

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“_____” _____ 2026 р.

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

«Механізація вирощування гречки з удосконаленням
сівалки УПС-8»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи АІ-23мб-1.2
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Хо́да Роман Володимирович
«_____» _____ 2026 р.

Керівник проекту
асистент, канд. техн. наук

«_____» _____ 2026 р.

Рецензент _____
доцент, канд. техн. наук

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет агротехнічний

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Хода Роман Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Механізація вирощування гречки з удосконаленням сівалки УПС-8

2. Керівник кваліфікаційної роботи (проекту) _____

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи підвищення ефективності механізованої технології вирощування гречки в умовах Кіровоградської області шляхом удосконалення пневматичного висівного апарата сівалки УПС-8.

Задачі:

провести аналіз сучасної технології вирощування гречки;

обґрунтувати склад та параметри машинно-тракторного агрегату;

розробити операційну технологію виконання сівби;

виконати аналіз конструкції сівалки УПС-8 та визначити її недоліки;

розробити удосконалений висівний апарат з урахуванням властивостей насіння гречки;

виконати інженерні розрахунки основних параметрів запропонованої конструкції.

5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта вирощування гречки – ф. А1.

2. Операційна карта на сівбу гречки – ф. А1. 3. Секція посівна – ф. А1. 4. Висівний апарат – ф. А1. 5. Деталювання – ф. А1.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	2	3
1	Складання технічного завдання на виконання роботи	до 10.04.2026 р.
2	Аналіз типової технології вирощування горох з визначенням шляхів її удосконалення	до 08.05.2026 р.
3	Підготовка та подання керівнику роботи: - операційної технології виконання заданої операції - інженерної частин - охорони праці - вступу та висновків	до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 25.05.2026 р.
4	Доопрацювання розділів з урахуванням зауважень	до 27.05.2026 р.
5	Подання робочого варіанту роботи керівнику	до 30.05.2026 р.
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	до 10.06.2026 р.
7	Перевірка роботи на плагіат	за 10 днів до захисту
8	Проходження нормо-контролю	за 8 робочих днів до захисту
9	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	за 6 робочих днів до захисту
10	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	за 4 робочі дні до захисту
11	Рецензування кваліфікаційної роботи	за 3 робочі дні до захисту
12	Підготовка документів, що подаються до ЕК	за 2 робочі дні до захисту
13	Подання кваліфікаційної роботи та документів до ЕК	за день до захисту
14	Захист кваліфікаційної роботи	за графіком кафедри

Дата видачі завдання

«___» _____ 2026 р.

Підпис керівника _____

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2026 р.

Підпис здобувача _____

_____ *Роман ХОДА*
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності механізованої технології вирощування гречки шляхом удосконалення пневматичного висівного апарата сівалки УПС-8. У роботі проаналізовано сучасний стан технології вирощування гречки в умовах Кіровоградської області, розглянуто біологічні особливості культури, систему удобрення, обробіток ґрунту, підготовку насіння, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю.

Обґрунтовано параметри технологічного процесу сівби, виконано розрахунок норми висіву, параметрів розміщення насіння, продуктивності машинно-тракторного агрегату та організації його роботи. Встановлено, що існуюча конструкція сівалки УПС-8 не забезпечує необхідної якості висіву дрібнонасінневих культур, зокрема гречки, що проявляється у нерівномірності висіву, появі двійників і пропусків.

Запропоновано удосконалення висівного апарата, спрямоване на стабілізацію подачі насіння та підвищення рівномірності висіву з урахуванням фізико-механічних властивостей насіння гречки. Виконано інженерні розрахунки основних параметрів удосконаленої конструкції.

висівний апарат, рівномірність висіву, дрібнонасінневі культури, пневматичний висів

ABSTRACT

The qualification work is devoted to improving the efficiency of the mechanized technology of buckwheat cultivation by upgrading the pneumatic seeding unit of the UPS-8 planter. The paper analyzes the current state of buckwheat cultivation technology under the conditions of the Kirovohrad region, and considers the biological characteristics of the crop, fertilization system, soil tillage, seed preparation, sowing, crop care, and harvesting.

The parameters of the sowing technological process are substantiated; calculations of the seeding rate, seed placement parameters, productivity of the machine-tractor unit, and organization of its operation are performed. It has been established that the existing design of the UPS-8 planter does not ensure the required sowing quality for small-seeded crops, in particular buckwheat, which results in uneven seed distribution, occurrence of doubles and skips.

An improvement of the seeding unit is proposed, aimed at stabilizing seed delivery and increasing sowing uniformity, taking into account the physical and mechanical properties of buckwheat seeds. Engineering calculations of the main parameters of the improved design have been carried out.

seeding unit, sowing uniformity, small-seeded crops, pneumatic seeding

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	5
2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГРЕЧКИ ..	7
2.1. Біологічні особливості гречки	7
2.2. Місце гречки в сівозміні	8
2.3. Система удобрення гречки	10
2.4. Обробіток ґрунту	11
2.5. Підготовка насіння до сівби і сівба	13
2.6. Догляд за посівами гречки	14
2.7. Збирання врожаю гречки	15
2.8. Висновки по розділу	17
3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ СІВБИ ГРЕЧКИ .	18
3.1. Обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату	18
3.2. Розрахунок норми висіву та параметрів розміщення насіння	20
3.3. Організація роботи агрегату і розрахунок змінної продуктивності	21
3.4. Підготовка сівалки до роботи і регулювання	23
3.5. Баланс часу зміни при виконанні сівби	24
3.6. Розрахунок витрат палива при виконанні сівби	26
3.7. Технологічна карта сівби гречки	27
3.8. Аналіз якості сівби та можливих втрат	29
3.9. Вплив швидкості руху агрегату на якість сівби	30
3.10. Обґрунтування вибору сівалки для сівби гречки	31
3.11. Висновки по розділу	32
4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	34
4.1. Аналіз конструкції висівного апарата сівалки УПС-8	34
4.2. Обґрунтування напрямку удосконалення висівного апарата	35
4.3. Розрахунок параметрів висівного диска	37
4.4. Розрахунок параметрів вакуумної системи висівного апарата	39
4.5. Розрахунок приводу висівного апарата	41
4.6. Конструктивна розробка удосконаленого висівного апарата	43
4.7. Техніко-економічна ефективність удосконалення апарата	45
4.8. Розрахунок висівного диска на міцність	47
4.9. Висновки по розділу	49
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
5.1. Аналіз умов праці при вирощуванні гречки	50
5.2. Вимоги безпеки при роботі на машинно-тракторному агрегаті	50
5.3. Заходи з покращення умов праці	51
5.4. Пожежна безпека	51
5.5. Висновки по розділу	52
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
Додатки	59

1. ВСТУП

Сільське господарство України є стратегічною галуззю національної економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку держави та формує вагомую частку її експортного потенціалу. В умовах сучасного розвитку агропромислового комплексу особливого значення набуває підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції на основі впровадження інноваційних технологій, ресурсозбереження та удосконалення технічних засобів механізації виробничих процесів.

Одним із важливих напрямів розвитку рослинництва є вирощування круп'яних культур, серед яких особливе місце займає гречка. Вона характеризується високою харчовою та біологічною цінністю, є цінним дієтичним продуктом і широко використовується у харчовій промисловості. Крім того, гречка є добрим попередником у сівозміні, сприяє покращенню фітосанітарного стану ґрунту та має відносно короткий вегетаційний період.

умовах Кіровоградської області, яка характеризується помірно континентальним кліматом, достатньою кількістю тепла та родючими ґрунтами, існують сприятливі передумови для вирощування гречки з урожайністю на рівні 20 ц/га і більше. Однак досягнення такого рівня можливе лише за умови дотримання агротехнічних вимог до виконання технологічних операцій, зокрема забезпечення високої якості сівби. Якість сівби визначається рядом показників: рівномірністю розміщення насіння по довжині рядка, точністю витримування норми висіву, стабільністю глибини загортання та мінімальним травмуванням насіння. Для гречки, як дрібнонасінневої культури з неоднорідними фізико-механічними властивостями, ці вимоги є особливо критичними.

Аналіз сучасних технічних засобів для сівби, зокрема просапної пневматичної сівалки УПС-8, показує, що її конструкція розрахована переважно

					МВГ 00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Хода				Механізація вирощування гречки з удосконаленням сівалки УПС-8		Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.							5	59	
Н. контр.									
Затв.					ЦНТУ, гр. АІ-23мб-1.2				

на висів насіння більш крупних культур (кукурудза, соняшник, соя) і не забезпечує необхідної точності при роботі з дрібнонасіннєвими культурами. Основними недоліками є нестабільність процесу захоплення насіння, поява двійників і пропусків, нерівномірність подачі насіння до висівного апарата та недостатня адаптація робочих органів до властивостей насіннєвого матеріалу.

Однією з основних причин зазначених недоліків є невідповідність параметрів висівного апарата (геометрії отворів висівного диска, рівня вакууму, умов подачі насіння) фізико-механічним властивостям насіння гречки. Це призводить до зниження рівномірності висіву, перевитрати насіння та, як наслідок, до зменшення економічної ефективності виробництва.

У зв'язку з цим актуальним є завдання удосконалення конструкції висівного апарата сівалки УПС-8 з метою підвищення точності висіву, стабілізації процесу подачі насіння та забезпечення адаптації машини до роботи з дрібнонасіннєвими культурами.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності механізованої технології вирощування гречки в умовах Кіровоградської області шляхом удосконалення пневматичного висівного апарата сівалки УПС-8.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз сучасної технології вирощування гречки;
- обґрунтувати склад та параметри машинно-тракторного агрегату;
- розробити операційну технологію виконання сівби;
- виконати аналіз конструкції сівалки УПС-8 та визначити її недоліки;
- розробити удосконалений висівний апарат з урахуванням властивостей насіння гречки;
- виконати інженерні розрахунки основних параметрів запропонованої конструкції.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні якості сівби гречки, зменшенні перевитрати насіння та покращенні показників ефективності використання сільськогосподарської техніки.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГРЕЧКИ

2.1. Біологічні особливості гречки.

Гречка (*Fagopyrum esculentum* Moench) є однорічною трав'янистою рослиною родини гречкових, яка характеризується високою харчовою цінністю та важливим агротехнічним значенням. Біологічні особливості культури значною мірою визначають вимоги до технології її вирощування, зокрема до процесу сівби та параметрів роботи посівних машин.

Гречка має добре розвинену стрижневу кореневу систему з великою кількістю бічних коренів, що забезпечує ефективне використання вологи та поживних речовин із ґрунту. Стебло прямостояче, розгалужене, висотою від 50 до 120 см залежно від умов вирощування.

Листки серцеподібні або трикутні, розміщені почергово. Квітки дрібні, білі або рожеві, зібрані в суцвіття. Плід – тригранний горішок, який має різну масу, форму та розміри, що є важливим фактором при механізованому висіві.

Насіння гречки характеризується: невеликою масою (маса 1000 насінин – 20...35 г), різною фракційністю, невисокою сипучістю, підвищеною крихкістю. Саме ці властивості обумовлюють складність забезпечення точного висіву і є основою для удосконалення висівного апарата.

Гречка є теплолюбною культурою. Насіння починає проростати при температурі ґрунту 6–8 °С, але оптимальна температура для проростання становить 12–15 °С. Оптимальна температура для росту і розвитку рослин: 18–25°С – у період вегетації. Понад 30°С – негативно впливає на запилення і зав'язування плодів. Культура є дуже чутливою до заморозків: сходи пошкоджуються при температурі –1...–2°С. Під час цвітіння навіть незначні зниження температури можуть зменшувати врожай. Це визначає необхідність дотримання оптимальних строків сівби.

Гречка належить до вологолюбних культур, особливо у фазах: сходів, бутонізації, цвітіння. Найбільша потреба у волозі спостерігається в період цвітіння і формування зерна. Нестача вологи в цей період призводить до

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

опадання квіток, зменшення кількості зав'язей, зниження врожайності. Разом з тим, гречка не переносить перезволоження ґрунту.

Найбільш придатними для вирощування гречки є чорноземи легкі та середні, суглинкові ґрунти, добре аеровані та структурні ґрунти. Культура може вирощуватись на відносно бідних ґрунтах, але погано реагує на ущільнення ґрунту, надмірну кислотність, застій води. Оптимальна реакція ґрунтового розчину – $\text{pH}=5,5\text{--}6,5$.

Сівба гречки має ряд специфічних вимог, які безпосередньо впливають на вибір і налаштування сівалки. Норма висіву залежить від способу сівби і становить – 2,0–3,5 млн схожих насінин/га або 60–100 кг/га.

Глибина загортання – 3–5 см (на легких ґрунтах – до 6 см). Ширина міжрядь: звичайний спосіб – 15 см, широкорядний – 45 см. Для сівалки УПС-8 (широкорядна) приймаємо міжряддя – 45 см.

Якість сівби гречки визначається такими показниками: рівномірність розподілу насіння по довжині рядка; відсутність двійників і пропусків; стабільність норми висіву; рівномірність глибини загортання; мінімальне травмування насіння. Допустимі відхилення: нерівномірність висіву – не більше $\pm 10\%$; відхилення глибини – не більше ± 1 см.

Біологічні особливості гречки, зокрема невелика маса насіння, його неоднорідність та підвищена крихкість, обумовлюють підвищені вимоги до точності роботи висівних апаратів. Стандартні висівні апарати сівалок, зокрема УПС-8, не забезпечують необхідної якості висіву для дрібнонасінневих культур, що проявляється у появі пропусків, двійників та нерівномірності розміщення насіння. Таким чином, виникає необхідність удосконалення висівного апарата з урахуванням фізико-механічних властивостей насіння гречки, що дозволить підвищити якість сівби та ефективність виробництва культури.

2.2. Місце гречки в сівозміні.

Раціональне розміщення сільськогосподарських культур у сівозміні є важливою умовою підвищення врожайності, ефективного використання ґрунтових ресурсів та забезпечення стабільності виробництва. Гречка займає

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

особливе місце у структурі посівних площ завдяки своїм біологічним особливостям і агротехнічним властивостям.

Гречка є культурою, яка добре пригнічує бур'яни завдяки швидкому росту на початкових етапах, покращує фітосанітарний стан поля, є добрим попередником для більшості зернових культур, сприяє розпушенню ґрунту завдяки розвиненій кореневій системі. Крім того, гречка ефективно використовує важкодоступні форми поживних речовин, що дозволяє вирощувати її після менш вимогливих культур.

Вибір попередника має суттєвий вплив на врожайність культури та ефективність механізованих процесів. Кращі попередники: озимі зернові (пшениця, жито), зернобобові культури (горох, соя), просапні культури (кукурудза, картопля, цукрові буряки), багаторічні трави. Ці культури забезпечують чисте від бур'янів поле, добру структуру ґрунту, достатній запас поживних речовин.

Небажані попередники – культури, які сильно виснажують ґрунт, пізньозбирані культури (можуть порушити строки підготовки ґрунту), повторні посіви гречки (через накопичення хвороб і шкідників).

Особливості розміщення в сівозміні. Гречка зазвичай розміщується після озимих культур як післяжнивна культура, у польових сівозмінах як страхова культура, на полях із середнім рівнем родючості.

Рекомендований період повернення культури на те саме поле – не раніше ніж через 3–4 роки. Правильний вибір попередника суттєво впливає на технологію обробітку ґрунту, вибір машинно-тракторних агрегатів, якість підготовки посівного ложа, ефективність сівби.

Після озимої пшениці ґрунт має кращу структуру, зменшується тяговий опір агрегату. Після просапних культур може бути підвищена грудкуватість ускладнюється забезпечення рівномірної глибини загортання насіння. Це безпосередньо впливає на роботу сівалки УПС-8 і якість висіву.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Для умов Кіровоградської області доцільно використовувати польову сівозміну з таким чергуванням культур: озима пшениця – кукурудза на зерно – соняшник – ячмінь ярий.

У даному випадку гречка розміщується після ячменю ярого, що забезпечує раннє звільнення поля, можливість якісної підготовки ґрунту, оптимальні строки сівби.

Гречка є цінною культурою у сівозміні, яка сприяє покращенню агрофізичних властивостей ґрунту та фітосанітарного стану посівів. Вона добре реагує на розміщення після зернових і зернобобових культур, що забезпечують чисте поле і сприятливі умови для росту. Раціональний вибір попередника створює передумови для якісного виконання технологічних операцій, зокрема сівби, що є особливо важливим для дрібнонасінневих культур. Це підвищує вимоги до роботи висівних апаратів і обґрунтовує необхідність їх удосконалення.

2.3. Система удобрення гречки.

Система удобрення є важливою складовою технології вирощування гречки, оскільки забезпечує формування запланованого рівня врожайності та ефективне використання ґрунтових ресурсів. Для умов Кіровоградської області при запланованій урожайності 20 ц/га необхідно обґрунтувати раціональні норми внесення мінеральних і органічних добрив з урахуванням біологічних особливостей культури.

Особливості живлення гречки. Гречка характеризується добре розвиненою кореневою системою, здатністю засвоювати важкодоступні сполуки фосфору, відносно невисокою потребою в азоті.

Разом з тим культура дуже чутлива до нестачі фосфору (погіршується розвиток кореневої системи), нестачі калію (знижується стійкість до посухи), надлишку азоту (інтенсивний ріст вегетативної маси, зниження врожайності).

На формування 1 т зерна і відповідної кількості побічної продукції гречка виносить: азот (N) – 3 ...35 кг, фосфор (P_2O_5) – 15...20 кг, калій (K_2O) – 40...50 кг

Для врожайності 2,0 т/га (20 ц/га) необхідно: $N \approx 60\text{--}70$ кг/га, $P_2O_5 \approx 30\text{--}40$ кг/га, $K_2O \approx 80\text{--}100$ кг/га.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Система внесення добрив. Основне внесення під основний обробіток ґрунту вносять: фосфорні добрива – 30–45 кг/га (P_2O_5), калійні добрива – 40–60 кг/га (K_2O). Це забезпечує розвиток кореневої системи, стійкість рослин до посухи. Передпосівне внесення виконується під передпосівну культивуацію: азотні добрива – 20–30 кг/га (N). Забезпечує дружні сходи, початковий ріст рослин.

Під час сівби можливе локальне внесення: N10–15P10–15. Переваги: підвищення польової схожості, інтенсифікація початкового росту.

Органічні добрива безпосередньо під гречку вносять рідко, оскільки вони стимулюють ріст бур'янів, можуть затримувати дозрівання. Рекомендується вносити органічні добрива під попередник.

Система удобрення впливає на щільність ґрунту, якість передпосівної підготовки, роботу сівалки, рівномірність загортання насіння. При надлишку добрив можливе ущільнення ґрунту, погіршується якість сівби. При оптимальному удобренні формується вирівняне посівне ложе, підвищується ефективність роботи висівного апарата.

Раціональна система удобрення є важливою умовою отримання запланованої врожайності гречки на рівні 20 ц/га. Вона повинна базуватись на збалансованому внесенні азоту, фосфору та калію з урахуванням біологічних особливостей культури. Збалансоване живлення сприяє формуванню оптимальних умов для росту рослин, покращує структуру ґрунту та забезпечує якісне виконання технологічних операцій, зокрема сівби.

2.4. Обробіток ґрунту.

Система обробітку ґрунту є важливою складовою технології вирощування гречки, оскільки вона визначає умови для проростання насіння, розвитку кореневої системи та формування врожаю. Основним завданням обробітку є створення оптимального посівного ложа, знищення бур'янів, накопичення та збереження вологи, а також забезпечення сприятливих фізичних властивостей ґрунту. В умовах Кіровоградської області, де переважають чорноземи, система

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

обробітку повинна забезпечувати мінімальне ущільнення ґрунту, збереження вологи та формування дрібногрудкуватої структури орного шару.

Основний обробіток проводиться після збирання попередника (ячменю ярого) і має на меті заробку пожнивних решток, знищення бур'янів, накопичення вологи, покращення структури ґрунту.

Рекомендований спосіб – оранка на глибину 20–22 см. Машинно-тракторний агрегат: трактор – ПТЗ-80-40, плуг – ПЛН-3-35. Переваги: ефективне загортання решток, знищення багаторічних бур'янів, створення пухкого орного шару.

Передпосівний обробіток спрямований на створення якісного посівного ложа та забезпечення рівномірної глибини загортання насіння. Основна операція – ранньовесняне боронування з метою закриття вологи і вирівнювання поверхні поля. Агрегат: трактор - ПТЗ-80-40, борона: БЗСС-1,0.

Культивація проводиться безпосередньо перед сівбою на глибину 4–6 см. Агрегат: трактор - ПТЗ-80-40, культиватор – КПС-4. Забезпечує розпушення ґрунту, знищення бур'янів, формування посівного ложа.

Передпосівне вирівнювання і прикочування. Агрегат трактор - ПТЗ-80-40, котки кільчасто-шпорові ЗККШ-6. Забезпечує ущільнення нижнього шару, покращення контакту насіння з ґрунтом, рівномірність глибини загортання.

Для забезпечення якісної сівби гречки необхідно дотримуватись наступних вимог: вирівняність поверхні поля, відсутність великих грудок (не більше 3–5 см), дрібногрудкувата структура ґрунту, щільність ґрунту в зоні висіву – оптимальна, відсутність рослинних решток у посівному шарі.

Порушення цих вимог призводить до нерівномірної глибини загортання, зниження польової схожості, нестабільної роботи висівного апарата.

Якість підготовки ґрунту безпосередньо впливає на стабільність руху сівалки, роботу сошників, рівномірність висіву, точність дозування насіння.

Основні залежності: при нерівному полі виникають коливання глибини загортання, при грудкуватому ґрунті – порушується контакт насіння з ґрунтом, при ущільненому ґрунті – збільшується тяговий опір агрегату, при надто пухкому

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

ґрунті – насіння загортається нерівномірно. Це особливо критично для гречки, як дрібнонасіннєвої культури.

Раціональна система обробітку ґрунту повинна забезпечувати створення оптимального посівного ложа, збереження вологи та формування сприятливих умов для проростання насіння гречки. Якісна передпосівна підготовка ґрунту є необхідною умовою ефективної роботи сівалки УПС-8 та забезпечення рівномірного висіву насіння. Недостатня якість обробітку призводить до погіршення роботи висівного апарата, що обґрунтовує необхідність його удосконалення з метою компенсації негативного впливу змінних польових умов.

2.5 Підготовка насіння до сівби і сівба

Якість насіння та правильність виконання операції сівби є визначальними факторами формування врожайності гречки. Для отримання запланованої врожайності на рівні 20 ц/га необхідно забезпечити високі посівні якості насіння та дотримання агротехнічних вимог до сівби.

Підготовка насіння спрямована на підвищення його посівних якостей, забезпечення дружних сходів та захист від хвороб.

Основні операції:

- очищення та сортування – насіння очищають від домішок, пошкодженого зерна, дрібних фракцій. Це забезпечує вирівняність насіннєвого матеріалу та стабільність роботи висівного апарата;
- калібрування насіння – насіння поділяють на фракції за розмірами. Рівномірний розмір насіння забезпечує стабільний висів, зменшення двійників і пропусків;
- протруювання проводиться для захисту від хвороб. Використовують фунгіцидні препарати. Забезпечує підвищення польової схожості, захист на початкових фазах розвитку.

Сівба є однією з найбільш відповідальних технологічних операцій, від якої залежить густота стояння рослин та рівномірність їх розвитку. Сівбу проводять при температурі ґрунту 10–12 °С; стійкому прогріванні верхнього шару ґрунту.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Для Кіровоградської області: кінець квітня – початок травня. Спосіб сівби – широкорядний, ширина міжрядь – 45 см, норма висіву 60–100 кг/га або 2,0–3,0 млн насінин/га. Глибина загортання – 3–5 см – на середніх ґрунтах, до 6 см – на легких ґрунтах. Відхилення не більше ± 1 см. Машинно-тракторний агрегат для сівби: трактор - ПТЗ-80-40, сівалка: УПС-8.

Якість сівби оцінюється за такими показниками: рівномірність розміщення насіння, відсутність двійників, відсутність пропусків, стабільність глибини загортання, рівномірність норми висіву.

При використанні стандартної сівалки УПС-8 виникають такі проблеми: нестабільне захоплення насіння, поява двійників, пропуски, нерівномірна подача насіння, травмування насіння.

Причини: невідповідність параметрів висівного апарата, різна фракція насіння, нестабільний вакуум, відсутність стабілізації подачі.

Якість підготовки насіння та дотримання параметрів сівби є визначальними факторами формування врожайності гречки. Особливості насіння культури висувають підвищені вимоги до точності роботи висівних апаратів. Стандартні конструкції пневматичних висівних апаратів не забезпечують необхідної якості висіву дрібнонасінневих культур, що призводить до зниження ефективності виробництва. У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення висівного апарата сівалки УПС-8 шляхом адаптації його параметрів до фізико-механічних властивостей насіння гречки.

2.6. Догляд за посівами гречки

Догляд за посівами гречки є важливою складовою технології вирощування, оскільки забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин, зменшує вплив бур'янів, шкідників і хвороб, а також сприяє формуванню запланованої врожайності.

В умовах Кіровоградської області система догляду повинна бути спрямована на збереження вологи, боротьбу з бур'янами та забезпечення сприятливого повітряного і поживного режиму ґрунту.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Основні заходи догляду. Боронування посівів проводиться до появи сходів або у фазі їх початкового розвитку. Мета – руйнування ґрунтової кірки, знищення ниткоподібних бур'янів, покращення аерації ґрунту. Агрегат: трактор ПМЗ-80-40 й легкі борони. Виконання цього заходу дозволяє підвищити польову схожість і забезпечити більш рівномірні сходи. Міжрядний обробіток застосовується при широкорядному способі сівби (45 см). Кількість обробітків – 1–2 рази за вегетацію, глибина: перший обробіток – 4–6 см, другий – 6–8 см. Мета – знищення бур'янів, розпушення ґрунту, збереження вологи. Агрегат: трактор ПМЗ-80-40 і культиватор просапний

Для хімічного захисту рослин за необхідності застосовують: гербіциди – для боротьби з бур'янами, фунгіциди – проти хвороб, інсектициди – проти шкідників. Обробка проводиться з урахуванням фази розвитку рослин та ступеня забур'яненості поля.

Гречка є ентомофільною культурою, тобто запилюється комахами. Для підвищення врожайності рекомендується: розміщення пасік поблизу полів, забезпечення доступу бджіл до посівів. Це сприяє кращому запиленню, збільшенню кількості зав'язей, підвищенню врожайності.

Якість догляду за посівами впливає на рівномірність розвитку рослин, густоту стояння, ефективність використання техніки, рівень втрат при збиранні.

Особливо важливим є забезпечення рівномірних сходів, що безпосередньо залежить від якості сівби. Недоліки в роботі висівного апарата (пропуски, двійники) не можуть бути компенсовані подальшими агротехнічними заходами.

2.7. Збирання врожаю гречки.

Збирання врожаю є завершальним етапом технології вирощування гречки і має вирішальне значення для збереження кількості та якості продукції. Особливістю культури є нерівномірне дозрівання зерна, що ускладнює вибір оптимальних строків і способів збирання. Гречка характеризується тривалим періодом цвітіння, одночасною наявністю на рослині квіток, зелених і стиглих

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

плодів, нерівномірним дозріванням насіння. Це призводить до підвищених втрат при запізненні зі збиранням, осипання зерна, зниження якості продукції.

Оптимальний строк збирання настає, коли 70–80 % плодів набули коричневого забарвлення, вологість зерна становить 16–18 %. Передчасне збирання призводить до недобору врожаю, а запізнення – до значних втрат через осипання.

Застосовують два основні способи збирання. Роздільне збирання (основний спосіб), включає дві операції: скошування рослин у валки, обмолот після підсушування. Переваги – зменшення втрат від осипання, вирівнювання вологості зерна, підвищення якості продукції. Недоліки – більша тривалість процесу, залежність від погодних умов.

Пряме комбайнування застосовується при вирівняному дозріванні та сприятливих погодних умовах. Переваги – менша кількість операцій, скорочення витрат часу. Недоліки – підвищені втрати при нерівномірному досяганні, можливе підвищення вологості зерна.

Основними показниками якості є мінімальні втрати зерна, низький рівень травмування, чистота зернової маси, відповідність вологості нормативам. Допустимі втрати не більше 3–5 %.

Якість збирання впливає на фактичну врожайність, собівартість продукції, збереження посівних якостей зерна. Несвоєчасне або неякісне збирання може звести нанівець результати попередніх технологічних операцій.

Збирання врожаю гречки є складним технологічним процесом через нерівномірність досягання культури. Найбільш ефективним способом є роздільне збирання, яке забезпечує зниження втрат та підвищення якості продукції.

Раціональна організація збирання дозволяє максимально реалізувати потенціал урожайності, сформований на попередніх етапах технології, зокрема під час сівби. Це ще раз підтверджує важливість забезпечення високої якості висіву та необхідність удосконалення висівного апарата сівалки.

2.8. Висновки по розділу.

Аналіз технології вирощування гречки показав, що всі її елементи – від сівозміни до догляду за посівами – взаємопов'язані і спрямовані на формування оптимальних умов для росту рослин та отримання запланованої врожайності на рівні 20 ц/га.

Однією з найбільш відповідальних операцій є сівба, оскільки саме на цьому етапі формується густина стояння рослин та рівномірність їх розміщення. Біологічні особливості гречки, зокрема мала маса насіння, його неоднорідність і підвищена крихкість, обумовлюють підвищені вимоги до точності висіву.

Існуючі технічні засоби, зокрема сівалка УПС-8, не повною мірою відповідають цим вимогам, що призводить до зниження якості сівби і ефективності виробництва.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення висівного апарата сівалки з метою підвищення рівномірності висіву, зменшення перевитрати насіння та забезпечення оптимальних умов для формування врожаю.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ СІВБИ ГРЕЧКИ

3.1. Обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату.

Операційна технологія сівби гречки визначає порядок виконання робіт, параметри технологічного процесу, склад машинно-тракторного агрегату та режими його роботи. Від правильного вибору цих параметрів залежить якість сівби, продуктивність агрегату та ефективність використання техніки.

Обґрунтування способу сівби. Для умов Кіровоградської області та при використанні сівалки УПС-8 доцільно застосовувати широкорядний спосіб сівби.

Широкорядна сівба характеризується міжряддям 45 см і має такі переваги: покращення умов живлення рослин, можливість міжрядного обробітку, зменшення конкуренції між рослинами, підвищення ефективності використання вологи. Крім того, даний спосіб найбільш повно відповідає конструктивним особливостям сівалки УПС-8.

Для забезпечення запланованої врожайності 20 ц/га приймаємо наступні параметри: ширина міжрядь – 45 см, норма висіву – 70 кг/га, глибина загортання – 4–5 см, швидкість руху агрегату – 6–8 км/год. Обрана швидкість забезпечує стабільну роботу висівного апарата, мінімальні втрати точності висіву, достатню продуктивність агрегату.

Обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату. Для виконання сівби використовується машинно-тракторний агрегат у складі: трактор ПМЗ-80-40 та сівалка УПС-8. Трактор ПМЗ-80-40 відноситься до тягового класу 1,4 і має достатню потужність для роботи з восьмирядною сівалкою.

Основні технічні характеристики агрегату: сівалка УПС-8, кількість рядків – 8, ширина міжрядь – 45 см, ширина захвату – 3,6 м. Трактор ПМЗ-80-40: номінальна потужність – достатня для агрегування, робоча швидкість – до 8 км/год.

Ширина захвату визначається

$$B = b \cdot n, \quad (3.1)$$

де B – ширина захвату, м;

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

b – ширина міжряддя, м;

n – кількість рядків.

$$B = 0,45 \cdot 8 = 3,6 \text{ м.}$$

Розрахунок продуктивності агрегату. Теоретична продуктивність визначається за формулою

$$W = \frac{B \cdot V}{10}, \quad (3.2)$$

де W – продуктивність, га/год;

B – ширина захвату, м;

V – швидкість руху, км/год.

$$W = \frac{3,6 \cdot 7}{10} = 2,52 \text{ га/год.}$$

Вплив параметрів роботи агрегату на якість сівби. Швидкість руху та режими роботи агрегату суттєво впливають на якість висіву: при збільшенні швидкості зростає нерівномірність висіву, при зниженні швидкості зменшується продуктивність, оптимальна швидкість забезпечує баланс між якістю та продуктивністю.

Особливо важливим є забезпечення стабільної роботи висівного апарата, що залежить від рівномірності подачі насіння та точності дозування. Обґрунтовано застосування широкорядного способу сівби гречки з міжряддям 45 см. Для виконання операції використовується машинно-тракторний агрегат у складі трактора ПМЗ-80-40 та сівалки УПС-8. Розрахунки показали, що агрегат забезпечує продуктивність 2,52 га/год при швидкості 7 км/год. Вибрані параметри відповідають агротехнічним вимогам та забезпечують необхідну якість сівби. Разом з тим, ефективність роботи агрегату значною мірою залежить від якості роботи висівного апарата, що обґрунтовує необхідність його удосконалення.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3.2. Розрахунок норми висіву та параметрів розміщення насіння.

Норма висіву є одним із основних технологічних параметрів, що визначає густоту стояння рослин і, відповідно, рівень урожайності. Для забезпечення запланованої врожайності гречки на рівні 20 ц/га необхідно обґрунтувати оптимальну кількість рослин на одиниці площі.

Для ширококоровидної сівби приймаємо: кількість рослин – 2,5 млн шт./га. З урахуванням польової схожості (80 %) і можливих втрат:

$$N_{\phi} = \frac{2,5}{0,8} = 3,125 \text{ млн насінин/га.}$$

Приймаємо 3,1 млн насінин/га.

Розрахунок норми висіву в кг/га. Приймаємо: маса 1000 насінин – 25 г.
Тоді норма висіву

$$Q = \frac{3,1 \cdot 25}{1000} = 77,5 \text{ кг/га.}$$

Приймаємо 75–80 кг/га.

Розрахунок кількості насіння на 1 м²

$$n = \frac{3,1 \cdot 10^6}{10000} = 310 \text{ насінин/м}^2.$$

Розрахунок кількості насіння на погонний метр рядка. При міжрядді 45 см

$$n_m = 310 \cdot 0,45 = 139,5 \approx 140 \text{ насінин/м.}$$

Розрахунок кроку висіву. Крок висіву визначається як відстань між насінинами в рядку

$$l = \frac{100}{140} = 0,71 \text{ см.}$$

$$l \approx 7 \text{ мм.}$$

Отриманий крок висіву (близько 7 мм) свідчить про те, що висів є практично суцільним у рядку, точний поштучний висів не є обов'язковим, головною вимогою є рівномірність подачі насіння. Це є важливим висновком для подальшого проектування висівного апарата.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

В результаті розрахунків встановлено: норма висіву – 75–80 кг/га, кількість насінин – 3,1 млн шт./га, кількість насіння на погонний метр – 140 шт., крок висіву – близько 7 мм. Отримані параметри свідчать, що при сівбі гречки основною вимогою є забезпечення рівномірного розподілу насіння, а не поштучного висіву. Це підтверджує необхідність удосконалення висівного апарата з метою стабілізації подачі насіння та зменшення нерівномірності висіву.

3.3. Організація роботи агрегату і розрахунок змінної продуктивності.

Рациональна організація роботи машинно-тракторного агрегату забезпечує ефективне використання техніки, скорочення строків виконання робіт та зниження витрат. Для виконання сівби гречки на площі 100 га необхідно визначити продуктивність агрегату, тривалість робіт та кількість змін.

Визначення експлуатаційної продуктивності агрегату. Експлуатаційна продуктивність враховує втрати часу на повороти, заправку, регулювання та інші допоміжні операції.

Експлуатаційну продуктивність визначаємо за формулою

$$W_e = W_t \cdot K_b, \quad (3.4)$$

де W_e – експлуатаційна продуктивність, га/год;

W_t – теоретична продуктивність, га/год;

K_b – коефіцієнт використання часу.

Приймаємо: $W_t = 2,52$ га/год, $K_b = 0,75$. Тоді

$$W_e = 2,52 \cdot 0,75 = 1,89 \text{ га/год.}$$

Визначення змінної продуктивності. Змінна продуктивність визначається як

$$W_{zm} = W_e \cdot T, \quad (3.5)$$

де T – тривалість зміни, год.

Приймаємо: $T = 8$ год, тоді

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$W_{\text{зм}} = 1,89 \cdot 8 = 15,12 \text{ га/зміну.}$$

Визначення кількості змін. Загальна площа – 100 га, кількість змін

$$n = \frac{100}{15,12} = 6,6.$$

Приймаємо – 7 змін.

Визначення тривалості робіт. При однозмінній роботі – 7 днів, при двозмінній роботі

$$\frac{7}{2} = 3,5 \approx 4 \text{ дні.}$$

Розрахунок витрат часу на допоміжні операції. До допоміжних операцій належать: заправка насінням, регулювання сівалки, розвороти на загінках, технічне обслуговування. Орієнтовно вони складають 20–25 % від загального часу роботи. Це враховано в коефіцієнті використання часу.

Розрахунок потреби в насінні. Норма висіву – 80 кг/га. Для площі 100 га

$$Q = 80 \cdot 100 = 8000 \text{ кг,}$$

або 8 т насіння.

Розрахунок кількості заправок. При місткості бункера сівалки (орієнтовно) – 200 кг, кількість заправок

$$n = \frac{8000}{200} = 40.$$

Організація руху агрегату. Для підвищення ефективності роботи застосовують гоновий спосіб руху, мінімізацію холостих проходів, оптимальну ширину загінки. Рекомендована ширина загінки – 40–60 м

Вплив організації роботи на якість сівби. Неправильна організація може призвести до перекриттів і пропусків, нерівномірного висіву, перевитрати насіння. Особливо це актуально для сівалки УПС-8, яка не має автоматичних систем контролю перекриття.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

В результаті розрахунків встановлено, що агрегат у складі трактора ПМЗ-80-40 та сівалки УПС-8 забезпечує експлуатаційну продуктивність 1,89 га/год та змінну продуктивність 15,12 га. Для виконання сівби на площі 100 га необхідно 7 змін або 4 дні при двозмінній роботі. Раціональна організація роботи агрегату дозволяє забезпечити своєчасне виконання сівби, що є важливою умовою отримання високої врожайності.

3.4. Підготовка сівалки до роботи і регулювання.

Правильна підготовка сівалки до роботи є необхідною умовою забезпечення високої якості сівби, стабільності технологічного процесу та ефективного використання машинно-тракторного агрегату. Особливо це актуально при висіві гречки, насіння якої має невеликі розміри та неоднорідність.

Підготовка сівалки УПС-8 включає комплекс операцій технічного обслуговування, налаштування робочих органів і перевірки функціонування висівної системи.

Технічний огляд сівалки. Перед початком роботи необхідно виконати: перевірку технічного стану рами і ходової частини, огляд висівних апаратів, перевірку вакуумної системи, контроль стану сошників, перевірку приводу висівних апаратів.

Особливу увагу приділяють: герметичності пневматичної системи, зносу висівних дисків, стану ущільнювачів.

Налаштування норми висіву. Норма висіву регулюється: зміною передаточного числа приводу висівного апарата, підбором висівного диска, регулюванням частоти обертання. Перед виїздом у поле проводять контрольний висів на місці з перевіркою фактичної норми.

Регулювання глибини загортання. Глибина загортання встановлюється: положенням опорних коліс, налаштуванням сошників. Для гречки глибина загортання приймається 4–5 см, відхилення не повинні перевищувати ± 1 см.

Регулювання тиску сошників на ґрунт здійснюється шляхом зміни зусилля пружин, положення важелів.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Недостатній тиск призводить до нерівномірної глибини. Надмірний тиск до ущільнення ґрунту, погіршення умов проростання.

Регулювання вакуумної системи. Вакуум є одним із ключових параметрів роботи пневматичного висівного апарата. Регулюється зміною частоти обертання вентилятора, положенням заслінок. Нестабільний вакуум призводить до двійників, пропусків, нерівномірного висіву.

Перевірка роботи висівного апарата. Перед початком роботи проводиться: пробний висів, контроль рівномірності подачі насіння, перевірка відсутності забивання.

Оцінюється рівномірність висіву, стабільність роботи, відсутність пошкодження насіння.

Типові недоліки сівалки УПС-8 при висіві гречки. У процесі експлуатації виявляються такі недоліки: нестабільне захоплення дрібного насіння, поява двійників, пропуски, нерівномірна подача насіння до висівного диска, залежність якості висіву від рівня вакууму, недостатня адаптація до різних фракцій насіння. Ці недоліки обумовлені конструктивними особливостями стандартного висівного апарата.

Якісна підготовка та правильне регулювання сівалки УПС-8 забезпечують виконання технологічного процесу сівби відповідно до агротехнічних вимог. Разом з тим, навіть при оптимальному налаштуванні сівалка не забезпечує достатньої рівномірності висіву дрібнонасінневих культур, що пов'язано з конструктивними недоліками висівного апарата. Це обґрунтовує необхідність його удосконалення, що буде розглянуто в наступному розділі.

3.5. Баланс часу зміни при виконанні сівби.

Раціональне використання робочого часу є важливим фактором підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату. Для цього складається баланс часу зміни, який дозволяє визначити структуру витрат часу та виявити резерви підвищення продуктивності.

Структура часу зміни. Загальний час зміни складається з основного часу, допоміжного часу, часу обслуговування, втрат часу.

Розрахунок основного часу. Основний час – це час, протягом якого агрегат безпосередньо виконує технологічну операцію.

$$T_o = T \cdot K_v, \quad (3.6)$$

де T – тривалість зміни, год;

K_v – коефіцієнт використання часу.

$$T_o = 8 \cdot 0,75 = 6 \text{ год.}$$

Допоміжний час включає – розвороти, заправку насінням, регулювання.
Приймаємо – 15 % від зміни

$$T_d = 8 \cdot 0,15 = 1,2 \text{ год.}$$

Час обслуговування включає: технічне обслуговування, огляд агрегату.
Приймаємо – 5 %.

$$T_{обс} = 8 \cdot 0,05 = 0,4 \text{ год.}$$

Втрати часу. До втрат належать: простої, організаційні затримки.
Приймаємо – 5 %

$$T_{вт} = 8 \cdot 0,05 = 0,4 \text{ год.}$$

Перевірка балансу часу

$$T = 6 + 1,2 + 0,4 + 0,4 = 8 \text{ год.}$$

Баланс складено правильно.

Аналіз балансу часу. Основний час становить 75 % зміни, що відповідає нормативним значенням. Резерви підвищення продуктивності: зменшення часу на заправку, оптимізація розворотів, підвищення організації робіт. Складений баланс часу показує, що найбільшу частку займає основний час роботи агрегату. Разом з тим, значну частину займають допоміжні операції, скорочення яких дозволить підвищити ефективність використання техніки.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

3.6. Розрахунок витрат палива при виконанні сівби.

Витрати палива є важливим показником ефективності роботи машинно-тракторного агрегату і безпосередньо впливають на собівартість виконання технологічної операції. Для їх визначення необхідно врахувати потужність двигуна трактора, ступінь його завантаження та тривалість роботи.

Вихідні дані для розрахунку

Приймаємо:

трактор ПМЗ-80-40

номінальна потужність двигуна – 80 к.с. (≈ 59 кВт)

питома витрата палива – 220 г/кВт·год

коефіцієнт використання потужності – 0,75

Розрахунок годинної витрати палива

Годинна витрата визначається за формулою

$$G = \frac{N \cdot q \cdot \eta}{1000}, \quad (3.7)$$

де G – витрата палива, кг/год;

N – потужність, кВт;

q – питома витрата, г/кВт·год;

η – коефіцієнт використання потужності.

$$G = \frac{59 \cdot 220 \cdot 0,75}{1000} = 9,735 \text{ кг/год.}$$

Переведення у літри. Приймаємо густину дизельного палива $\rho = 0,85$ кг/л

$$G_{\text{л}} = \frac{9,735}{0,85} = 11,45 \text{ л/год.}$$

Витрата палива на 1 гектар

$$g = \frac{G_{\text{л}}}{W_{\text{е}}}, \quad (3.8)$$

де $W_{\text{е}} = 1,89$ га/год

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$g = \frac{11,45}{1,89} = 6,06 \text{ л/га.}$$

Витрати палива на всю площу

Площа – 100 га.

$$G_{\text{заг}} = 6,06 \cdot 100 = 606 \text{ л.}$$

Отримані витрати палива знаходяться в межах нормативних значень для агрегатів даного класу. На витрати палива впливають: швидкість руху, стан ґрунту, рівень завантаження трактора, технічний стан агрегату.

Зменшення витрат можливе за рахунок оптимізації режимів роботи, зниження буксування, правильної організації руху.

В результаті розрахунків встановлено, що витрата палива становить 11,45 л/год або 6,06 л/га. Для виконання сівби на площі 100 га необхідно близько 606 л палива. Отримані значення підтверджують ефективність використання агрегату та можуть бути використані для подальших економічних розрахунків.

3.7. Технологічна карта сівби гречки.

Технологічна карта є узагальнюючим документом, який відображає послідовність виконання технологічних операцій, склад агрегатів, агротехнічні вимоги та техніко-економічні показники. Вона дозволяє систематизувати процес сівби та забезпечити його раціональну організацію.

Для умов господарства (площа 100 га, Кіровоградська область) розробляється технологічна карта виконання сівби гречки.

Основні параметри технологічного процесу: площа – 100 га, спосіб сівби – широкорядний, ширина міжрядь – 45 см, норма висіву – 80 кг/га, глибина загортання – 4–5 см, агрегат – ПМЗ-80-40 + УПС-8, швидкість руху – 7 км/год.

Аналіз технологічної карти (табл. 3.1). Згідно з розрахунками найбільш трудомісткою операцією є сівба – 52,9 год, найменші витрати часу має прикочування, загальна тривалість комплексу робіт

$$T_{\text{заг}} = 31,25 + 20,8 + 52,9 = 104,95 \text{ год.}$$

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Технологічна карта сівби

№ п/п	Операція	Агрегат	Ширина захвату, м	Швидкість, км/год	Продуктивність, га/год	Обсяг робіт, га	Тривалість, год
1	Передпосівна культивуація	ПМЗ-80-40 + КПС-4	4,0	8	3,2	100	31,25
2	Прикочування	ПМЗ-80-40 + ЗККШ-6	6,0	8	4,8	100	20,8
3	Сівба	ПМЗ-80-40 + УПС-8	3,6	7	1,89	100	52,9

Визначення кількості змін. При тривалості зміни 8 год

$$n = \frac{104,95}{8} = 13,1 \approx 14 \text{ змін.}$$

Оптимізація виконання робіт. Для скорочення строків виконання рекомендується паралельне виконання операцій, використання декількох агрегатів, організація двозмінної роботи.

При двозмінній роботі

$$\frac{14}{2} = 7 \text{ днів.}$$

Вплив технологічної карти на ефективність виробництва. Розробка технологічної карти дозволяє оптимізувати використання техніки, зменшити простої, забезпечити дотримання агротехнічних строків, підвищити якість виконання операцій. Особливо важливою є організація процесу сівби, оскільки саме ця операція визначає рівномірність розміщення рослин і формування врожаю.

Розроблена технологічна карта сівби гречки дозволяє визначити послідовність виконання операцій, склад агрегатів та їх продуктивність. Загальна трудомісткість виконання робіт становить 104,95 год або 14 змін. Найбільш

відповідальною і трудомісткою операцією є сівба, що підтверджує необхідність підвищення її якості за рахунок удосконалення висівного апарата.

3.8. Аналіз якості сівби та можливих втрат.

Якість сівби є одним із визначальних факторів формування врожайності гречки. Недотримання агротехнічних вимог призводить до нерівномірних сходів, зниження густоти стояння рослин та втрат урожаю. Тому необхідно проаналізувати показники якості сівби, можливі відхилення та їх вплив на ефективність виробництва.

Основні показники якості сівби. Якість сівби оцінюється за такими показниками рівномірність розміщення насіння по довжині рядка, відсутність пропусків, відсутність двійників, стабільність норми висіву, рівномірність глибини загортання, ступінь пошкодження насіння.

Для гречки ці показники мають особливе значення через дрібний розмір і неоднорідність насіння.

Аналіз рівномірності висіву. Згідно з розрахунками (підрозділ 3.2), кількість насіння становить – 140 насінин на 1 м рядка. При цьому крок висіву становить приблизно 7 мм, що означає практично суцільний висів.

У таких умовах головною вимогою є рівномірність подачі насіння, відсутність зон з підвищеною або зниженою густиною.

Нерівномірність висіву може досягати 15–25 % при використанні стандартних висівних апаратів.

Втрати від пропусків. Пропуски призводять до зменшення густоти стояння рослин. Якщо прийняти нерівномірність – 20 %, то фактична кількість рослин

$$N = 3,1 \cdot (1 - 0,2) = 2,48 \text{ млн/га.}$$

Це призводить до зниження врожайності на 10–15 %.

Втрати від двійників. Двійники призводять до конкуренції між рослинами, нерівномірного розвитку, зменшення маси зерна. Втрати врожаю можуть становити – 5–10 %.

Вплив глибини загортання. При відхиленні глибини загортання частина насіння не проростає, сходи з'являються нерівномірно, рослини відстають у розвитку. Допустиме відхилення ± 1 см. При більшому відхиленні втрати можуть досягати – 10 %.

Вплив травмування насіння. Пошкодження насіння під час висіву призводить до зниження схожості, ослаблення рослин. Особливо це актуально для гречки через крихкість насіння.

Загальна оцінка втрат. Сумарні втрати можуть становити – від 15 до 30 %. Це суттєво впливає на економічну ефективність вирощування культури.

Причини зниження якості сівби. Основними причинами є недосконалість висівного апарата, нестабільний вакуум, нерівномірна подача насіння, невідповідність диска властивостям насіння, вплив швидкості руху агрегату.

Проведений аналіз показав, що якість сівби гречки значною мірою визначає рівень врожайності і ефективність виробництва. Основними факторами зниження якості є пропуски, двійники, нерівномірність висіву та відхилення глибини загортання. Існуючі конструкції висівних апаратів не забезпечують необхідної точності при висіві дрібнонасінневих культур, що призводить до значних втрат врожаю. Таким чином, підвищення якості сівби можливе шляхом удосконалення висівного апарата, що дозволить забезпечити рівномірний розподіл насіння та зменшити втрати.

3.9. Вплив швидкості руху агрегату на якість сівби.

Швидкість руху машинно-тракторного агрегату є одним із ключових факторів, що впливають на якість виконання сівби. Зі збільшенням швидкості підвищується продуктивність, однак при цьому погіршуються показники рівномірності висіву та точності загортання насіння.

Вплив швидкості на процес висіву. При збільшенні швидкості руху агрегату спостерігаються такі негативні явища: порушення рівномірності подачі насіння, збільшення кількості пропусків, поява двійників, коливання глибини загортання, погіршення контакту насіння з ґрунтом. Це пов'язано з тим, що

висівний апарат працює в динамічних умовах, і при високих швидкостях не встигає стабільно дозувати насіння.

Аналіз швидкісних режимів. Для сівалки УПС-8 оптимальна швидкість становить – 6–8 км/год. При швидкості до 6 км/год – забезпечується висока точність висіву, але знижується продуктивність, понад 8 км/год – різко зростає нерівномірність висіву.

Вплив швидкості на рівномірність висіву. Залежність має такий характер: при 6 км/год – нерівномірність 8–10 %, при 7 км/год – 10–12 %, при 9 км/год – до 20 %.

Вплив на глибину загортання. При збільшенні швидкості зростають коливання сошників, погіршується копіювання рельєфу, виникає нерівномірна глибина загортання.

Швидкість руху агрегату суттєво впливає на якість сівби гречки. Оптимальним є діапазон 6–8 км/год, який забезпечує компроміс між продуктивністю і якістю. Для підвищення якості сівби при робочих швидкостях необхідно вдосконалити висівний апарат з метою стабілізації процесу дозування насіння.

3.10. Обґрунтування вибору сівалки для сівби гречки.

Вибір сівалки є важливим етапом формування технології вирощування культури, оскільки від конструктивних особливостей машини залежить якість висіву, рівномірність розміщення насіння та ефективність виконання технологічного процесу.

Для сівби гречки можуть застосовуватись різні типи сівалок: зернові рядкові, універсальні механічні, пневматичні просапні.

Зернові сівалки. Переваги – простота конструкції, можливість суцільного висіву. Недоліки – низька точність висіву, обмежені можливості регулювання, нерівномірність розподілу насіння.

Механічні просапні сівалки. Переваги – простота обслуговування, надійність роботи. Недоліки – недостатня точність дозування дрібного насіння, залежність від сипучості матеріалу.

Пневматичні сівалки. Переваги – висока точність висіву, можливість регулювання параметрів, рівномірний розподіл насіння. Недоліки – складність конструкції, залежність від стабільності вакууму.

Обґрунтування вибору сівалки УПС-8. Для умов господарства приймається пневматична сівалка УПС-8. Основні причини вибору: можливість широкорядної сівби (45 см), достатня ширина захвату (3,6 м), сумісність з трактором ПМЗ-80-40, наявність пневматичного висівного апарата, універсальність використання.

Сівалка УПС-8 частково відповідає вимогам до сівби гречки, зокрема: забезпечує необхідну ширину міжрядь, можливість регулювання норми висіву, достатню продуктивність. Разом з тим, має недоліки: недостатня точність висіву дрібного насіння, поява двійників і пропусків, нестабільність роботи висівного апарата, залежність якості висіву від вакууму.

Аналіз показав, що сівалка УПС-8 є доцільною для використання в умовах господарства завдяки своїй універсальності та достатній продуктивності. Разом з тим, її конструкція не повністю відповідає вимогам до висіву гречки, що обґрунтовує необхідність удосконалення висівного апарата з метою підвищення якості сівби.

3.11. Висновки по розділу.

У розділі виконано обґрунтування технології сівби гречки та визначено основні параметри роботи машинно-тракторного агрегату. Встановлено, що для умов господарства доцільно застосовувати широкорядний спосіб сівби з міжряддям 45 см із використанням агрегату у складі трактора ПМЗ-80-40 та сівалки УПС-8. Розраховано норму висіву, яка становить 75–80 кг/га, що відповідає 3,1 млн насінин на гектар. Визначено параметри розміщення насіння, зокрема кількість насінин на погонний метр (140 шт.) та крок висіву (близько 7 мм), що свідчить про необхідність забезпечення рівномірного розподілу насіння.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Виконано розрахунок продуктивності агрегату, який показав, що при швидкості 7 км/год експлуатаційна продуктивність становить 1,89 га/год, а змінна – 15,12 га. Для виконання сівби на площі 100 га необхідно 7 змін. Проведено аналіз витрат палива, який показав, що вони становлять 6,06 л/га, або 606 л на всю площу. Розроблена технологічна карта дозволила визначити структуру та тривалість виконання операцій, а також оптимізувати організацію робіт. Аналіз якості сівби показав, що основними факторами зниження ефективності є пропуски, двійники та нерівномірність висіву, які можуть призводити до втрат урожаю на рівні 15–30 %. Встановлено, що значний вплив на якість сівби має швидкість руху агрегату, при цьому оптимальним є діапазон 6–8 км/год. Обґрунтовано вибір сівалки УПС-8, яка відповідає основним технологічним вимогам, але не забезпечує необхідної якості висіву дрібнонасінневих культур.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Аналіз конструкції висівного апарата сівалки УПС-8.

Висівний апарат є основним робочим органом сівалки, від якого безпосередньо залежить якість виконання процесу сіви. Для сівалки УПС-8 застосовується пневматичний висівний апарат дискового типу, який забезпечує дозовану подачу насіння у ґрунт.

Загальна характеристика висівного апарата (рис. 4.1). Висівний апарат сівалки УПС-8 складається з таких основних елементів: корпус висівного апарата; висівний диск з отворами, вакуумна камера, насіннєвий бункер, система скидання насіння, привід обертання диска, вентилятор для створення розрідження.

Принцип роботи апарата базується на використанні розрідження (вакууму), яке притягує насіння до отворів диска і транспортує його до зони скидання.

Принцип роботи висівного апарата. Процес висіву відбувається у такій послідовності: насіння із бункера надходить до висівного диска і під дією вакууму насіння притягується до отворів диска. Диск обертається і транспортує насіння до нижньої частини апарата. У зоні скидання вакуум припиняється, і насіння падає в сошник та загортається у ґрунт.

Конструктивні особливості. Основними параметрами висівного апарата є: діаметр висівного диска, кількість і діаметр отворів, частота обертання диска, рівень вакууму, форма та стан отворів. Ці параметри визначають якість дозування та рівномірність висіву.

Аналіз роботи при висіві гречки. Гречка має специфічні фізико-механічні властивості: невелика маса насіння, тригранна форма, неоднорідність за розмірами, підвищена крихкість. Ці властивості ускладнюють процес точного дозування і негативно впливають на роботу стандартного висівного апарата.

Основні недоліки висівного апарата УПС-8. В процесі експлуатації при висіві гречки виявляються такі недоліки:

— нестабільне захоплення насіння через малу масу насіння, вакуум може бути недостатнім для утримання насіння, внаслідок чого виникають пропуски;

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- поява двійників. Отвори диска не відповідають розмірам насіння, що призводить до захоплення декількох насінин одним отвором, перевищення норми висіву;
- нерівномірність подачі насіння. Причини: коливання вакууму, нестабільна подача з бункера, різна фракція насіння.
- травмування насіння. Механічний вплив: при захопленні, при транспортуванні, при скиданні. Це знижує схожість;
- залежність від режиму роботи. Якість висіву сильно залежить від швидкості руху агрегату, частоти обертання диска, стабільності вакууму.

Причини недоліків. Основними причинами є невідповідність геометрії отворів насінню гречки, відсутність селекції (відсікання зайвих насінин), нестабільний вакуумний режим, відсутність адаптації до дрібнонасінневих культур.

Вплив недоліків на якість сівби. Перераховані недоліки призводять до нерівномірної густоти посіву, зниження польової схожості, втрат врожаю до 15–30 %, перевитрати насіння.

Аналіз конструкції висівного апарата сівалки УПС-8 показав, що він є ефективним для висіву просапних культур, однак не повною мірою відповідає вимогам до висіву гречки. Основними недоліками є нестабільність захоплення насіння, поява двійників, нерівномірність подачі та травмування насіння, що знижує якість сівби і ефективність виробництва. Таким чином, існує необхідність удосконалення висівного апарата шляхом адаптації його конструкції до фізико-механічних властивостей насіння гречки.

4.2. Обґрунтування напрямку удосконалення висівного апарата.

Проведений у підрозділі 4.1 аналіз показав, що стандартний висівний апарат сівалки УПС-8 не забезпечує необхідної якості висіву гречки через невідповідність його конструктивних параметрів фізико-механічним властивостям насіння. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки технічних

рішень, спрямованих на підвищення рівномірності висіву, зменшення кількості двійників і пропусків, а також зниження травмування насіння.

Основні напрямки удосконалення. Аналіз можливих шляхів модернізації дозволяє виділити такі основні напрямки: зміна конструкції висівного диска, оптимізація параметрів вакууму, введення елементів селекції насіння, стабілізація подачі насіння до диска.

Серед зазначених напрямків найбільш ефективним і конструктивно доцільним є удосконалення висівного диска та системи відбору насіння.

Обґрунтування вибору напрямку. Основна частина недоліків пов'язана саме з процесом захоплення насіння отворами диска. Це дозволяє зробити висновок, що вдосконалення геометрії диска і режимів його роботи забезпечить найбільший ефект без суттєвого ускладнення конструкції.

Переваги такого підходу: мінімальні конструктивні зміни, можливість використання існуючого агрегату, відносно низька вартість реалізації, підвищення якості висіву без зниження продуктивності.

Запропоноване технічне рішення. Пропонується удосконалити висівний апарат шляхом зміни геометрії висівного диска, підбору оптимального діаметра отворів, коригування кількості отворів, адаптації форми отворів до форми насіння. Встановлення селектора (відсікача зайвого насіння) механічного або еластичного типу, розташованого в зоні захоплення насіння.

Оптимізації режиму роботи: підбір раціонального вакууму, узгодження частоти обертання диска зі швидкістю руху агрегату.

Суть удосконалення. Суть запропонованого удосконалення полягає у забезпеченні захоплення однієї насінини одним отвором, стабільного утримання насіння, своєчасного і повного скидання, мінімального механічного впливу на насіння.

Очікуваний ефект від удосконалення. Впровадження запропонованих рішень дозволить зменшити кількість двійників, знизити кількість пропусків, підвищити рівномірність висіву, зменшити травмування насіння, підвищити

врожайність культури. Орієнтовне підвищення якості сівби може становити – 10–20 %.

Обґрунтування необхідності розрахунків. Для реалізації запропонованого удосконалення необхідно виконати: розрахунок параметрів висівного диска, визначення кількості та діаметра отворів, розрахунок частоти обертання, визначення необхідного вакууму. Обґрунтовано напрямок удосконалення висівного апарата сівалки УПС-8, який полягає у зміні конструкції висівного диска та введенні елементів селекції насіння. Запропоноване технічне рішення дозволяє підвищити якість висіву гречки без суттєвого ускладнення конструкції та додаткових витрат.

4.3 Розрахунок параметрів висівного диска

Розрахунок параметрів висівного диска є основою удосконалення висівного апарата, оскільки саме диск визначає точність дозування насіння, рівномірність висіву та ефективність роботи всієї системи.

Вихідні дані для розрахунку приймаються з попередніх підрозділів.

Вихідні дані: ширина міжрядь – 0,45 м, кількість насіння – 140 шт./м рядка, швидкість руху агрегату – 7 км/год, діаметр диска (приймаємо) – 0,30 м, коефіцієнт ковзання – не враховуємо (для спрощення).

Визначення подачі насіння за одиницю часу.

Швидкість руху в м/с

$$V = \frac{7 \cdot 1000}{3600} = 1,94 \text{ м/с.}$$

Кількість насіння, що висівається за секунду:

$$q = p \cdot V, \quad (4.1)$$

де p – кількість насіння, що висівається на один метр рядка, шт./м рядка;

V – швидкість руху агрегату, м/с.

$$q = 140 \cdot 1,94 = 271,6 \approx 272 \text{ насінин/с.}$$

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Визначення частоти обертання висівного диска. Приймаємо частоту обертання диска $n = 30$ об/хв, або $n = 0,5$ об/с.

Визначення кількості отворів у диску. Кількість насіння, що висівається за один оберт

$$q_{об} = \frac{q}{n}. \quad (4.2)$$

$$q_{об} = \frac{272}{0,5} = 544 \text{ насінини/об.}$$

Оскільки один отвір висіває одну насінину, кількість отворів

$$z = 544 \text{ отворів.}$$

Отримане значення є надмірно великим і конструктивно нереальним. Це свідчить про те, що при такій частоті обертання диск не може забезпечити необхідну подачу, необхідно збільшити частоту обертання диска.

Уточнення частоти обертання

Приймаємо

$$n = 60 \text{ об/хв} = 1 \text{ об/с.}$$

Тоді

$$q_{об} = \frac{272}{1} = 272 \text{ отворів.}$$

Це значення все ще є зовеликим.

Обґрунтування конструктивного рішення. З урахуванням того, що для гречки не потрібен точний поштучний висів, приймаємо, що частина насіння висівається без жорсткої прив'язки до одного отвору, допускається групове дозування.

Приймаємо конструктивно: кількість отворів – 90–120 шт., тоді вибираємо диск з кількістю отворів – 100 шт. частота обертання – 2,7 об/с (≈ 160 об/хв)

Перевірка

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$q = 100 \cdot 2,7 = 270 \text{ насінин/с.}$$

Що відповідає розрахунковому значенню (272 насінини/с).

Розрахунок діаметра отворів. Середній розмір насіння гречки – 4–6 мм. Приймаємо діаметр отвору – $d = 3$ мм. Це забезпечує захоплення однієї насінини, зменшення ймовірності двійників.

Вибір форми отворів. Пропонується кругла або овальна форма з невеликим фасонним входом. Це забезпечує кращу фіксацію насіння, зменшення травмування.

В результаті розрахунків встановлено: необхідна подача – 272 насінини/с, оптимальна кількість отворів – 100, частота обертання диска – 160 об/хв, діаметр отворів – 3 мм. Запропоновані параметри забезпечують необхідну норму висіву та можуть бути реалізовані конструктивно. Отримані результати є основою для подальшого розрахунку вакуумної системи та конструктивного удосконалення висівного апарата.

4.4 Розрахунок параметрів вакуумної системи висівного апарата

Ефективність роботи пневматичного висівного апарата значною мірою залежить від параметрів вакуумної системи, яка забезпечує захоплення, утримання та транспортування насіння. Недостатній або надмірний вакуум призводить до погіршення якості висіву, збільшення кількості пропусків або двійників.

Метою розрахунку є визначення необхідного рівня розрідження та параметрів повітряного потоку для забезпечення стабільної роботи висівного апарата при висіві гречки.

Фізична суть процесу. У процесі роботи висівного апарата насіння утримується на отворі диска за рахунок різниці тисків між вакуумною камерою та атмосферою. Сила, що утримує насінину, визначається як

$$F = \Delta P \cdot A, \quad (4.3)$$

де F – сила утримання, Н;

ΔP – перепад тиску (вакуум), Па;

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

A – площа отвору, м^2 .

Визначення сили, необхідної для утримання насінини. Маса однієї насінини гречки

$$m = \frac{25}{1000} = 0,025 \text{ г} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ кг.}$$

Сила тяжіння

$$F_T = m \cdot g. \quad (4.4)$$

$$F_T = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 9,81 = 2,45 \cdot 10^{-4} \text{ Н.}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу (3–5)

$$F = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$$

Розрахунок площі отвору. Діаметр отвору

$$d = 3 \text{ мм} = 0,003 \text{ м.}$$

Площа

$$A = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (4.5)$$

$$A = \frac{3,14 \cdot (0,003)^2}{4} = 7,07 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначення необхідного вакууму

$$\Delta P = \frac{F}{A}. \quad (4.6)$$

$$\Delta P = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{7,07 \cdot 10^{-6}} = 141,4 \text{ Па.}$$

Уточнення вакууму з урахуванням витоків повітря і нестабільності роботи та динамічних навантажень приймаємо робочий вакуум – 300–500 Па.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Розрахунок витрати повітря. Витрата повітря визначається залежно від кількості отворів і швидкості їх проходження через вакуумну зону.

Приймаємо: кількість отворів – 100, частота обертання – 160 об/хв.
Кількість циклів за секунду

$$n = \frac{160}{60} = 2,67 \text{ об/с.}$$

Кількість активних отворів ($\approx 30 \%$). Орієнтовна витрата повітря

$$Q \approx 0,02 - 0,05 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Система повинна забезпечувати: стабільний рівень розрідження, рівномірний розподіл вакууму, мінімальні втрати повітря, надійність роботи.

Для підвищення ефективності пропонується: покращення герметичності системи, оптимізація форми вакуумної камери, регулювання рівня вакууму, стабілізація повітряного потоку.

Вплив вакууму на якість висіву. При недостатньому вакуумі виникають пропуски, при надмірному – з'являються двійники, збільшується травмування насіння. Оптимальний режим забезпечує захоплення однієї насінини, стабільність висіву.

В результаті розрахунків встановлено, що для висіву гречки необхідний вакуум становить 300–500 Па. Це забезпечує надійне утримання насіння та стабільну роботу висівного апарата. Оптимізація параметрів вакуумної системи є важливим елементом удосконалення сівалки УПС-8.

4.5. Розрахунок приводу висівного апарата.

Привід висівного апарата забезпечує узгоджену роботу висівного диска з поступальним рухом сівалки. Від правильного вибору передаточного числа залежить точність норми висіву, рівномірність подачі насіння та стабільність технологічного процесу.

Метою розрахунку є визначення необхідної частоти обертання висівного диска та підбір передаточного числа приводу.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Вихідні дані: швидкість руху агрегату – 7 км/год, діаметр опорно-привідного колеса – 0,8 м, частота обертання висівного диска – 160 об/хв, кількість насіння – 140 шт./м.

Визначення частоти обертання опорного колеса. Швидкість руху $V=1,94$ м/с. Довжина кола колеса

$$L = \pi D. \quad (4.7)$$

$$L = 3,14 \cdot 0,8 = 2,51 \text{ м.}$$

Частота обертання колеса

$$n_k = \frac{V}{L}. \quad (4.8)$$

$$n_k = \frac{1,94}{2,51} = 0,77 \text{ об/с.}$$

$$n_k = 0,77 \cdot 60 = 46,2 \text{ об/хв.}$$

Визначення передаточного числа приводу. Передаточне число визначається як:

$$i = \frac{n_d}{n_k}, \quad (4.9)$$

де n_d – частота обертання диска;

n_k – частота обертання колеса.

$$i = \frac{160}{46,2} = 3,46.$$

Приймаємо $i = 3,5$. Це значення можна реалізувати за допомогою ланцюгової передачі.

Підбір параметрів передачі. Для реалізації передаточного числа використовуємо: ведучу зірочку – 20 зубців, ведену зірочку – 70 зубців.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$i = \frac{70}{20} = 3,5.$$

Перевірка відповідності норми висіву. Кількість обертів диска

$$n_d = 46,2 \cdot 3,5 = 161,7 \text{ об/хв.}$$

Це відповідає розрахунковому значенню (160 об/хв).

Привід висівного апарата повинен забезпечувати: стабільну частоту обертання, мінімальні втрати енергії, надійність роботи, простоту регулювання.

Шляхи удосконалення приводу. Для підвищення точності роботи пропонується застосування змінних зірочок, зменшення люфтів у передачі, підвищення точності виготовлення деталей, забезпечення натягу ланцюга.

Вплив приводу на якість сівби. Нестабільність приводу призводить до нерівномірності висіву, відхилення норми, збільшення втрат. Тому правильний розрахунок приводу є важливою умовою ефективної роботи сівалки.

В результаті розрахунків визначено, що необхідне передаточне число приводу становить 3,5, що забезпечує частоту обертання висівного диска 160 об/хв. Запропоновані параметри приводу дозволяють забезпечити задану норму висіву та стабільну роботу висівного апарата.

4.6. Конструктивна розробка удосконаленого висівного апарата.

На основі проведеного аналізу та виконаних розрахунків запропоновано удосконалення висівного апарата сівалки УПС-8, спрямоване на підвищення якості висіву гречки шляхом стабілізації процесу дозування насіння та зменшення кількості двійників і пропусків.

Загальна ідея удосконалення. Суть удосконалення полягає у модернізації висівного апарата шляхом застосування спеціалізованого висівного диска для гречки, встановлення селектора (відсікача зайвого насіння), оптимізації вакуумної камери, покращення умов подачі насіння до диска. Ці зміни не потребують кардинальної перебудови конструкції сівалки і можуть бути реалізовані на базі існуючого апарата.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Конструкція удосконаленого висівного диска. Висівний диск має такі параметри: діаметр – 300 мм, кількість отворів – 100, діаметр отворів – 3 мм, розташування отворів – рівномірне по колу.

Особливістю диска є наявність фасок на вході отворів, шліфувана поверхня, підвищена точність виготовлення.

Це забезпечує краще захоплення насіння, зменшення його пошкодження, стабільність роботи.

Скидач насіння. Одним із основних елементів удосконалення є скидач, призначений для відсіювання зайвих насінин. Конструкція скидача: виконаний у вигляді пружного елемента, встановлений у зоні захоплення насіння, контактує з поверхнею диска.

Принцип роботи – при проходженні отвору з кількома насінинами скидач видаляє зайві й залишається лише одна насінина.

Переваги: зменшення двійників, стабілізація норми висіву, покращення рівномірності.

Удосконалення вакуумної камери. Для підвищення ефективності роботи запропоновано зміну форми камери для рівномірного розподілу вакууму, зменшення втрат повітря, підвищення герметичності. Це дозволяє стабілізувати процес захоплення насіння, зменшити пропуски.

Покращення подачі насіння. Для забезпечення рівномірного надходження насіння до диска передбачено встановлення напрямних елементів у бункері, оптимізацію кута нахилу стінок, зменшення зависання насіння. Це забезпечує стабільний потік насіння, рівномірне завантаження диска.

Робота удосконаленого апарата. Процес роботи відбувається так: насіння рівномірно надходить до диска і під дією вакууму насіння притягується до отворів, а скидач видаляє зайві насінини. Диск транспортує насіння до зони скидання. Насіння подається в сошник і загортається у ґрунт.

Переваги удосконаленої конструкції. Запропоноване рішення дозволяє зменшити кількість двійників, знизити кількість пропусків, підвищити

рівномірність висіву, зменшити травмування насіння, стабілізувати роботу апарата.

Конструкція має такі переваги: простота виготовлення, можливість встановлення на існуючу сівалку, невеликі витрати на модернізацію, відсутність складних вузлів.

Очікуваний ефект. Впровадження удосконаленого висівного апарата дозволить підвищити якість сівби на 10–20 %, зменшити перевитрату насіння, підвищити врожайність, знизити собівартість продукції.

Розроблено конструкцію удосконаленого висівного апарата, яка враховує фізико-механічні властивості насіння гречки та забезпечує підвищення якості сівби. Основними елементами удосконалення є спеціалізований висівний диск, селектор насіння та оптимізована вакуумна система. Запропоноване рішення є технічно обґрунтованим, конструктивно простим і може бути впроваджене у виробництво.

4.7 Техніко-економічна ефективність удосконалення висівного апарата

Впровадження удосконаленого висівного апарата повинно бути не лише технічно доцільним, але й економічно ефективним. Оцінка ефективності проводиться шляхом визначення економії ресурсів, підвищення врожайності та зниження собівартості продукції.

Вихідні дані для розрахунку. Приймаємо: площа посіву – 100 га, норма висіву – 80 кг/га, загальна кількість насіння – 8000 кг, ціна насіння гречки – 25 грн/кг, урожайність – 20 ц/га, ціна реалізації продукції – 15000 грн/т.

Економія насіння. За рахунок зменшення двійників і перевитрати насіння очікується економія – 10 %

$$Q_{\text{ек}} = 8000 \cdot 0,1 = 800 \text{ кг.}$$

Економія коштів

$$E_{\text{н}} = 800 \cdot 25 = 20000 \text{ грн.}$$

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Приріст урожайності. За рахунок підвищення рівномірності висіву очікується приріст урожайності – 10 %. Базова врожайність – 2 т/га. Приріст

$$\Delta Y = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ т/га.}$$

Додатковий урожай

$$Q_d = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ т.}$$

Додатковий дохід

$$E_{\text{вр}} = 20 \cdot 15000 = 300000 \text{ грн.}$$

Загальний економічний ефект

$$E_{\text{заг}} = 20000 + 300000 = 320000 \text{ грн.}$$

Витрати на удосконалення включають виготовлення нового диска, встановлення скидача, доопрацювання апарата.

Приймаємо – 15000 грн. Річний економічний ефект

$$E_{\text{річ}} = 320000 - 15000 = 305000 \text{ грн.}$$

Термін окупності

$$T = \frac{15000}{305000} = 0,05 \text{ року.}$$

або приблизно – 18 днів.

Отримані результати свідчать, що витрати на модернізацію є незначними, ефект від впровадження – суттєвий, удосконалення є високоефективним.

Додаткові переваги. Окрім прямого економічного ефекту підвищується якість продукції, зменшуються втрати, покращується стабільність технологічного процесу, знижується ризик недобору врожаю.

Встановлено, що впровадження удосконаленого висівного апарата забезпечує економічний ефект у розмірі 305000 грн на площі 100 га. Основними складовими ефекту є економія насіння та підвищення врожайності. Термін

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

окупності становить менше одного місяця, що свідчить про високу ефективність запропонованого технічного рішення.

4.8. Розрахунок висівного диска на міцність.

У зв'язку з удосконаленням конструкції висівного диска та підвищенням частоти його обертання необхідно перевірити диск на міцність. Основним навантаженням у даному випадку є відцентрові сили, що виникають під час обертання.

Метою розрахунку є визначення напружень у диску та перевірка їх відповідності допустимим значенням.

Вихідні дані: діаметр диска – 0,30 м, радіус – 0,15 м, частота обертання – 160 об/хв, товщина диска – 3 мм = 0,003 м, матеріал – сталь, густина сталі – 7800 кг/м³.

Визначення кутової швидкості

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}. \quad (4.10)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 160}{60} = 16,75 \text{ рад/с.}$$

Визначення маси диска.

Об'єм диска

$$V = \pi R^2 \cdot h. \quad (4.11)$$

$$V = 3,14 \cdot (0,15)^2 \cdot 0,003 = 2,12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Маса

$$m = \rho \cdot V. \quad (4.12)$$

$$m = 7800 \cdot 2,12 \cdot 10^{-4} = 1,65 \text{ кг.}$$

Визначення відцентрової сили

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot R. \quad (4.13)$$

$$F = 1,65 \cdot (16,75)^2 \cdot 0,15 = 69,5 \text{ Н.}$$

Визначення напружень у диску. Для спрощеного розрахунку приймаємо

$$\sigma = \frac{F}{A}. \quad (4.14)$$

Площа поперечного перерізу

$$A = 2\pi R \cdot h. \quad (4.15)$$

$$A = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,003 = 0,00283 \text{ м}^2.$$

Напруження

$$\sigma = \frac{69,5}{0,00283} = 24558 \text{ Па} = 0,0246 \text{ МПа.}$$

Порівняння з допустимими напруженнями

Для сталі допустиме напруження $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$. Отримане значення

$$\sigma = 0,0246 \text{ МПа.}$$

Визначення коефіцієнта запасу міцності

$$n = \frac{150}{0,0246} \approx 6097.$$

Отриманий коефіцієнт запасу міцності є значно більшим за необхідний, що свідчить про достатню міцність конструкції, можливість зменшення маси диска, надійність роботи при заданих режимах. Навіть з урахуванням отворів у диску, нерівномірності навантажень, динамічних впливів конструкція залишається працездатною.

В результаті розрахунку встановлено, що напруження у висівному диску становить 0,0246 МПа, що значно менше допустимого значення для сталі. Коефіцієнт запасу міцності перевищує 6000, що свідчить про високу надійність

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

конструкції. Таким чином, удосконалений висівний диск забезпечує безпечну роботу при заданих режимах і не потребує додаткового підсилення.

4.9. Висновки по розділу.

У розділі виконано аналіз конструкції висівного апарата сівалки УПС-8 та розроблено технічне рішення щодо його удосконалення з метою підвищення якості сівби гречки. Встановлено, що стандартний пневматичний висівний апарат не забезпечує необхідної точності висіву дрібнонасіньових культур, зокрема гречки, що проявляється у вигляді пропусків, двійників та нерівномірного розподілу насіння. Це призводить до зниження врожайності та перевитрати посівного матеріалу. Обґрунтовано напрямок удосконалення, який полягає у модернізації висівного диска та впровадженні селектора насіння. Запропоноване рішення дозволяє забезпечити захоплення однієї насінини одним отвором та стабілізувати процес дозування.

У результаті розрахунків визначено основні параметри висівного диска: кількість отворів – 100, діаметр отворів – 3 мм, частота обертання – 160 об/хв. Ці параметри забезпечують необхідну норму висіву та рівномірність розміщення насіння. Розрахунок вакуумної системи показав, що для надійного утримання насіння необхідний рівень розрідження становить 300–500 Па. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу висівного апарата без збільшення кількості двійників.

Виконано розрахунок приводу висівного апарата, в результаті якого визначено передаточне число 3,5, що забезпечує узгодження частоти обертання диска зі швидкістю руху агрегату. Розроблено конструкцію удосконаленого висівного апарата, яка включає спеціалізований висівний диск, селектор насіння та оптимізовану вакуумну систему. Конструкція є простою, технологічною та може бути реалізована на базі існуючої сівалки.

Проведено розрахунок на міцність, який показав, що напруження у диску значно менші за допустимі, а коефіцієнт запасу міцності є достатнім для надійної експлуатації.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз умов праці при вирощуванні гречки.

Вирощування гречки із застосуванням машинно-тракторних агрегатів супроводжується впливом на працівників комплексу шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Основними видами робіт є передпосівний обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами та збирання врожаю.

Умови праці механізатора при виконанні сівби характеризуються роботою на відкритому повітрі, впливом змінних погодних умов, значним рівнем шуму і вібрації, запиленістю повітря, фізичним та психоемоційним навантаженням.

Основними небезпечними та шкідливими факторами є механічні фактори: рухомі частини машин; обертові вали, передачі; можливість затягування одягу. Фізичні фактори: шум (до 85–95 дБ); вібрація; підвищена або знижена температура; сонячна радіація. Хімічні фактори: пил; вихлопні гази двигуна. Біологічні фактори: мікроорганізми в ґрунті; алергени рослинного походження.

Основними причинами травматизму є порушення правил техніки безпеки, несправність техніки, недостатній інструктаж, недотримання режиму праці та відпочинку.

Умови праці при вирощуванні гречки характеризуються наявністю небезпечних і шкідливих факторів, що вимагає розробки комплексу заходів з охорони праці.

5.2. Вимоги безпеки при роботі на машинно-тракторному агрегаті.

Безпечна експлуатація агрегату забезпечується дотриманням вимог охорони праці на всіх етапах роботи.

Перед початком роботи механізатор повинен пройти інструктаж з охорони праці, перевірити технічний стан агрегату, перевірити кріплення вузлів, переконатися у справності гальм, рульового управління, перевірити герметичність паливної системи.

Під час роботи забороняється працювати з несправною технікою, перебувати стороннім особам біля агрегату, виконувати ремонт при працюючому двигуні, торкатись рухомих частин.

Необхідно дотримуватись оптимальної швидкості, контролювати роботу агрегату, уникати різких маневрів.

Після закінчення роботи необхідно зупинити двигун, очистити агрегат, провести технічний огляд, усунути виявлені несправності.

Дотримання вимог безпеки дозволяє знизити ризик травматизму та забезпечити безпечну експлуатацію техніки.

5.3. Заходи з покращення умов праці.

Для зниження впливу шкідливих факторів передбачаються такі заходи: проведення регулярних інструктажів, дотримання режиму праці та відпочинку, контроль технічного стану техніки.

Технічні заходи – використання сучасної техніки, зниження рівня шуму і вібрації, герметизація кабіни трактора, використання систем вентиляції.

Санітарно-гігієнічні заходи – забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, організація місць відпочинку, забезпечення питною водою.

Механізатор повинен використовувати спецодяг, захисне взуття, рукавиці, засоби захисту органів слуху, респіратори при запиленості.

Комплекс заходів дозволяє значно покращити умови праці та знизити вплив шкідливих факторів.

5.4. Пожежна безпека.

Під час виконання польових робіт існує ризик виникнення пожеж, особливо в умовах сухої погоди. Основні причини пожеж – несправність електрообладнання, витік палива, нагрівання деталей, необережне поводження з вогнем.

Заходи пожежної безпеки: наявність вогнегасників, регулярна перевірка техніки, очищення від рослинних решток, заборона куріння поблизу техніки.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Дії при виникненні пожежі: негайно зупинити агрегат, вимкнути двигун, використати вогнегасник, повідомити відповідні служби.

5.5. Висновки до розділу.

У розділі проаналізовано умови праці при вирощуванні гречки та визначено основні небезпечні і шкідливі фактори. Розроблено комплекс заходів з охорони праці, який включає організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні рішення. Особлива увага приділена безпечній експлуатації машинно-тракторного агрегату. Запропоновані заходи дозволяють знизити рівень виробничого травматизму, покращити умови праці та забезпечити безпечне виконання технологічних операцій.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі виконано комплексне обґрунтування технології вирощування гречки та розроблено технічне рішення щодо удосконалення сівалки УПС-8 з метою підвищення якості сівби і ефективності виробництва.

У процесі виконання роботи проаналізовано сучасний стан технології вирощування гречки та встановлено, що одним із ключових факторів формування врожайності є якість сівби, зокрема рівномірність розміщення насіння та стабільність норми висіву.

Обґрунтовано технологічні параметри вирощування культури для умов Кіровоградської області, зокрема визначено оптимальний спосіб сівби (широкорядний з міжряддям 45 см), норму висіву (75–80 кг/га) та параметри роботи машинно-тракторного агрегату.

Встановлено, що при використанні агрегату у складі трактора ПМЗ-80-40 та сівалки УПС-8 продуктивність становить 1,89 га/год, а витрати палива – 6,06 л/га. Для обробітку площі 100 га необхідно 7 змін роботи агрегату.

Проведений аналіз якості сівби показав, що використання стандартного висівного апарата призводить до появи пропусків, двійників та нерівномірності висіву, що може знижувати врожайність на 15–30 %.

У результаті аналізу конструкції висівного апарата встановлено, що його недоліки обумовлені невідповідністю параметрів висівного диска фізико-механічним властивостям насіння гречки.

Обґрунтовано напрямок удосконалення, який полягає у модернізації висівного диска, впровадженні селектора насіння та оптимізації параметрів вакуумної системи.

Виконано розрахунок параметрів висівного диска, у результаті якого визначено оптимальні значення: кількість отворів – 100, діаметр отворів – 3 мм, частота обертання – 160 об/хв. Це забезпечує необхідну норму висіву та рівномірний розподіл насіння.

Розрахунок вакуумної системи показав, що для стабільної роботи висівного апарата необхідний рівень розрідження становить 300–500 Па, що забезпечує надійне утримання насіння без збільшення кількості двійників.

Виконано розрахунок приводу висівного апарата, який дозволив визначити передаточне число 3,5, що забезпечує узгодження роботи диска зі швидкістю руху агрегату.

Розроблено конструкцію удосконаленого висівного апарата, яка включає спеціалізований висівний диск, селектор насіння та покращену вакуумну систему. Запропоноване рішення є конструктивно простим і може бути реалізоване на базі існуючої сівалки.

Проведено розрахунок на міцність, який показав, що напруження у висівному диску значно менші за допустимі, що забезпечує надійну експлуатацію конструкції.

Економічна оцінка показала, що впровадження удосконаленого висівного апарата дозволяє отримати річний економічний ефект у розмірі 305000 грн за рахунок підвищення врожайності та зменшення витрат насіння. Термін окупності становить менше одного місяця.

Розроблено заходи з охорони праці, які дозволяють забезпечити безпечні умови роботи при виконанні технологічних операцій.

Таким чином, поставлена мета роботи досягнута, а запропоноване технічне рішення є технічно обґрунтованим, економічно ефективним і може бути рекомендоване до впровадження у виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артеменко Д.Ю., Лузан П.Г., Лузан О.Р., Ковбаса В.П. Обґрунтування конструкції комбінованого наральника сошника просапної сівалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2025. Вип. 55. С. 121-133. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.121-133>.
2. Бондаренко М.Г. Демещук В.А. Комплектування і використання машино-тракторного парку в рослинництві: Підручник. Київ: Вища шк., 1995. 237 с.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
4. Гапоненко В.С. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: 6-е вид., перероб. і допов. Київ: Урожай, 1992. 448 с.
5. Загортаючі робочі органи для прямої сівби зернових культур [Текст]: монографія / В.М. Сало [та ін.]; Кіровогр. нац. техн. ун-т. Кіровоград: Лисенко, 2012.– 163 с.
6. Зінченко О.І. Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. За ред. О.І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
7. Комаристов В.Ю., Петренко М.М., Косінов М.М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 240 с.
8. Лихочвор В.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
9. Лузан О.Р., Артеменко Д.Ю., Лузан П.Г., Кісільов Р.В. Теоретичний аналіз роботи сошника прямої сівби з адаптивними вертикальними дисками. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2025. Вип. 55. С. 238-249. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.238-249>.
10. Лузан П.Г. Лузан О.Р., Грінчук А.Є. Проблеми прямої сівби зернових культур. Міжнародна науко-практична конференція «Вертикальний обробіток

грунту та зрошування – шлях до рекордних врожаїв» 20 лютого 2018 року. Кропивницький: ЦНТУ. 2018.

11. Лузан П.Г. Перспективні шляхи розвитку конструкцій сівалок для енергоощадних технологій. «Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва»: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, (Тернопіль 30 листопада 2017 р. Частина 1). Тернопіль: Крок, 2017.– С.66-68.

12. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Екологічні аспекти вирощування зернових культур. Функціонування АПК на засадах раціонального природокористування: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. (Полтава, 26 трав. 2017). Полтава: ПДАА, 2017.– С. 36-38.

13. Лузан П.Г., Сало В.М. Технічне забезпечення енергоощадних технологій вирощування зернових культур. Modern scientific researches and developments: Theoretical value and practical results. Materials of International scientific and practical conference. Volume 4. March, 15-18, 2016, Bratislava, Slovak Republic. С. 80–81.

14. Лузан П.Г., Сало В.М., Лузан О.Р. Тенденції розвитку сівалок для прямої сівби зернових культур. «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»: матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф. (Житомир, 29-30 березня 2017 року). Житомир: ЖНАЕУ, 2017. С.33- 35.

15. Лузан П.Г., Сало В.М., Лузан О.Р. Удосконалення сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту. The IX International Scientific and Practical Conference «Analysis of the problems of science and modern education», March 06 – 08, 2023, Prague, Czech Republic. С. 238-241. URL: <https://eu-conf.com/ua/events/analysis-of-the-problems-of-science-and-modern-education/>

16. Лузан П.Г. Перспективні технології вирощування сільськогосподарських культур. Perspective trends in scientific research – 2015. Materials of International scientific and practical conference. Volume 2. October, 17-22, 2015, Bratislava, Slovak Republic. С.167-168.

17. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України. За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2010. 304 с.
18. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Видав. Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.
19. Сало В., Лузан П. Дисковий та анкерний сошники для прямого висіву зернових культур. Пропозиція, 2016. Вип. №6 С. 158-163.
20. Сало В.М., Вовнянко Б.Г., Лещенко С.М., Лузан П.Г. Покращення якісних показників процесу сівби. Сільськогосподарські машини, 2024. Вип. 50, С. 113-119. DOI: <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1398>.
21. Сало В.М., Лузан П.Г. Напрями вдосконалення технічного забезпечення новітніх технологій прямої сівби зернових культур. Техніка і технології АПК, №9(60), 2014. С. 14-17.
22. Сало В.М., Лузан П.Г., Вовнянко Б.Г. Технічне рішення покращення якості процесів сівби. The XXII International Scientific and Practical Conference «Methodology and organization of scientific research», June 03-05, 2024, Berlin, Germany. Р. 26-29. URL: <https://eu-conf.com/en/events/methodology-and-organization-of-scientific-research/>.
23. Сало В.М., Лузан П.Г., Лузан О.Р. Посівна секція до сівалок для прямої сівби. Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кіровоград: КНТУ, 2015. С. 168-170.
24. Сало В.М. Шмат С.І., Лузан П.Г. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом. Міжнародна науково-технічна Інтернет конференція «Задачі землеробської механіки в XXI сторіччі», 2-10 листопада 2011 г. Дослідницьке, Мелітополь, 2011. С. 61-65. URL: www.tsaa.org.ua.
25. Сало В.М., Лузан О.Р., Лузан П.Г. Експериментальне обґрунтування параметрів стеблевідводу загортаючого робочого органу. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2013. Вип. 97,

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Том. I. С. 195-203.

26. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: Навч. посібник. Київ: ІСДО, 1994. 148 с.

27. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва; за ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2002. 364 с.

28. Шмат С.І., Лузан П.Г. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний наук. зб. Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2010. Вип. 94. С. 126-133.

29. Шмат С.І., Лузан П.Г., Сало В.М. Оригінальні способи і засоби обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур. Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Харків: Мачулін, 2018. 236 с.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ДОДАТКИ

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59