

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 пшениці з удосконаленням
туковисівного апарата сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-22-1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Котов Олексій Володимирович
« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
проф., канд. техн. наук
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
« ____ » _____ 20 ____ р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: АГРОТЕХНІЧНИЙ

Кафедра: СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти: БАКАЛАВР

Галузь знань: Аграрні науки і продовольство

Освітньо-професійна програма: Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2026 року

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

Котова Олексія Володимировича

1. Тема роботи: **«Механізація вирощування пшениці з удосконаленням туковисівного апарата сівалки»**
2. Керівник роботи: Васильковський О.М., к.т.н., професор
3. Строк подання студентом роботи до захисту: 15.06.2026 року
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту): Обґрунтування операційно-технологічної карти сівби пшениці та удосконалення катушки туковисівного апарату зернової сівалки на прикладі СЗ-3,6.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	15.05.2026	
2	Графічна частина	02.06.2026	
3	Перевірка роботи на доброчесність	10.06.2026	
4	Захист роботи	15-30.06.2026	

Дата видачі завдання

«07» квітня 2026 р.

Підпис керівника _____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

Завдання прийнято до виконання

«07» квітня 2026 р.

Підпис здобувача _____ Олексій КОТОВ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
A4				Пояснювальна записка	1	
				<u>Документація по</u>		
				<u>технологічній частині</u>		
A1			ДП 00.001 ТЧ	Операційно-технологічна карта		
				Сівби пшениці	1	
				<u>Документація по</u>		
				<u>інженерній частині</u>		
A1			ДП 00.000 ВО	Сівалка зернова СЗ-3,6	1	
A4			ДП 00.000	Специфікація	1	
A1			ДП 00.010 СБ	Ящик висівний	1	
A4			ДП 00.010	Специфікація	1	
				<u>Деталі</u>		
A3			ДП 00.010.001	Котушка тукова	1	
A3			ДП 00.010.002	Корпус	1	

ЗМІСТ

1. Вступ.....	6
2. Аналіз типової технології вирощування пшениці.....	7
3. Операційна технологія сівби пшениці.....	20
4. Інженерна частина.....	24
5. Охорона праці.....	35
6. Висновки.....	37
Список використаної літератури.....	38
Додатки.....	40

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

1. ВСТУП

Виробництво зерна є однією з найбільш важливих галузей агропромислового комплексу України, що забезпечує продовольчу безпеку держави та формує значну частину експортного потенціалу. Озима пшениця традиційно займає провідне місце серед зернових культур, займаючи близько 6,5-7,0 млн гектарів посівних площ щороку. Валовий збір озимої пшениці в Україні становить 22-26 млн тон, що робить нашу країну одним з провідних світових експортерів цієї культури.

Підвищення врожайності та рентабельності виробництва озимої пшениці безпосередньо залежить від якості виконання технологічних операцій, серед яких посів займає особливе місце. Від точності висіву насіння та внесення мінеральних добрив залежить польова схожість, формування оптимальної густоти продуктивного стеблостою, ефективність використання добрив та, зрештою, величина врожаю. Сучасні енергоощадні технології вирощування озимої пшениці передбачають локальне внесення мінеральних добрив одночасно з посівом, що забезпечує економію добрив на 15-25% порівняно з суцільним внесенням та підвищує коефіцієнт їх використання рослинами на 20-35%.

Однак аналіз роботи існуючих туковисівних апаратів зернових сівалок вітчизняного та імпортного виробництва виявляє ряд недоліків: нерівномірність висіву добрив по довжині рядка (коливання норми висіву досягають $\pm 15-20\%$), пошкодження гранул мінеральних добрив робочими органами апарата (до 8-12% гранул подрібнюється), зависання та злежування добрив у туковому бункері при роботі з вологими добривами, недостатня універсальність щодо внесення різних форм мінеральних добрив (аміачна селітра, суперфосфат, складні NPK-добрива). Ці недоліки призводять до

					ДП 00. 000 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Котов				Пояснювальна записка		Літ.	Арк.вш
Перевір.	Васильковський							7
Н.контр.	Мачок						ЦНТУ, гр. АІ-22-1	
Затв.	Васильковський							

нераціонального використання дорогих мінеральних добрив, нерівномірного розвитку рослин у посіві та недобору врожаю на 3-7% порівняно з потенційно можливим.

Удосконалення конструкції туковисівного апарата сівалки з метою підвищення рівномірності дозування добрив, зменшення їх пошкодження та розширення діапазону норм і форм добрив, що вносяться, є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого дозволить підвищити ефективність використання мінеральних добрив та урожайність озимої пшениці при одночасному зниженні собівартості продукції.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ

2.1. Лущення стерні

Технологічна операція: лущення стерні після збирання попередника

Агротехнічні вимоги:

Глибина обробітку: 6-8 см (після зернових попередників), 10-12 см (після багаторічних трав).

Термін: відразу після збирання попередника, не пізніше 2-3 днів.

Якість роботи: повне підрізання бур'янів, рівномірна глибина обробітку по всій площі поля, перекриття суміжних проходів: 15-20 см для уникнення огріхів, гребенистість поверхні: не більше 3-4 см, повнота підрізання рослинних решток: 100%.

Агрегат, що виконує операцію:

Трактор: МТЗ-80/82, John Deere 6130, Case IH Farmall 95. Знаряддя: ЛДГ-10, ЛДГ-15 або борони дискові важкі БДТ-7.

Типовий склад агрегату: МТЗ-82 + ЛДГ-10.

Дозволена швидкість руху: 8-10 км/год.

Лущення стерні проводиться для знищення вегетуючих бур'янів, провокування проростання насіння бур'янів наступної хвилі, збереження вологи у ґрунті шляхом розпушування верхнього шару, створення оптимальних умов для подальшої якісної оранки та загортання рослинних решток. Ця операція дозволяє знизити засміченість посівів бур'янами на 40-60% порівняно з варіантом без лущення.

2.2. Внесення органічних добрив

Технологічна операція: пнесення перегною або напівперепрілого гною під оранку.

Агротехнічні вимоги:

Норма внесення: 30-40 т/га (під інтенсивні технології вирощування), 20-25 т/га (під екстенсивні технології). Рівномірність розподілу по полю: відхилення не більше $\pm 15\%$ від середньої норми

Термін виконання: за 1-3 дні до оранки.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вологість органічного добрива: не більше 70-75%. Категорично не допускається внесення свіжого гною (тільки перепрілий або напівперепрілий). Забороняється внесення при замерзлому ґрунті.

Агрегат, що виконує операцію. трактор: МТЗ-1221, Т-150К, John Deere 7830, Case IH Puma 185. Розкидач органічних добрив: РОУ-6, ПРТ-10, РПН-4, МТТ-9.

Типовий склад агрегату: МТЗ-1221 + РОУ-6.

Дозволена швидкість руху: 6-8 км/год.

Органічні добрива є джерелом поживних речовин у доступній для рослин формі, покращують структуру ґрунту, збагачують його гумусом, підвищують водоутримуючу здатність, активізують діяльність корисної мікрофлори. Внесення 30-40 т/га перегною еквівалентне внесенню N150-180P90-120K180-210 та забезпечує приріст урожайності озимої пшениці на 8-12 ц/га.

2.3. Оранка

Полицева оранка з повним обертанням скиби на 180°.

Агротехнічні вимоги:

Глибина оранки: 25-27 см (оптимальна), 20-22 см (мінімально допустима для озимої пшениці) з одночасним боронуванням загортальними боронами для кращого кришення. Якість обертання скиби: повне загортання рослинних решток, органічних добрив та бур'янів. Гребенистість поверхні: не більше 5 см. Відхилення від заданої глибини: не більше ± 2 см. Наявність огріхів: не допускається.

Термін виконання: за 2-3 тижні до посіву для природного осідання та ущільнення ґрунту.

Не допускається оранка перезволоженого ґрунту (понад 25-27%).

Агрегат, що виконує операцію. Трактор: Т-150К, ХТЗ-17221, John Deere 8330, Case IH Magnum 340, New Holland Т8. Плуг: ПЛН-5-35, ПЛН-8-40, Lemken Diamant 12, Gregoire Besson, Kuhn Vari-Master.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Додаткове знаряддя: БЗТС-1,0 (борони зубові причіпні для одночасного боронування).

Типовий склад агрегату: Т-150К + ПЛН-5-35 + 3×БЗТС-1,0.

Дозволена швидкість руху: 7-9 км/год.

Оранка забезпечує кришення ґрунту, повне загортання рослинних решток та органічних добрив, створення глибокого розпушеного орного шару для безперешкодного розвитку кореневої системи озимої пшениці на глибину 120-150 см, знищення багаторічних бур'янів, покращення водного та повітряного режимів ґрунту.

2.4. Внесення мінеральних добрив

Суцільне поверхнєве внесення основного мінерального добрива

Агротехнічні вимоги.

Норма внесення НРК: N60-90P60-90K60-90 (конкретна норма залежить від родючості ґрунту, попередника та планованої врожайності). Рівномірність розподілу добрив по полю: відхилення $\pm 10\%$ від заданої норми. Глибина подальшого загортання: 8-12 см (під час передпосівної культивуації). Термін виконання: за 2-5 днів до посіву або безпосередньо перед передпосівною культивуацією.

Робоча ширина захвату розкидача: повинна відповідати ширині сівалки для зручності розрахунків.

Агрегат, що виконує операцію. Трактор: МТЗ-80/82, John Deere 6430, New Holland T6050, Case IH Farmall 95. Розкидач мінеральних добрив: РМГ-4, МВУ-0,5, Amazone ZA-M, Kuhn Axis, Vicon.

Типовий склад агрегату: МТЗ-82 + РМГ-4.

Дозволена швидкість руху: 8-12 км/год.

Внесення мінеральних добрив забезпечує рослини озимої пшениці необхідними елементами живлення протягом усього періоду вегетації. Азот необхідний для формування вегетативної маси та білка в зерні, фосфор сприяє розвитку потужної кореневої системи та прискорює дозрівання, калій підвищує зимостійкість рослин та стійкість до вилягання.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.5. Передпосівна культивуація

Суцільна передпосівна культивуація з одночасним боронуванням.

Агротехнічні вимоги.

Глибина культивуації: 8-10 см (на важких ґрунтах), 6-8 см (на легких ґрунтах). Підрізання бур'янів: 100% наявних на момент обробітку. Кількість культивуацій: 1-2 (залежно від ступеня засміченості поля та стану поверхні). Гребенистість поверхні після культивуації: не більше 2-3 см. Максимальний розмір грудок: не більше 3-5 см.

Термін виконання: перед посівом, за 1-2 дні, не раніше.

Агрегат, що виконує операцію. Трактор: МТЗ-80/82, ЮМЗ-6АЛ, John Deere 6130, Case IH Farmall 95. Культиватор: КПС-4, КШУ-12, КПГ-4 (культиватор пружинний), Horsch Terrano, Lemken Karat. Борони (для одночасного боронування): БЗСС-1,0.

Типовий склад агрегату: МТЗ-82 + КПС-4 + БЗСС-1,0.

Дозволена швидкість руху: 8-10 км/год

Передпосівна культивуація створює дрібногрудкувате оптимально ущільнене насіннєве ложе, вирівнює поверхню поля для забезпечення рівномірної глибини загортання насіння, знищує сходи бур'янів та їх проростки, зберігає вологу у ґрунті за рахунок розпушування верхнього шару, загортає мінеральні добрива на оптимальну глибину.

2.6. Передпосівне коткування (за потреби)

Коткування ґрунту безпосередньо перед посівом.

Агротехнічні вимоги.

Проводиться виключно на надмірно розпушених та легких за гранулометричним складом ґрунтах. Оптимальний ступінь ущільнення: щільність верхнього шару 1,1-1,2 г/см³. Вирівнювання поверхні поля: до 1-2 см.

Термін виконання: перед посівом, в день посіву.

Не проводиться на важких глинистих та переущільнених ґрунтах, при надмірній вологості ґрунту (понад 23-25%).

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Агрегат, що виконує операцію: трактор: МТЗ-80, ЮМЗ-6АЛ, МТЗ-82.
Каток: ЗККШ-6 (кільчасто-шпоровий), ККН-2,8 (кільчасто-зубчастий).

Типовий склад агрегату: МТЗ-80 + 2×ЗККШ-6.

Дозволена швидкість руху: 8-10 км/год.

Передпосівне коткування забезпечує формування щільного ложа для насіння озимої пшениці, покращує контакт насіння з ґрунтом що прискорює появу сходів, сприяє капілярному підйому вологи з нижніх шарів до зони розміщення насіння, вирівнює поверхню поля. Особливо ефективне в посушливих умовах та на легких ґрунтах, де скорочує термін появи сходів на 2-4 дні.

2.7. Протруювання насіння

Хімічне протруювання посівного матеріалу з додаванням півкоутворювачів та стимуляторів росту.

Агротехнічні вимоги.

Фунгіцидний протруйник: Вітавакс 200 ФФ (2,5-3,0 л/т), Максим Стар (1,0-1,5 л/т), Селест Топ (1,5-2,0 л/т). Інсектицидний протруйник (за необхідності захисту від шкідників): Круїзер 350 FS (0,8-1,0 л/т), Нупрід 600 FS (0,5 л/т). Стимулятор росту рослин: Вермистим (0,5 л/т), Емістим С (10 мл/т), Біолан (50 мл/т). Рівномірність покриття поверхні насіння: 100% кожного насінини. Оптимальний термін протруювання: за 2-15 днів до посіву (не раніше ніж за місяць). Мінімальні вимоги до якості насіння: 1-2 класу, схожість не менше 92%, чистота не менше 98%.

Обладнання, що виконує операцію:

Протруювач стаціонарний або пересувний: ПС-10, ПС-20, Mobitox, Hege 11, Petkus K-531

Протруювання насіння озимої пшениці захищає проростки та сходи від збудників кореневих гнилей, сажкових грибів, борошнистої роси, а також від шкідників. Стимулятори росту прискорюють проростання насіння, посилюють розвиток кореневої системи, підвищують польову схожість на 5-8% та врожайність на 2-4 ц/га.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.8. Сівба озимої пшениці

Рядковий посів з міжряддям 15 см на глибину 3-5 см.

Агротехнічні вимоги.

Норма висіву: 4,5-5,5 млн схожих насінин на гектар (180-220 кг/га). Глибина загортання: 3-5 см (оптимально 4 см на середньо-суглинкових ґрунтах). Спосіб посіву: звичайний рядковий з міжряддям 15 см (стандарт) або вузькорядний з міжряддям 7,5 см. Допустиме відхилення від норми висіву: $\pm 3\%$ по площі поля. Відхилення від заданої глибини загортання: не більше ± 1 см. Рівномірність розподілу насіння в рядку та між рядками: відхилення $\pm 5\%$. Наявність пропусків та огріхів не допускається.

Оптимальні строки посіву: 15-25 вересня (для зони Лісостепу), 25 вересня - 5 жовтня (для Степу)

Агрегат, що виконує операцію. Трактор: МТЗ-80/82, John Deere 6430, Case IH Farmall 115, New Holland T6. Сівалка зернова: СЗ-3,6, СЗП-3,6, Amazone D9, Horsch Pronto, Lemken Solitair.

Типовий склад агрегату: МТЗ-82 + СЗ-3,6

Дозволена швидкість руху: 8-12 км/год.

Обґрунтування необхідності операції: Сівба озимої пшениці в оптимальні строки з дотриманням норми висіву забезпечує формування 500-600 продуктивних стебел на 1 м² до збирання врожаю. Оптимальна глибина загортання 4 см забезпечує дружну появу сходів через 7-10 днів, формування вузла кущення на глибині 2-3 см (оптимально для зимівлі) та розвиток потужної вторинної кореневої системи. Дотримання технології посіву є ключовим фактором формування високого врожаю.

2.9. Прикочування посівів

Технологічна операція: Прикочування посівів одночасно з посівом або відразу після нього.

Агротехнічні вимоги.

Відразу після посіву (протягом 2-4 годин). Ступінь ущільнення: забезпечення щільного контакту насіння з ґрунтом без переущільнення. На

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

важких глинистих ґрунтах: обмежене легке прикочування або взагалі не проводиться. На легких супіщаних ґрунтах та в посушливих умовах: обов'язкове прикочування. Не проводиться при надмірній вологості ґрунту

Агрегат, що виконує операцію:

Або причіпні котки окремим проходом:

Типовий склад: МТЗ-82 + ЗККШ-6, ККН-2,8 або сівалка СЗП-3,6 (з вбудованими котками).

Дозволена швидкість руху: 8-10 км/год.

Прикочування посівів озимої пшениці забезпечує щільний контакт насіння з ґрунтовими частинками, що прискорює набухання та проростання насіння. В результаті поява сходів прискорюється на 2-3 дні, польова схожість насіння підвищується на 8-12%, формується більш рівномірний стеблостій. Особливо ефективне прикочування в посушливих умовах та на легких ґрунтах.

2.10. Осіннє підживлення аміачною селітрою (за необхідності)

Підживлення посівів озимої пшениці в осінній період

Агротехнічні вимоги.

Норма внесення азоту: N30-45 (тільки у разі явно слабкого розвитку рослин). Фаза розвитку рослин для внесення: 2-3 листки - початок кущення. Умова проведення: якщо рослини не досягли оптимального розвитку (менше 3-4 пагонів кущення). Категорично не проводиться пізніше 20-25 жовтня (щоб не знизити зимостійкість через надмірний розвиток). Форма добрива: аміачна селітра (найбільш доступна форма азоту восени). Проводиться тільки на бідних ґрунтах або при запізненні з посівом

Агрегат, що виконує операцію. Трактор: МТЗ-80, МТЗ-82. Розкидач мінеральних добрив: РМГ-4, МВУ-0,5.

Типовий склад агрегату: МТЗ-80 + РМГ-4.

Дозволена швидкість руху: 10-12 км/год.

Осіннє підживлення озимої пшениці азотом проводиться тільки у виняткових випадках - на дуже бідних ґрунтах, при пізніх строках сівби або

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

при явному недорозвитку рослин. Мета - забезпечити формування 3-4 пагонів кущення до припинення осінньої вегетації, що є оптимальним для успішної перезимівлі.

2.11. Ранньовесняне боронування

Боронування посівів озимої пшениці для закриття вологи та знищення ранніх бур'янів.

Агротехнічні вимоги.

Оптимальний термін: при настанні фізичної стиглості ґрунту. Глибина обробітку: 2-4 см.

Тип борін для застосування: середні БЗСС-1,0 (при нормальному стані посівів), легкі БЗЛ-1,0 (при зрідженні та ослабленні рослин). Напрямок руху агрегату: поперек або по діагоналі до напрямку рядків посіву. Швидкість руху: обмежена можливістю пошкодження рослин (не більше 7 км/год).

Не проводиться на ослаблених посівах з поганим станом рослин.

Агрегат, що виконує операцію. Трактор: МТЗ-80, ЮМЗ-6АЛ. Борони зубові: БЗСС-1,0 (середні зубові сітчасті), БЗЛ-1,0 (легкі зубові).

Типовий склад агрегату: МТЗ-80 + БЗСС-1,0.

Дозволена швидкість руху: 5-7 км/год

Ранньовесняне боронування посівів озимої пшениці закриває ґрунтову вологу, зменшуючи випаровування на 15-20%, розпушує поверхневу ґрунтову кірку, покращуючи аерацію кореневої системи, знищує 40-60% сходів ранніх ярих бур'янів, видаляє відмерлі за зиму рослини та їх частини. Операція проводиться в фазі кущення рослин, коли вони міцно вкорінені. Приріст урожайності від боронування становить 2-4 ц/га.

2.12. Перше весняне підживлення

Ранньовесняне підживлення посівів озимої пшениці азотними добривами.

Агротехнічні вимоги.

Норма внесення азоту: N45-60 (конкретна норма залежить від стану посівів після перезимівлі та вмісту мінерального азоту в ґрунті).

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Оптимальний термін виконання: рання весна, початок відновлення весняної вегетації (при середньодобовій температурі +5...+7°C). Фаза розвитку рослин: відновлення весняної вегетації - початок кущення. Форма азотного добрива: аміачна селітра (34,4% N) - найбільш доступна форма азоту.

Спосіб внесення: поверхнєве розкидання без загортання.

Агрегат, що виконує операцію: трактор: МТЗ-80, МТЗ-82 і розкидач мінеральних добрив: РМГ-4, МВУ-0,5, Amazone ZA-M.

Типовий склад агрегату: МТЗ-80 + РМГ-4

Дозволена швидкість руху: 10-12 км/год

Перше весняне підживлення озимої пшениці відновлює рослини після зимового періоду, стимулює процеси кущення, сприяє формуванню оптимальної густоти продуктивного стеблостою (500-600 стебел/м²).

2.13. Друге весняне підживлення

Підживлення посівів озимої пшениці в період максимального споживання поживних речовин.

Агротехнічні вимоги:

Норма внесення азоту: N30-45. Фаза розвитку рослин для застосування: вихід в трубку (фаза появи 1-2 міжвузля, ВВСН 31-32). Форма азотного добрива: аміачна селітра (для сухого внесення) або КАС-32. Можливе додаткове внесення сульфату амонію (20-30 кг/га) для підвищення вмісту білка в зерні. Спосіб внесення: поверхнєве (для гранульованих добрив) або позакоренєве обприскування (для рідких форм).

Агрегат, що виконує операцію: трактор: МТЗ-80, МТЗ-82 і розкидач мінеральних добрив: РМГ-4, МВУ-0,5, обприскувач штанговий: ОПШ-15, ОП-2000.

Типовий склад агрегату: МТЗ-80 + РМГ-4.

Дозволена швидкість руху: 10-12 км/год (при розкиданні гранульованих добрив), 8-10 км/год (при обприскуванні рідкими добривами).

Друге весняне підживлення озимої пшениці забезпечує формування основних елементів продуктивності колоса - кількості зерен в колосі та маси

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1000 зерен. Азот у фазі виходу в трубку використовується для формування генеративних органів. Крім того, друге підживлення підвищує вміст білка в зерні на 1,5-2,5%, що покращує хлібопекарські якості. Приріст урожайності від другого підживлення становить 5-8 ц/га.

2.14. Пряме комбайнування

Збирання озимої пшениці методом прямого комбайнування.

Агротехнічні вимоги.

Оптимальна вологість зерна для початку збирання: 14-18% (оптимально 16%).

Висота зрізу стебел: 15-20 см (при врожайності до 50 ц/га), 20-25 см (при врожайності понад 50 ц/га). Допустимі втрати зерна за жаткою та з соломи: не більше 1,5% (не більше 0,75 ц/га при врожайності 50 ц/га). Допустиме дроблення зерна: не більше 2%. Мінімальна чистота зерна в бункері комбайна: не менше 96%. Напрямок руху комбайна: поперек або під кутом 45° до напрямку посіву. Термін збирання всієї площі: 7-10 днів.

Агрегат, що виконує операцію: зернозбиральний комбайн: Славутич, John Deere S680, Case IH Axial Flow 7140, Claas Lexion 770, New Holland CR9090. Жатка: 6-9 м.

Дозволена швидкість руху комбайна: 5-7 км/год (при врожайності до 50 ц/га), 4-6 км/год (при врожайності понад 50 ц/га).

2.15. Очищення зерна

Попереднє очищення свіжозібраного зерна від крупних та дрібних домішок.

Агротехнічні вимоги:

Вологість вхідного зерна: до 20% (при вищій вологості обов'язкове активне вентилявання перед очисткою). Вміст смітцевої домішки після первинного очищення: не більше 3%. Мінімальна продуктивність обладнання: повинна відповідати потоку надходження зерна від комбайнів (15-20 т/год мінімум).

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Обладнання для первинного очищення: ОВС-25, ЗАВ-10, ОВП-20, МПО-50, Petkus K-547

Ефективність розділення: не менше 50% – для попереднього очищення і не менше 60% – для первинного.

2.16. Сушіння зерна (при вологості понад 14%)

Штучне сушіння зерна пшениці до безпечної вологості для зберігання. Агротехнічні вимоги.

Температура агента сушіння: для продовольчого зерна: 45-50°C, для насіннєвого – 40-45°C. Допустиме зниження вологості за один пропуск через сушарку: не більше 6% (при більшому зниженні - розтріскування зерна). Кінцева вологість зерна: 14% (для зберігання до 1 року), 13% (для довгострокового зберігання понад 1 рік).

Типи сушарок: СЗСБ-4, СЗПС-8, зерносушарки шахтні, барабанні, модульні.

При вологості зерна понад 20% - обов'язкове активне вентилювання перед сушінням.

Сушіння зерна озимої пшениці до вологості 14% забезпечує безпечні умови для тривалого зберігання без розвитку мікроорганізмів (плісневих грибів, бактерій), зберігає схожість насіннєвого зерна на рівні 92-95% протягом року, запобігає самозігріванню зернової маси. При вологості понад 14% зерно можна зберігати не більше 2-3 тижнів навіть при низьких температурах.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НА СІВБУ

3.1. Вихідні дані

Сівалку СЗ-3,6 агрегатують разом із трактором МТЗ-80.

Технічні показники агрегату.

Характеристики МТЗ-80:

- тяговий клас – 14 кН;
- потужність – 80 к.с.;
- вага $G_{mp} = 36,0$ кН;
- сила на гаку при таких швидкостях:

- $V_m^{III} = 7,24$ км/год - $P_{н.зак}^{III} = 14,0$ кН;

- $V_m^{IV} = 8,9$ км/год - $P_{н.зак}^{IV} = 14,0$ кН;

- $V_m^V = 10,54$ км/год - $P_{н.зак}^V = 11,5$ кН;

- $V_m^{VI} = 12,33$ км/год - $P_{н.зак}^{VI} = 9,5$ кН;

- $V_m^{VII} = 15,15$ км/год - $P_{н.зак}^{VII} = 7,5$ кН.

3.2. Обґрунтування параметрів посівного агрегату

Аналізуючи потенційні режими функціонування, необхідно підкреслити, що експлуатація посівного комплексу на сьомій передачі за розрахункової швидкості (яка перевищує допустимі межі) є технічно неможливою, оскільки конструктивні особливості сівалки обмежують її фактичний рух позначкою до 12 км/год. З огляду на це, виконаємо оцінку працездатності зазначеного машино-тракторного агрегату на нижчих ступенях коробки передач. Фактичний тяговий потенціал колісного трактора МТЗ-80 із поправкою на подолання рельєфних нерівностей та ухилів поля визначається:

$$P = P_{зак} - G_{mp} \cdot i \quad (3.1)$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

де $P_{н.зак}$ кН, – тягове зусилля;

$G_{тр}=36,0$ кН – вага,

i – можливий нахил ділянки. Для складного рельєфу приймемо $i=0,07$

Дійсне тягове зусилля трактора при роботі на максимальному схилі:

- при вмиканні третьої та четвертої передач:

$$P_{рIII}=P_{рIV}=14-36,0\cdot0,07=11,48\text{кН};$$

- при п'ятій передачі:

$$P_{рV}=11,5-36,0\cdot0,07=8,98\text{ кН}.$$

- при шостій передачі:

$$P_{рVI}=8,98-36,0\cdot0,07=6,46\text{кН}.$$

Допустима гранична робоча ширина:

$$B_{\max} = \frac{P_p \cdot \kappa}{x_m} \quad (3.2)$$

де $\kappa = 0,8$ – коефіцієнт використання тяги;

$x_m=1,41\dots1,83$ кН/м – питомий тяговий опір СЗ-3,6.

Допустимою шириною агрегату при роботі на третій та четвертій передачах, є:

$$B_{\max III}=B_{\max IV}=11,48\cdot0,8/1,6=5,74\text{м};$$

- при п'ятій передачі:

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$B_{\max V}=8,98 \cdot 0,8 / 1,6=4,49 \text{ м;}$$

- при шостій:

$$B_{\max V I}=6,46 \cdot 0,8 / 1,6=3,23 \text{ м.}$$

Спираючись на результати виконаних інженерних розрахунків, можна констатувати, що жоден із розглянутих режимів не задовольняє вимогам експлуатації агрегату у складі багатосівальної зчіпки. Разом з тим, функціонування посівного комплексу на шостій передачі є технічно неможливим, оскільки розрахована гранично допустима ширина захвату виявилася меншою за фактичні робочі габарити сівалки. З огляду на це, подальші аналітичні дослідження доцільно здійснювати для варіанта з односівальним компонуванням. Виконаємо перевірку коефіцієнта використання номінального тягового зусилля енергетичного засобу (трактора) під час його агрегування із зернотуковою сівалкою СЗ-3,6:

$$K = \frac{B_p \cdot x_m}{P_p}$$

Коефіцієнт використання тягового опору при третій та четвертій передачах дорівнює:

$$K_{III}=K_{IV}=3,6 \cdot 1,6 / 11,48=0,5,$$

- при п'ятій передачі:

$$K_V=3,6 \cdot 1,6 / 9,8,98=0,64.$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Отримавши розрахункові дані можна дійти висновку, що найбільш оптимальним і технічно обґрунтованим варіантом є експлуатація посівного комплексу у складі трактора МТЗ-80, який функціонує на п'ятій передачі за розрахункової швидкості руху 11,5 км/год. У поєднанні із зернотуковою сівалкою СЗ-3,6 даний енергетичний засіб гарантує досягнення максимальних показників виробітку та найвищого рівня завантаження тягової потужності силової установки. Теоретична (технологічна) продуктивність визначеного складу агрегату, що відображає його роботу в ідеалізованих умовах без урахування часу на розвороти, технологічні зупинки, заправку бункерів та усунення експлуатаційних відмов безпосередньо в полі, розраховується за такою залежністю:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p, \quad (3.3)$$

Фактична швидкість руху посівного комплексу під час виконання польових робіт зазвичай є дещо меншою, ніж її розрахункове (теоретичне) значенню, що зумовлено буксуванням коліс трактора на розпушеному, підготовленому під сівбу ґрунтовому фоні. З урахуванням коефіцієнта буксування коліс, дійсна робоча швидкість машино-тракторного агрегату визначається за такою математичною залежністю:

$$V_p = V \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (3.4)$$

де V — теоретична швидкість

$\delta=7\%$ – коефіцієнт пробуксовування.

Тож, робоча швидкість посівного агрегату при п'ятій передачі -рівна

$$V_p = 10,54 \cdot (1 - 7/100) = 9,8 \text{ км/год.}$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

Отже, при таких складових маємо:

$$W=0,1 \cdot 3,6 \cdot 9,8=3,5 \text{ га/год.}$$

За часу зміни, змінна технологічна продуктивність $T_{зм}=8$ годин буде

$$W_{зм.т} = 3,5 \cdot 8=28 \text{ га/зм.}$$

Зважаючи на те, що теоретичний виробіток не відображає затрат часу на маневрування агрегату, холості повороти та інші технологічні перерви, більш об'єктивним та інформативним критерієм оцінки є його фактична (змінна) продуктивність, величина якої буде дещо нижчою. Обсяг чистого робочого часу протягом зміни, що витрачається безпосередньо на виконання корисної операції, визначається за такою залежністю:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, \quad (3.5)$$

де $\tau=0,9$ – приблизне середнє значення коефіцієнту використання часу зміни при дії посівних агрегатів разом із колісними тракторами.

Тобто чистий робочий час:

$$T_p=8 \cdot 0,9=7,2 \text{ год.}$$

Отже, фактична змінна продуктивність буде

$$W_{зм}=3,5 \cdot 7,2=25,2 \text{ га/зм.}$$

Дізнаємось витрату палива посівним агрегатом.

Змінні витрати палива визначають такою формулою:

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z, \quad (3.6)$$

де Q_p – годинні витрати палива під час основної операції;

Q_x – годинні витрати з виконанням холостих ходів;

t_x – час холостих ходів;

Q_z – годинні витрати палива під час зупинок;

t_z – час зупинок.

Годинні витрати палива трактором МТЗ-80:

- для основної операції – $Q_p = 14,6 \dots 17,0$ кг/год;

- для холостих ходів $Q_x = 8,9 \dots 12,1$ кг/год;

- для зупинок – $Q_z = 1,6 \dots 3,1$ кг/год.

Визначимо час холостих рухів та зупинок за робочу зміну такою формулою:

$$t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2}, \quad (3.7)$$

Підставимо та отримаємо:

$$t_{x6} = t_{z6} = 8 - 7,2/2 = 0,4 \text{ год.}$$

Отже, змінні витрати палива посівного агрегату становитимуть

$$Q_{зм} = 16 \cdot 7,2 + 11 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,4 = 120,4 \text{ кг/зм.}$$

Питомі витрати палива на одиницю посівної площі визначають завдяки формулі:

$$Q_n = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}$$

$$Q_{\pi}=120,4/25,2=4,7 \text{ кг/га.}$$

3.3. Операційно-технологічна карти при сівбі.

Траєкторія руху посівного комплексу організовується за найефективнішою тактовою схемою – човниковим методом (рис. 3.1), реалізація якого стає можливою завдяки симетричній конструкції робочих органів машино-тракторного агрегату. При виконанні маневрів на кінцях загінки застосовується безпетлевий грушоподібний тип розвороту.

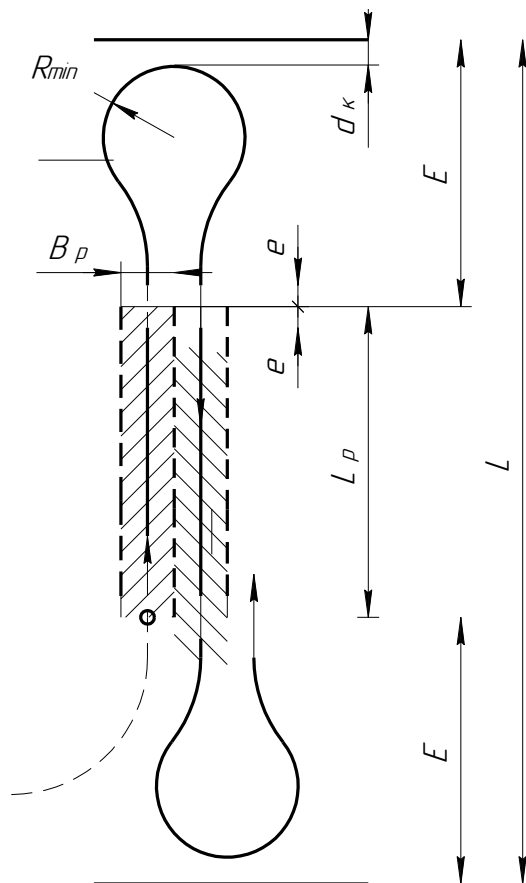


Рис. 3.1. Схема підготовки ділянки до дії посівного агрегату

Мінімально необхідна ширина поворотної смуги, що забезпечує безперешкодне маневрування посівного агрегату за такою безпетлевою траєкторією, обчислюється за такою математичною залежністю:

$$E = 1,5 \cdot R_{\min} + L_a, \quad (3.8)$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту.

L_a – кінематична довжина.

Мінімальний радіус повороту з трьома машинами обчислюють завдяки формулі [5,6]:

$$R_{\min} = 1,7 \cdot B_p = 1,7 \cdot 3,6 = 6,12 \text{ м} \quad (3.9)$$

Кінематична довжина:

$$L_a = L_{mp} + L_M, \quad (3.9)$$

де $L_{mp} = 0,94$ м – кінематична довжина МТЗ-80;

$L_M = 4,3$ м – довжина СЗ-3,6.

З урахуванням довідкових величин, кінематична довжина становитиме:

$$L_a = 0,94 + 4,3 = 5,24 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги:

$$E = 6,12 + 5,24 = 11,36 \text{ м.}$$

Зважаючи на те, що після завершення основного циклу сівби на загінці площу поворотних смуг необхідно додатково засіяти, їхній лінійний розмір встановлюють як величину, що є кратною робочій ширині захвату посівного комплексу. Виконаємо коригування та уточнення геометричних параметрів поворотної смуги. Теоретична кратність робочих проходів агрегату під час

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

подальшого обсіву зазначеної крайової зони визначається за такою формулою:

$$K=E/B_p=11,36/3,6=3,16$$

Округлимо до найближчого цілого: $K=3$.

Точна ширина поворотної смуги:

$$E=3 \cdot 3,6=10,8 \text{ м.}$$

Влаштуємо коефіцієнт робочих ходів:

$$K_p = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.10)$$

де L_p – загальна довжина гону;

L_x – довжина холостого переміщення.

Визначимо довжину гону для човникової дії агрегату завдяки формулі:

$$L_p = L - 2 \cdot E; \quad (3.11)$$

де $L=1000$ м – середня довжина поля.

Отже, довжина гону:

$$L_p=1000-2 \cdot 10,8=978,4 \text{ м.}$$

Довжина холостого руху посівного агрегату:

$$L_x = 6 \cdot R + 2 \cdot l, \quad (3.12)$$

де l – відстань виїзду посівного агрегату.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вийзд посівного агрегату:

$$l = 0,5 \cdot L_a$$

$$l = 0,5 \cdot 5,24 = 2,62 \text{ м.}$$

Тобто холостий рух посівного агрегату буде:

$$L_x = 6 \cdot 6,12 + 2 \cdot 2,62 = 40,89 \text{ м.}$$

Отже, коефіцієнт робочих ходів:

$$K_p = 978,4 / (978,4 + 40,89) = 0,96.$$

Розрахуємо тривалість одного циклу:

$$T_u = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2 \cdot t_n, \quad (3.13)$$

де $t_n = 0,6$ хв. – приблизний час повороту.

Підставивши до (3.13) розраховані показники, отримуємо:

$$T_u = \frac{12 \cdot 978,4}{10^2 \cdot 9,8} + 2 \cdot 0,6 = 13,2 \text{ хв.} = 0,22 \text{ год.}$$

Технічна продуктивність протягом циклу

$$W_u = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_u \cdot \tau, \quad (3.14)$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $\tau=0,9$ – прийнятий коефіцієнт робочого часу (з урахуванням поворотів і зупинок).

$$W_{\text{ц}}=0,1 \cdot 3,6 \cdot 9,8 \cdot 0,22 \cdot 0,9=0,7 \text{ га/цикл.}$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{з.м.}}}{W_{\text{ц}}},$$

$$n_{\text{ц}}=25,2/0,7=36,07 \text{ цикл/зм.}$$

Приймаємо $n_{\text{ц}}=36$ цикл/зм.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Опис об'єкту розробки.

Зерно тукова універсальна сівалка СЗ-3,6 конструктивно виконана як напівпричіпна сільськогосподарська машина, що застосовується для суцільного рядового висіву насіннєвого матеріалу колосових і бобових культур із паралельним дозованим зароблянням у ґрунт гранульованих туків (мінеральних добрив). Агрегат адаптований до функціонування на робочих швидкостях до 12 км/год і може ефективно залучатися до сівби дрібнонасінних або малосипких трав'яних сумішей, а також інших видів рослин, що мають схожі із зерном габаритні параметри та норми висівання.

Схема функціонування і будова основних вузлів сівалки наведена на рис 4.1.

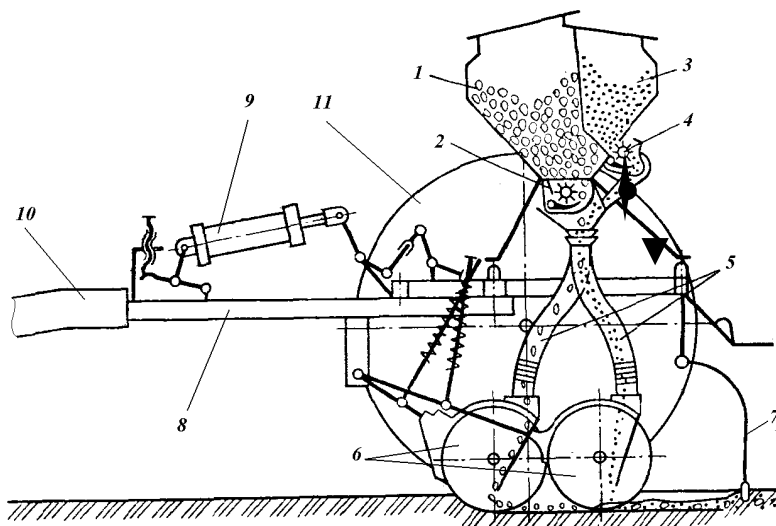


Рис. 4.1. Функціональна схема сівалки СЗ-3,6:

1- зерновий бункер, 2- зерновий висівний апарат, 3- туковий ящик, 4- туковий висівний апарат; 5- насіннє-тукопроводи, 6- дискові сошники, 7- загортачі, 8- рама, 9- механізм підйому сошників, 10- сниця, 11- опорно-приводне колесо.

Сівалка оснащена гофрованими гнучкими насіннєпроводами, по яких насіння та мінеральні добрива надходять від висівних апаратів безпосередньо у борозни. Загортання висіяного матеріалу здійснюється спеціальними загортачами. Для заправлення сівалки та її технічного обслуговування передбачено зручну підніжку.

Технологічний процес роботи сівалки відбувається наступним чином. Під час руху агрегату з опущеними сошниками обертальний момент від опорно-привідних коліс через контрпривідний вал та механізм передачі передається на вали висівних апаратів. Насіння та мінеральні добрива дозуються за допомогою катушкових і штифтових апаратів і по насіннєпроводах спрямовуються до сошників, де потрапляють у підготовлену борозну. Після висіву матеріал загортається загортачами.

Оптимальна робота сівалки забезпечується при вологості ґрунту 15–25 % для глибини загортання до 5 см та не більше 30 % – для глибини 5–10 см.

Сівалка обладнана гідрофікованою системою підйому сошників і призначена для агрегування з тракторами тягового класу 0,9–1,4. У широкозахватних посівних агрегатах сівалка працює в поєднанні з гідрофікованими зчіпками СП-16А або СП-11А та тракторами класу 3 т і вище.

Ширина міжряддя становить 15 см. Для забезпечення рівномірних стикових міжрядь використовуються маркери або система паралельного водіння GPS.

Рама сівалки – жорстка, замкнутого типу, прямокутної форми, зварена з профільних труб. На задній частині рами розташовані поворотні вали для піднімання та опускання сошникових груп. На косинках заднього бруса встановлено вал контрприводу з обгінними муфтами та вимикачем. Обгінні муфти забезпечують передачу обертального моменту від двох опорно-привідних коліс. При піднятті сошників у транспортне положення вимикач автоматично вимикає механізм передачі.

Насіннєтуковий ящик складається з насіннєвого та тукового бункерів, об'єднаних в єдину конструкцію. У дні насіннєвого бункера розміщені катушкові висівні апарати, які дозволяють регулювати норму висіву та швидко спорожнювати бункер. Апарати обладнані регуляторами, що дає можливість висівати як дрібне, так і крупне насіння. У туковому бункері

встановлені штифтові тукові апарати. За необхідності туковий бункер можна використовувати для висіву додаткової кількості насіння.

Механізм передачі призначений для передачі крутного моменту від опорно-привідних коліс до висівних апаратів. Він забезпечує шість ступенів регулювання норми висіву на кожному валу насінневих і тукових апаратів.

Сошники сівалки – дводискові. Кожен сошник складається з двох дисків, закріплених на чавунних маточинах і обертається на герметично закритих підшипниках.

Насіннепроводи виконані гофрованими з еластичного матеріалу (гуми або пластмаси), що забезпечує надійне транспортування насіння без пошкоджень.

Для загоряння насіння використовуються пальцеві загортачі. Для кращого загортання та вирівнювання поверхні поля за сівалкою може встановлюватися ланцюговий шлейф.

4.2. Розрахунок котушкового висівного апарата

Вага зерна, дозованого за один оберт жолобкової котушки обчислюється завдяки формулі

$$g_o = 10^{-6} \left[S \cdot z \cdot \mu + \frac{\pi \cdot d_k \cdot (1 - e^{-b_0 \cdot c_1})}{b_0} \right] \cdot L_k \cdot \gamma, \quad (4.1)$$

де S – площа поперечного перерізу жолобка мм²;

$z=12$ – кількість жолобків на котушці;

$\mu=0,9$ - коефіцієнт заповнення;

$d_k=50$ мм- зовнішній діаметр котушки, мм;

b_0 – коефіцієнт пропорційності ($b_0 = 0,35$);

c_1 – проміжок на виході між котушкою й днищем в мм;

L_k – робоча довжина котушки, мм;

$\gamma_m=1$ г/см³ – об'ємна маса насіння, г/см³.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Сумарна загальна площа (рис. 4.2) розраховується як:

$$S=S_1+S_2+S_3,$$

де S_1 , S_2 і S_3 – площі, відповідно внутрішньої, середньої і зовнішньої ділянки жолобка.

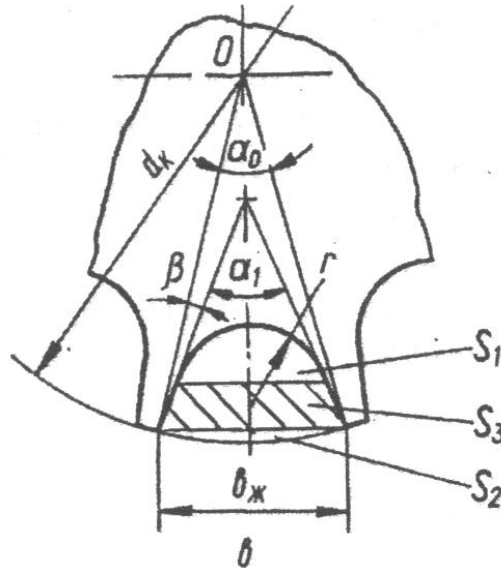


Рис. 4.2. Схема одного жолобка катушкового зернового висівного апарата.

Дізнаємось площі характерних ділянок жолобка.

Площу внутрішньої ділянки розраховують формулою:

$$S_1 = 0,5 \cdot r^2 (\pi - \alpha_1 - \sin(\pi - \alpha_1)), \quad (4.2)$$

де α_1 – кут переходу між циліндричною і призматичною ділянками;

$r=5$ мм- радіус впадини.

Кут переходу між циліндричною і призматичною ділянками розрахуємо формулою:

$$\alpha_1 = 2 \cdot (0,5 \cdot \alpha_0 + \beta), \quad (4.3)$$

де α_0 – кут розкриття граней.

$\beta = 6^\circ$ - кут нахилу.

Кут розкриття граней жолобка дізнаємось завдяки формулі:

$$\alpha_0 = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{b_{\text{ж}}}{d_k}\right), \quad (4.4)$$

де $b_{\text{ж}} = 12$ мм – робоча ширина,

$d_k = 50$ мм – діаметр катушки.

Отже, кут розкриття граней жолобка буде:

$$\alpha_0 = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{12}{50}\right) = 27,8^\circ = 0,48 \text{ рад.}$$

Тобто, кут де відбувається перехід циліндричної частини в призматичну:

$$\alpha_1 = 2 \cdot (0,5 \cdot 27,8 + 5) = 37,8^\circ = 0,66 \text{ рад.}$$

Отже, площа внутрішньої ділянки:

$$S_1 = 0,5 \cdot 5^2 (\pi - 0,66 - \sin(\pi - 0,66)) = 30,5 \text{ мм}^2.$$

Площу середньої ділянки розраховують за формулою:

$$S_2 = 0,125 \cdot d_k^2 \cdot (\alpha_0 - \sin \alpha_0). \quad (4.4)$$

Значить площа середньої призматичної ділянки буде:

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

$$S_2 = 0,125 \cdot 50^2 \cdot (0,48 - \sin(0,48)) = 5,7 \text{ мм}^2,$$

Площу зовнішньої циліндричної ділянки розраховують за формулою:

$$S_3 = \frac{(b_{\text{ж}}^2 - 4 \cdot r^2 \cos^2(0,5 \cdot \alpha_1))}{4 \cdot \operatorname{tg}(0,5 \cdot \alpha_1)}. \quad (4.5)$$

Тобто, площа зовнішньої ділянки буде:

$$S_3 = \frac{(12^2 - 4 \cdot 5^2 \cdot \cos^2(0,5 \cdot 0,66))}{4 \cdot \operatorname{tg}(0,5 \cdot 0,66)} = 25,7 \text{ мм}^2.$$

Отже, враховуючи знайдені складові, загальна сумарна площа поперечного перерізу жолобка буде становити :

$$S = 30,5 + 5,7 + 25,7 = 61,9 \text{ мм}^2.$$

Маса зерна, дозованого за один оберт жолобковою катушкою:

$$g_o = 10^{-6} \left[61,9 \cdot 12 \cdot 0,6 + \frac{\pi \cdot 50 \cdot (1 - e^{-0,35 \cdot 8})}{0,35} \right] \cdot 40 \cdot 785 = 27,2 \text{ г/об.}$$

4.3. Удосконалення і розрахунок штифтового туковисівного апарата

Аналіз умов роботи штифтової катушки дозволив виявити її недоліки, а саме, малий зовнішній діаметр, що не завжди дозволяє отримати активний забір туків, що обумовлено відносно високою коловою швидкістю (при великих нормах внесення) і, як наслідок – великою відцентровою силою, яка не дозволяє виконувати задане дозування, особливо, при низькому рівні туків

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

у бункері. Крім того, класична двоштифтова схема котушки не справляється з формуванням рівномірного потоку туків, особливо, підвищеної вологості або злежаності.

Тому, пропонуємо використання котушки збільшеного діаметру, оснащеної трьома рядами укорочених штифтів, яку будемо виготовляти з полімеру, шляхом литва. Схему запропонованої котушки наведено нижче, на рис. 4.3.

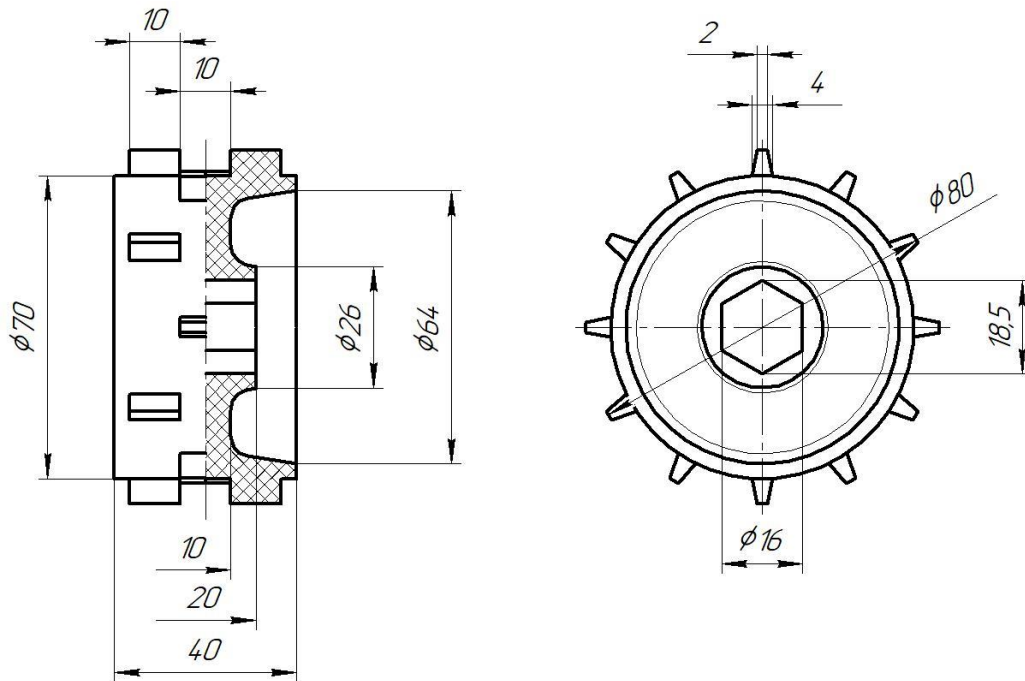


Рис. 4.3. Схема модернізованої штифтової котушки туковисівного апарата сівалки СЗ-3,6.

Масу туків, що дозується туковисівним апаратом за один оберт модернізованої штифтової котушки, визначають за такою формулою:

$$q_o = \gamma_T \cdot \left[\left(\frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot L_k}{4} - V_{ш} \cdot Z \right) \cdot \mu + \pi \cdot d_1 \cdot L_k \cdot C_{np} \right] \cdot 10^{-3}, \quad (4.6)$$

де $\gamma_m = 0,65 - 1,1$ кг/л – об’ємна маса туків (прийємо середнє значення $\gamma_m = 0,88$ кг/л;

$d_1 = 80$ мм – діаметр по виступам штифтів;

$d_2 = 70$ мм – діаметр впадин;

$L=40$ мм – загальна робоча довжина;

$V_{ш}$ – об'єм штифтів, мм³;

$Z=18$ шт. – кількість штифтів на поверхні катушки;

$\mu=0,75$ – коефіцієнт заповнення жолобків;

$C_{пр}$ – приведена товщина активного шару туків, мм.

Дізнаємось об'єм штифтів (рис. 4.3):

$$V_{ш} = \frac{2+4}{2} \cdot 5 \cdot 10 = 150 \text{ мм}^3;$$

Приведену товщину активного шару туків дізнаємось завдяки формулі

$$C_{пр} = \frac{1 - 40^{-0,25 \cdot 10}}{0,25} = 3,99 \text{ мм.}$$

Отже, маса туків, котра дозуються за один оберт:

$$q_o = 0,88 \left[\left(\frac{3,14 \cdot (80^2 - 70^2) \cdot 40}{4} - 150 \cdot 18 \right) \cdot 0,75 + 3,14 \cdot 70 \cdot 40 \cdot 3,99 \right] \cdot 10^{-3} = 34,4 \text{ г/об.}$$

4.4. Розрахунок зернового й тукового висівних ящиків

Повний об'єм висівного ящика залежить від ширини захвату сівалки, норми дозування, об'ємної маси матеріалу, який сіється, а також, у великій мірі, від відстані, яку має пройти сівалка від заправки до заправки, з урахуванням, що для зменшення витрат паливно-мастильних матеріалів, заправка має відбуватися на одному кінці поля.

Формула для визначення об'єму бункера має вигляд

$$V_{\delta} = \frac{(1,1 \dots 1,15) \cdot L \cdot B \cdot Q}{10^4 \cdot \gamma_c} \quad (4.7)$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

де $B=3,6$ м – ширина захвату, м;

L – відстань, яку проходить сівалка між послідовними заправками, м;

Q – норма дозування (висіву) зерна, кг/га;

γ_c – об'ємна (насипна) маса, кг/м³.

Довжину між заправками дізнаємось завдяки формулі

$$L=L_r \cdot m$$

де $L_r=600-1000$ м – оптимальна довжина гону (прийmemo $L_r=800$ м);

$m=4$ – кількість гонів, прийнята між послідовними заправками.

Довжина між заправками:

$$L=800 \cdot 4=3200 \text{ м}$$

Для визначення об'єму зернового висівного ящика, прийmemo наступні дані:

- норма дозування (висіву) зерна $Q=215$ кг/га ($Q=180\dots250$ кг/га);
- об'ємна (насипна) маса $\gamma_c=785$ кг/м³ ($\gamma_c=760-810$ кг/м³ для якісного насіння).

Визначимо об'єм зернового висівного ящика:

$$V_{\delta} = \frac{1,1 \cdot 3200 \cdot 3,6 \cdot 215}{10^4 \cdot 785} = 0,347 \text{ м}^3$$

Для визначення об'єму тукового висівного ящика, прийmemo наступні дані:

- норма дозування (висіву) туків $Q=85$ кг/га ($Q=70\dots100$ кг/га) – для нітроамофоски;
- об'ємна (насипна) маса $\gamma_c=975$ кг/м³ ($\gamma_c=900-1050$ кг/м³ для нітроамофоски).

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначимо об'єм тукового висівного ящика

$$V_{\delta} = \frac{1,1 \cdot 3200 \cdot 3,6 \cdot 85}{10^4 \cdot 975} = 0,11 \text{ м}^3$$

4.5. Розрахунки вильоту маркерів

Для точного водіння посівного агрегату та витримування стикових міжрядь застосовують маркери (рис. 4.4), які залишають на ґрунті чітку борозенку на заданій відстані збоку від смуги руху сівалки.

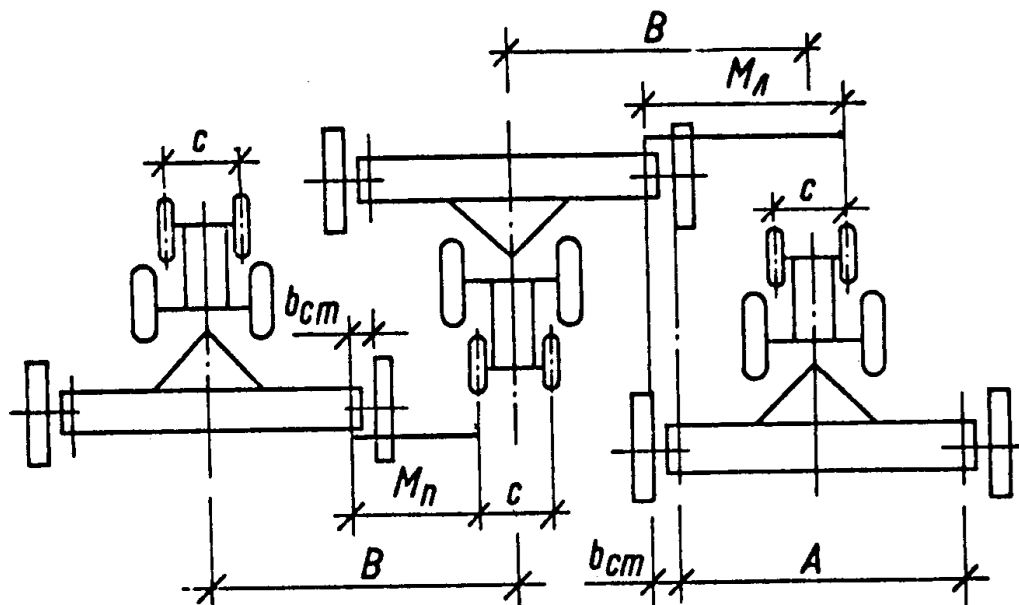


Рис. 4.4. Схема роботи маркерів за схемою: «по правому колесу»

Величина вильоту маркерів дізнаються завдяки формулі:

- виліт правого маркера:

$$M_n = \frac{(A - C)}{2} + b_{ст}, \quad (4.8)$$

де $A = 3600$ мм - довжина між крайніми сошниками,

					ДП 00. 000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			39

$C=1800$ мм – величина колії передніх коліс МТЗ-80;

$b_{cm}= 150$ мм – ширина потрібного стикового міжряддя.

Отже, виліт правого маркера буде

$$M_{\pi} = \frac{(3600 - 1800)}{2} + 150 = 1050 \text{ мм}$$

Виліт лівого маркера визначають за іншою формулою:

$$M_{\lambda} = \frac{(A + C)}{2} + b_{cm}. \quad (4.9)$$

Підставивши відомі числа, отримаємо:

$$M_{\lambda} = \frac{(3600 + 1800)}{2} + 150 = 2850 \text{ мм.}$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Аналіз небезпек при роботі на посівному агрегаті.

Посівний агрегат, згідно стандартного класифікатора небезпечних та шкідливих факторів, має наступні:

- засмічування діючих агрегатів (сошників, та загортаючих працюючих органів) із-за приклеювання землі, а також засмічування насінне-тукопроводів посівним матеріалом і добривами;
- присутність гострих кромek, задирок, шорстких поверхонь елементів на робочих поверхнях і в зонах обслуговування;
- присутність рухомих елементів і механізмів (механізм приводу висівних апаратів, механізм підйому та опускання маркерів, дія самого агрегату тощо);
- проблема може з'явитися при переводі сівалки із робочого стану в транспортне;
- надмірний рівень пилу в зоні роботи механізатора;
- надмірний рівень шумів та вібрацій (виникає через дію двигуна трактора, немалих допусків, коли виготовляються та проектується елементи та вузли);
- пожежонебезпека;
- небезпечні та шкідливі фактори можуть викликатися під час роботи з паливно-мастильними матеріалами, протруєним зерном, мінеральними добривами;
- висота встановлення зернових бункерів перевищує встановлені нормативи ГОСТ12.2.019-86, тож при їх заправленні може виникнути небезпека від падіння з висоти.

Заходи зі створенню безпечних умов праці на посівному агрегаті

Щоб забезпечити безпечні умови робіт на посівному агрегаті необхідно вжити такі заходи:

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- кут оглядання через вікна кабіни трактора мають забезпечити повне регулювання за технологічними процесами;
- переведення сівалки з працюючого у транспортний стан здійснюється виключно з робочого місця тракториста;
- при переведенні в транспортний стан, сівалка фіксується та утримується для безпечного транспортування;
- вузли та сама сівалка оснащені пристроями та місцями для стропування при підніманні і встановленні домкратів. Ділянки для домкратів і стропування позначені відповідно до ДСТУ.

Габаритні розміри агрегату не має перевищувати встановлених для транспортування по дорогах загального призначення (ширина не більш ніж 2,5 м, висота не більш ніж 4 м). Збірні одиниці та елементи сівалки, котрі можуть самовільно переміщуватися в момент завантаження для перевезення, мають засоби фіксації.

Кути поперечної статичної стійкості не повинні перевищувати 35°. Навантаження на керовані колеса посівного агрегату не повинно перевищувати 20% від експлуатаційної ваги авто. Схеми підключень гідросистеми наведені на сівалці. Конструкція та розташування вузлів робить безпечним проведення технічного огляду.

Економічні вимоги повинні відповідати нормам, встановленим у технічному стані.

Вузли і механізми сівалки, котрі рухаються та крутяться огорожені згідно ДСТУ і пофарбовані в яскравий колір, котрий контрастує з основним кольором агрегату.

Для доступу механізатора на робоче місце, а обслуговуючого персоналу для заправки висівних ящиків, встановлені підніжки. Падіння з персоналу висоти унеможлиблюється шляхом застосування перил і поручнів в зонах небезпек.

6. ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано аналіз технології вирощування пшениці та розроблено операційно-технологічну карту проведення сівби насіння із застосуванням агрегату, до складу якого входять трактор МТЗ-80 та зернова сівалка СЗ-3,6.

У роботі обґрунтовано вибір складу посівного агрегату з урахуванням тягових можливостей трактора та максимально допустимої робочої швидкості сівалки. Під час розрахунків враховано можливість виконання робіт на полях з ухилом до 7 %. Також розроблено заходи щодо ефективної організації польових робіт у період сівби.

Визначено змінну продуктивність посівного агрегату та розраховано питомі витрати палива на одиницю оброблюваної площі.

Розроблена операційно-технологічна карта сівби представлена в графічній частині дипломного проєкту.

В інженерному розділі проведено розрахунок і обґрунтування основних параметрів робочих органів машини. Зокрема, визначено характеристики та дозувальну здатність зернового і тукового висівних апаратів, розраховано об'єми висівних ящиків, а також встановлено оптимальні значення вильоту правого та лівого маркерів.

Крім того, запропоновано модернізацію тукового висівного апарата шляхом збільшення діаметра котушки до 80 мм та підвищення кількості штифтів до 18 одиниць. При цьому дворядне розташування штифтів замінено на трирядне, що сприятиме покращенню рівномірності подачі добрив за високих норм висіву, а також під час роботи з вологими або злежаними туками.

Креслення модернізованого висівного ящика разом із конструктивним деталюванням наведено в ілюстративній частині проєкту.

Також виконано аналіз потенційних небезпек, що можуть виникати під час роботи посівного агрегату, та розроблено комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці під час виконання польових робіт.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / [уклад. : В. М. Сало, Д. І. Петренко, С. М. Лещенко, О. М. Васильковський] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – 58 с.
2. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» : для студент. спец. 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / [уклад. : В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 170 с.
3. Бендера І. М. Проектування сільськогосподарських машин : навч.-метод. посіб. для викон. курс. проектів з розробки с.-г. техніки при підготов. фахівців напряму "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк, П. В. Сисолін. Поділ. держ. аграр.-техн. ун-., Борщів. аграр. коледж. Кам'янець-Поділ.: Сисин О.В.: Абетка, 2011.
4. Бендера І. М. Проектування сільськогосподарських машин : навч.-метод. посіб. для викон. курс. проектів з розробки с.-г. техніки при підготов. фахівців напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк, П. В. Сисолін; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т, Борщів. аграр. коледж. - Кам'янець-Поділ. : Сисин О.В. : Абетка, 2011. - 639 с.
5. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. - К.: Каравела, 2004. - 552 с.
6. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування. –К, Урожай, 2001. -381с.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

7. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
8. Голуб Л., Довгиш І., Гур'євська О., Васильковський О. Зерновий висівний апарат з незсувною катушкою. Матеріали II Міжнародної студентської інтернет-конференції «Техніка і технології у аграрному виробництві» (24 вересня 2020 р., м. Кропивницький). 2020. С. 20-22.
9. Пат. 125735 U Україна, МПК А01С 7/04 (2006.01) Механічний висівний апарат точного висіву / Ільїн, С. А.; Черняєв, Д. І.; Васильковський, О. М.; Лещенко, С. М.; Анісімов, О. В.; заявник і патентотримач Центральноукраїнський національний технічний університет – № u201712104; заявл. 08.12.2017; опубл. 25.05.2018, Бюл. № 10.
10. Величко Д., Гур'євська О., Васильковський О. Удосконалення висівного апарату зернової сівалки. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». – Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 250-251.
URL: <https://www.kntu.kr.ua/doc/science/zahody/vikl/2023/8-tez.pdf>
11. Абрамова В.В. Удосконалення конструкції пневмомеханічного висівного апарата / В.В. Абрамова, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, Т.Г. Сабірзянов, М. М. Шокін // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград. - 2012. - Вип. 42 (1). - С.34-38.
12. Vasytkovska, K. Researches of pneumatic sowing machine with peripheral cells location and inertial superfluous seeds extraction [Text] / K. Vasytkovska, O. Vasytkovsky, O. Anisimov, N. Trykina // ECONTECHMOD. AN INTERNATIONAL QUARTERLY JOURNAL –Lublin; Rzeszow. Vol. 4. No. 4. 2015, 85-89.
13. Vasytkovska K., Vasytkovskyi O., Popova S., Malakhovska V. (2021). The directions for optimizing Ukraine's export potential of grain crops in the context of changing climatic conditions. Bulletin of the Transilvania University of Braşov.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

14. Vasylykovska K. Characterization of peripherally based cells of the pneumatic-mechanical seeding machine of accurate sowing for tilled crops / K. Vasylykovska, O. Vasylykovskiy, S. Leschenko, D. Petrenko // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 44 – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 3-6.
15. Васильковська, К. В. Польові випробування секції пневмомеханічної сівалки з запропонованим висівним апаратом [Текст] / К.В. Васильковська, О.М. Васильковський, С.М. Мороз // Збірник наукових праць Луцького національного технічного університету: Сільськогосподарські машини, ЛНТУ, Луцьк. - 2015. - Вип. 32. – С. 32-36.
16. Дейкун В.А. Експериментальні дослідження процесу розсіювання туків конічним робочим органом / В.А. Дейкун, В.М. Сало, О.М. Васильковський // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник: Конструювання виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КДТУ, – 2004, вип. 34. – С. 96-101.
17. Сорочан А.М. Дослідження рівномірності розподілу туків у під лаповому просторі / А.М. Сорочан, В.А. Дейкун, О.М. Васильковський // Збірник тез доповідей всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі сільськогосподарського виробництва». Кіровоград: КНТУ, - 2014. С. 55-56
18. Дейкун В.А., Сало В.М., Васильковський О.М. Аналіз способів внесення мінеральних добрив. Наукові записки.–Вип, 2004, 5: 12-15.

ДОДАТКИ

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		