - кут між N і P .

Ширина відтиску ободу котка в ґрунті [4,22]:

$$l = 2\sqrt{h \cdot (D_k - h)}, \quad (3.19)$$

де h - глибина загортання зернових культур.

Використовуючи вирази (3.17), (3.18), (3.19) отримуємо залежність для визначення ширини котка:

$$b = \frac{P \cdot \cos \delta}{q \cdot \sqrt{h \cdot (D_k - h)}}. \quad (3.20)$$

Ширина робочої поверхні прикочуючого котка визначається рівнем тиску, що прикладається до нього, його діаметром, а також глибиною загортання насіння. На рисунку 3.12 представлено залежність ширини робочої поверхні котка від глибини загортання насіння при різних значеннях діаметра робочої поверхні котка за умови оптимальної щільності ґрунту.

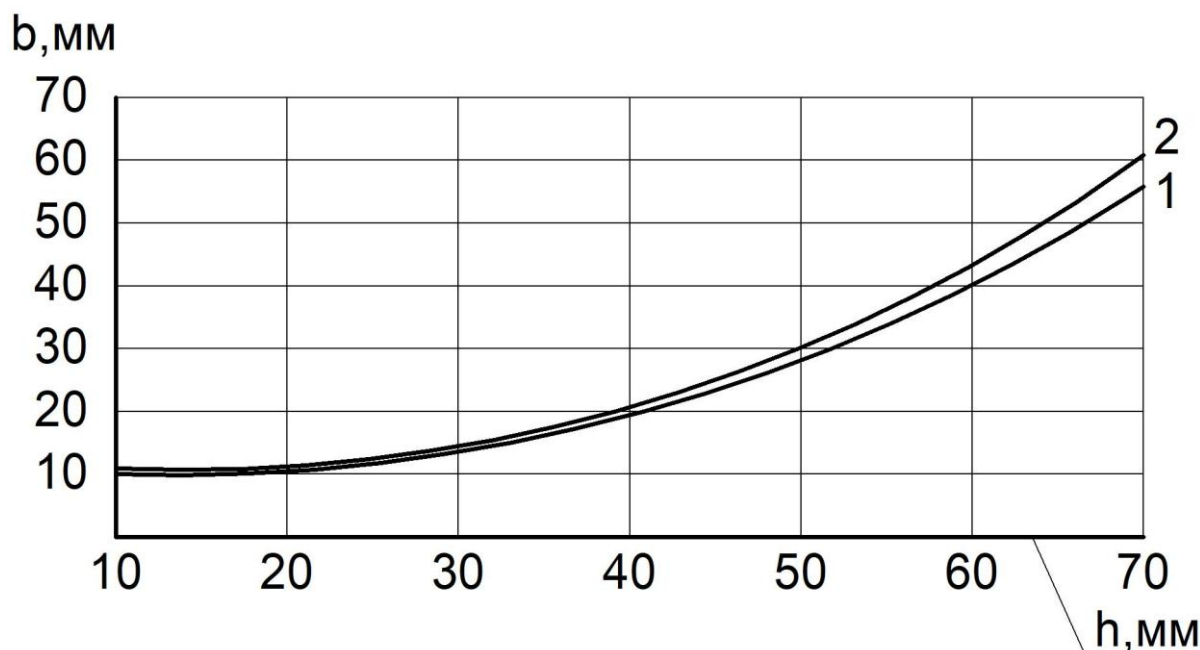


Рис. 3.12 Визначення ширини котка від глибини загортання насіння:

1 - $D_k = 320$ мм ; 2 - $D_k = 350$ мм

Аналіз виразу (3.20) та рисунка 3.12 свідчить, що зі збільшенням глибини загортання насіння ширина робочої поверхні котка також зростає. При максимальній глибині загортання зернових культур, що досягає 6 см, ширина робочої поверхні котка повинна бути не менше 50 мм.

Таким чином, проведені розрахунки дозволили визначити оптимальні параметри прикочуючого котка, що забезпечують необхідну щільність ґрунту, рівномірне загортання насіння та його щільний контакт із ґрунтом. Встановлено, що діаметр модернізованого котка повинен складати $D_k = 350$ мм, а його ширина – $b = 50$ мм. Ці параметри були враховані при створенні креслення удосконаленого котка для прикочування насіння зернових культур.

Висновки

1. Проведений аналіз літературних джерел, агротехнічних вимог та огляд існуючих конструкцій сівалок показав, що при вирощуванні зернових культур важливим є конструкція робочих органів які виконують безпосередньо як укладання насіння в борозну так і процес його загорання та створення сприятливих умов для його росту.

2. Підвищити врожайність зернових культур можна шляхом удосконалення робочих органів які відповідають за процес загорання насіння, шляхом аналізу існуючих конструкцій секції робочих органів зернових сівалок було встановлено, що найкращим рішенням буде її оснащення не тільки прикочуючим котком, а і загортачем.

3. З метою покращення роботи секції зернової сівалки Astra 6 New була проведена модернізація серійного прикочуючого котка та розроблена нова конструкція пружинного блока загортачів секції. Прикочуючий коток пропонується оснащувати шиною атмосферного тиску конічно-прямолінійного профілю з метою забезпечення ущільнення ґрунту з обох боків борозни і над самим рядком покращуючи умови на глибині залягання насіння. Пружинний блок в процесі роботи забезпечує покращення умов в верхніх шарах ґрунту і забезпечує як вирівнювання так і мульчування ґрунту.

4. Проведені теоретичні та конструкторські розрахунки по обґрунтуванню геометричних та силових параметрів розроблених робочих органів та показано їх вплив на процес виконання технологічного процесу загорання борозни.

5. Розроблені конструкції робочих органів загортальної системи сівалки Astra 6 New, дають можливість значно покращити процес загорання насіння, покращити роботу секції робочих органів, підвищивши її універсальність та збільшити врожайність зернових культур.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591с.
2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
3. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
4. 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.
5. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2002. 800 с.
6. Господаренко Г.М. Агрохімія: Підручник. К.: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. 376 с.
7. Технології вирощування зернових і технічних культур в умовах Лісостепу України /за ред П.Т. Саблука, Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. 2-е вид., доп. К.: ННЦ ІАЕ, 2008. 720 с.
8. Петров П.В., Посполітак Т.Є., Юркевич Є.О. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: навч. посіб. К.: Аграрна освіта, 2009. 268 с.
9. Животков Л.О., Бірюков С.В., Бабаянець Л.Т. та ін.. Озимі зернові культури. К.: Урожай, 1993. – 288 с.
10. Д.Ю. Артеменко, В.А. Онопа. Дослідження і обґрунтування конструкції пружинного загортача просапної сівалки. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

експлуатація сільськогосподарських машин / ЦНТУ, Вип. 52, 2022 – С. 12-24.

http://zbirniksgm.kntu.kr.ua/archive/52/52_Artemenko.html

11. Артеменко Д.Ю., Кислун О.А., Онопа В.А., Богатирьов Д.В. Дослідження конструкції дискового пружинного загортача просапної сівалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2024, вип. 54. ЦНТУ, Кропивницький – 2024. - С. 174-184.

https://zbirniksgm.kntu.kr.ua/archive/54/54_Artemenko.html

12. Elvorti. Astra-6-new. URL: <https://elvorti.com/catalog/seyalka/astra-6-new.html?lang=ua>

13. John Deere, зернова сівалка прямого посіву моделі 1590. URL: <https://www.deere.ua/uk/%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B2/>

14. Favorit. Сівалка зернова СЗФ-5400-V (варіаторна). URL: <https://favorit.ltd/products/sivalka-zernova-sz-szf-5400-v-variatorna-sivalka-variatorna>

15. Amazone. Seed drill D9 6000-TC "Combi". URL: https://amazone.co.uk/en-gb/products-digital-solutions/agricultural-technology/seeding/conventional-seed-drills/d9-6000-tc-trailed-seed-drill-99378?_gl=1*_glqaem*_ga*MTc2Mzk4MjAwOC4xNzE2NjE0MDcy*_ga_W7Z1C227BJ*MTcxNjYxNDEyOS4xLjEuMTcxNjYxNDI3MC42MC4wLjA

16. Bednar. Пневматична сівалка OMEGA OO_L. URL: https://www.bednar.com/uk/omega-oo_l/

17. Артеменко Д.Ю. Теоретичне дослідження процесу взаємодії конусного котка просапної сівалки з ґрунтом. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-теоретичний фаховий журнал / В. С. Шибанін (гол. ред.) та ін. – Миколаїв, 2012. Вип. 1 (65). – С. 171 – 177.

18. Артеменко Д.Ю., Настоящий В.А. Обґрунтування робочої поверхні конусного прикочуючого котка просапної сівалки. Scientific Journal «ScienceRise» №5/2(34)2017 – С. 18-22.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

19. Артеменко Д.Ю. Прикочувальні котки сівалок: конструкційні переваги, недоліки та перспективи розвитку. Пропозиція. Машини та обладнання: (257) 1/17, С. 54 - 58

20. Артеменко Д.Ю., Магопець О.С., Ауліна Т.М., Семенова Д.А. Результати експериментальних досліджень розподілу полів деформацій в ґрунті від дії прикочуючих котків бурякових сівалок. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ, 2007, випуск 37, 1 – С. 286 – 290.

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

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

23. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В.Т. Павлище. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.

24. Деталі машин : підручник / [А.В Міняйло, Л.М. Тіщенко, Д.І. Мазоренко та ін.] – К.: Агроосвіта, 2013. – 448с.

25. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2 вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

26. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Додатки

