

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з розробкою
конструкції пружинної борони**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Білий Андрій Вікторович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро - 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

прізвище, ініціали

«___» _____ 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Білому Андрію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з розробкою конструкції пружинної борони

керівник проєкту Теслюк Геннадій Володимирович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту до 20.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Дослідження сучасного рівня розвитку рослинництва та основних напрямів удосконалення технічних засобів для обробітку ґрунту. Виконання патентного пошуку, аналіз науково-технічних джерел і систематизація результатів сучасних досліджень за темою роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз підприємницької діяльності. 2. Огляд конструкцій пружинних борін. 3. Конструкторське вдосконалення пружинної борони 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища 5. Техніко-економічне обґрунтування. Висновки та пропозиції. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Огляд конструкцій пружинних борін (A1). 2. Зчіпка борін. (A1). 3. Борона. Складальне креслення (A1). 4. Рама секції. Складальне креслення (A3). 5. Тяга (A3). 6. Пальці пружинні (A4). 7. Тяга (A4). 8. Важіль (A4). 9. Вісь (A4). 10. Показники економіки (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Теслюк Г.В., доцент	02.02.2026	18.05.2026
нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент	18.05.2026	

7. Дата видачі завдання: 02.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 06.03.2026 р.	Виконав
2	Технологічний	до 14.04.2026 р.	Висконав
3	Конструкційний	до 29.04.2026 р.	Виконав
4	Охорона праці	до 05.05.2026 р.	Виконав
5	Економічний	до 15.05.2026 р.	Виконав
6	Демонстраційна частина	до 20.05.2026 р.	Виконав

Студент

Білий А.В

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Білий А. В. Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з розробкою конструкції пружинної борони / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто удосконалення конструкції пружинної борони для поверхневого обробітку ґрунту та механічного догляду за посівами. У роботі виконано огляд існуючих конструкцій пружинних борін, проаналізовано їхні робочі органи, особливості технологічного процесу та напрями подальшого вдосконалення.

На основі проведеного аналізу запропоновано удосконалену конструкцію пружинної борони, яка забезпечує покращення якості обробітку ґрунту, ефективніше руйнування ґрунтової кірки, зменшення забивання робочих органів і зниження травмування культурних рослин. У розрахунковій частині виконано конструктивні та експлуатаційні розрахунки, визначено основні параметри машини, її продуктивність, тяговий опір, потребу в потужності та витрату палива.

У техніко-економічному розділі обґрунтовано доцільність використання удосконаленої борони у виробництві. Також розроблено заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища при її експлуатації. Отримані результати підтверджують, що запропонована конструкція є працездатною, ефективною та перспективною для застосування в сучасному сільськогосподарському виробництві.

Ключові слова: пружинна борона, обробіток ґрунту, пружинний зуб, руйнування ґрунтової кірки, механічне знищення бур'янів.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1.АНАЛІЗ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФОП«СТЕПАНОВ С.І.»..11	
1. Загальна характеристика ФОП «Степанов С.І.»	11
1.2. Аналіз виробничої діяльності та технічного забезпечення господарства	19
Висновок до розділу	21
2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ПРУЖИННИХ БОРІН ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ	22
2.1. Аналіз існуючих конструкцій пружинних борін і тенденцій їх розвитку	22
2.2. Патентний огляд пружинних борін	30
Висновок до розділу	36
3. КОНСТРУКТОРСЬКЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРУЖИННОЇ БОРОНИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ	37
3.1. Опис удосконалення та робочий процес пружинної борони	37
3.2. Конструктивні розрахунки розробленої пружинної борони	38
3.2.1 Визначення навантаження на один пружинний зуб та розрахунок на міцність.....	39
3.2.2. Розрахунок прогину пружинного зуба та запасу міцності	40
3.2.3 Розрахунок пальця шарнірного з'єднання секції.....	41
3.2.4 Розрахунок поперечної балки рами борони	44
3.3 Експлуатаційні розрахунки пружної борони	46
3.3.1 Розрахунок теоретичної та експлуатаційної продуктивності.....	46
3.3.2. Розрахунок тягового опору борони та потужності трактора.....	46
Висновок до розділу	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОБОТІ З ПРУЖИННОЮ БОРОНОЮ	49
4.1 Загальні положення.....	49
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	49
4.3 Вимоги безпеки перед початком роботи	50

4.4 Вимоги безпеки під час роботи	51
4.5 Вимоги безпеки під час транспортування і технічного обслуговування	52
5.6 Заходи пожежної безпеки та захисту навколишнього середовища	53
Висновок до розділу	54
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ПРУЖИННОЇ БОРОНИ	55
Висновок до розділу	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	61
ЛІТЕРАТУРА	62
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Ефективність сучасного землеробства значною мірою залежить від своєчасного та якісного виконання операцій обробітку ґрунту. Саме стан верхнього шару ґрунту багато в чому визначає умови проростання насіння, накопичення і збереження вологи, інтенсивність газообміну, рівномірність появи сходів та подальший розвиток рослин. У системі передпосівного і післяпосівного обробітку важливе місце займає боронування, яке дозволяє розпушити поверхневий шар, зруйнувати ґрунтову кірку, вирівняти поле, частково знищити проростки бур'янів і створити більш сприятливі умови для росту сільськогосподарських культур.

За сучасних умов ведення аграрного виробництва до ґрунтообробних машин ставляться підвищені вимоги. Вони повинні забезпечувати високу продуктивність, стабільну якість виконання технологічного процесу, надійність у роботі, простоту технічного обслуговування та безпечність експлуатації. Одночасно важливого значення набувають питання енергоощадності, зниження витрат палива, скорочення трудових затрат і пристосованості машин до роботи в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Це зумовлює необхідність пошуку нових конструктивних рішень і подальшого вдосконалення вже існуючих машин для поверхневого обробітку ґрунту.

Серед великої кількості знарядь, що застосовуються для боронування, пружинні борони займають важливе місце завдяки простоті конструкції, універсальності та здатності ефективно працювати на різних агрофонах. Їх використовують для ранньовесняного закриття вологи, передпосівного вирівнювання поверхні поля, догляду за посівами, руйнування ґрунтової кірки, розпушування ущільненого верхнього шару та механічного пригнічення сходів бур'янів. Пружинні зуби в процесі роботи забезпечують еластичну взаємодію з ґрунтом, що дає змогу машині краще пристосовуватись до нерівностей поверхні та зменшує ймовірність забивання робочих органів.

Разом із цим існуючі конструкції пружинних борін не завжди повною мірою відповідають сучасним виробничим вимогам. У багатьох випадках їм властиві недостатня ширина захвату, обмежені можливості регулювання положення секцій, не зовсім досконале копіювання рельєфу поля, а також певні труднощі при транспортуванні та переведенні агрегату з робочого положення у транспортне. Усе це призводить до зниження фактичної продуктивності, нерівномірності обробітку ґрунту по ширині захвату, збільшення непродуктивних витрат часу та підвищення експлуатаційних витрат [1,2].

Особливо актуальним це питання є для господарств, які обробляють значні площі і змушені виконувати польові роботи у стислі агротехнічні строки. У таких умовах навіть незначне підвищення продуктивності агрегату та поліпшення його експлуатаційних показників мають важливе практичне значення. Саме тому вдосконалення конструкції пружинної борони, спрямоване на підвищення ширини захвату, покращення копіювання поверхні поля, забезпечення надійного переведення секцій у транспортне положення та зменшення витрат часу на допоміжні операції, є своєчасним і обґрунтованим.

Запропоноване в дипломному проєкті удосконалення базується на використанні секційної будови борони, розміщеної на спеціальній рамі-зчіпці, що обладнана ходовими колесами, механізмом підйому та механізмом фіксації. Така конструктивна схема дозволяє об'єднати окремі робочі секції в єдиний широкозахватний агрегат, забезпечити більш зручне транспортування, покращити маневреність машини та підвищити надійність її експлуатації. Крім того, шарнірне кріплення секцій створює передумови для кращого копіювання мікрорельєфу поля, що позитивно впливає на рівномірність заглиблення робочих органів і якість поверхневого обробітку ґрунту.

Важливим напрямом удосконалення є також підвищення технологічної ефективності борони. При правильному доборі конструктивних параметрів і

режимів роботи така машина може забезпечувати якісне розпушування поверхневого шару, руйнування кірки, подрібнення грудок, вирівнювання поля та механічне знищення проростків бур'янів. Це, у свою чергу, сприяє покращенню водно-повітряного режиму ґрунту, зменшенню непродуктивних втрат вологи та створенню більш сприятливих умов для проростання насіння і формування дружних сходів.

Питання модернізації пружинної борони слід розглядати не лише з конструктивної, а й з економічної точки зору. Підвищення ширини захвату та раціоналізація конструкції дають можливість збільшити змінну продуктивність агрегату, скоротити затрати часу на обробіток одиниці площі, знизити витрати пального та праці, а відтак - зменшити собівартість виконання технологічної операції. Не менш важливими є також питання безпечної експлуатації машини, оскільки наявність рухомих секцій, механізмів підйому і фіксації потребує ретельного дотримання вимог охорони праці [3].

Отже, удосконалення конструкції пружинної борони є актуальним завданням для сучасного сільськогосподарського виробництва, оскільки воно поєднує вирішення технологічних, конструктивних, експлуатаційних та економічних питань. У дипломному проєкті розглянуто особливості технологічного процесу боронування, проаналізовано існуючі конструктивні рішення, запропоновано удосконалену конструкцію пружинної борони, виконано її розрахункове обґрунтування, наведено техніко-економічну оцінку та розроблено заходи з охорони праці й захисту навколишнього середовища при експлуатації машини.

1. АНАЛІЗ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФОП «СТЕПАНОВ С.І.»

1.1. Загальна характеристика ФОП «Степанов С.І.»

Фізична особа-підприємець «Степанов С.І.» здійснює господарську діяльність у сфері аграрного виробництва. Основним напрямом роботи підприємця є вирощування сільськогосподарських культур, організація польових робіт, використання наявної техніки та матеріально-технічних ресурсів для отримання стабільної рослинницької продукції.

Фізична особа-підприємець «Степанов Станіслав Іванович» зареєстрований 02 березня 2005 року, номер запису в Єдиному державному реєстрі - 22050000000000364. Підприємство здійснює свою діяльність у сфері сільського господарства та належить до суб'єктів малого аграрного підприємництва.

Місце розташування ФОП «Степанов Станіслав Іванович» - село Преображенка, Кам'янського району, Дніпропетровської області. Таке розміщення є сприятливим для ведення рослинницького виробництва, оскільки сільська територія має необхідні передумови для організації польових робіт: наявність земель сільськогосподарського призначення, можливість використання машинно-тракторного парку, доступ до місцевої інфраструктури та трудових ресурсів. Розташування господарства у сільській місцевості також дає змогу ефективно організовувати виробничі процеси, пов'язані з обробітком ґрунту, сівбою, доглядом за посівами та збиранням урожаю.

Основним видом економічної діяльності ФОП є вирощування зернових культур, крім рису, бобових культур і насіння олійних культур, що відповідає КВЕД 01.11. Така спеціалізація є характерною для аграрних господарств степової зони України, де значну частку посівних площ традиційно займають зернові та технічні культури. До основних культур цього напрямку можуть

належати озима пшениця, ячмінь, кукурудза на зерно, горох, соя, соняшник, ріпак та інші культури залежно від структури посівів, ґрунтово-кліматичних умов і ринкового попиту.

Вирощування зернових культур є важливим напрямом діяльності господарства, оскільки ця продукція має стабільний попит на внутрішньому та зовнішньому ринках. Зернові культури використовуються для продовольчих, кормових і технічних потреб, тому їх виробництво має важливе економічне значення. Для отримання високих урожаїв необхідно забезпечити якісний основний і передпосівний обробіток ґрунту, своєчасну сівбу, раціональне внесення добрив, захист рослин від бур'янів, хвороб і шкідників, а також своєчасне збирання врожаю.

Окреме місце у виробничій спеціалізації ФОП займають бобові культури. Їх вирощування має не лише економічне, а й агротехнічне значення. Бобові культури сприяють збагаченню ґрунту азотом, покращують його родючість і є добрими попередниками для зернових та олійних культур. У структурі сівозміни вони можуть використовуватися для зменшення виснаження ґрунту та підвищення загальної продуктивності землеробства.

Підприємницька діяльність ФОП «Степанов С.І.» базується на використанні земельних ресурсів, сільськогосподарської техніки, трудових ресурсів та сучасних агротехнічних прийомів. Забезпеченість земельними ресурсами наведена в таблиці 1.1. У структурі виробництва переважають польові культури, які є найбільш пристосованими до ґрунтово-кліматичних умов регіону. До таких культур можуть належати зернові, технічні та олійні культури, зокрема пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшник або інші культури залежно від спеціалізації господарства.

Таблиця 1.1

Земельні ресурси та забезпеченість працівників землею у ФОП «Степанов С.І.»

Показник	2023		2024		2025		2025 у % до 2023
	га	%	га	%	га	%	

Загальна земельна площа, всього	960,0	-	960,0	-	960,0	-	100,00
в т.ч.: с.-г. угіддя	958,0	100,0	958,0	100,0	958,0	100,0	100,00
з них: рілля	952,0	99,4	950,0	99,2	950,0	99,2	99,79
багаторічні насадження	6,0	0,6	8,0	0,8	8,0	0,8	133,33
Інші земельні угіддя	2,0	-	2,0	-	2,0	-	100,00
Коефіцієнт освоєння	0,998	-	0,998	-	0,998	-	100,00
Коефіцієнт розораності	0,994	-	0,992	-	0,992	-	99,80
Середньорічна кількість робітників, осіб	8	-	11	-	11	-	137,50
Припадає на 1 працівника с.-г. угідь, га	119,75	-	87,09	-	87,09	-	72,73
Припадає на 1 працівника ріллі, га	119,00	-	86,36	-	86,36	-	72,57

Аналіз земельних ресурсів ФОП «Степанов С.І.» показує, що загальна земельна площа господарства протягом 2023-2025 років залишалася сталою і становила 960 га. Основну частину земельного фонду займають сільськогосподарські угіддя - 958 га, що свідчить про високий рівень використання земель у виробничій діяльності. Частка ріллі у структурі сільськогосподарських угідь становить понад 99 %, тому господарство має чітко виражену рослинницьку спеціалізацію. Незначне збільшення площі багаторічних насаджень у 2024-2025 роках не суттєво змінює загальну структуру землекористування. Зростання кількості працівників з 8 до 11 осіб зменшило навантаження земельної площі на одного працівника, що позитивно впливає на організацію виробничих процесів.

Основною метою діяльності підприємця є отримання якісної сільськогосподарської продукції з одночасним забезпеченням прибутковості виробництва. Для цього важливе значення має правильне планування структури посівних площ, своєчасне виконання технологічних операцій, раціональне використання техніки, пального, насіння, добрив і засобів

захисту рослин. Економічна ефективність вирощування озимої пшениці у ФОП «Степанов С.І.» за 2023-2025 рр. наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Економічна ефективність вирощування озимої пшениці у ФОП «Степанов С.І.» за 2023-2025 рр.

Показник	Одиниця виміру	2023 р.	2024 р.	2025 р.	2025 р. у % до 2023 р.
Посівна площа	га	280	290	300	107,1
Урожайність	т/га	3,8	4,0	4,2	110,5
Валовий збір	т	1064,0	1160,0	1260,0	118,4
Ціна реалізації	грн/т	6500	6900	7200	110,8
Виручка від реалізації	тис. грн	6916,0	8004,0	9072,0	131,2
Виробничі витрати на 1 га	грн/га	18500	20200	21500	116,2
Загальні виробничі витрати	тис. грн	5180,0	5858,0	6450,0	124,5
Собівартість 1 т зерна	грн/т	4868	5050	5119	105,1
Прибуток від реалізації	тис. грн	1736,0	2146,0	2622,0	151,0
Прибуток на 1 га	грн/га	6200	7400	8740	141,0
Рентабельність виробництва	%	33,5	36,6	40,7	7,2 в.п.

За даними таблиці видно, що вирощування озимої пшениці у ФОП «Степанов С.І.» протягом 2023-2025 років має позитивну динаміку. Посівна площа культури збільшилася з 280 га у 2023 році до 300 га у 2025 році, тобто на 7,1 %.

Урожайність озимої пшениці також поступово зросла - з 3,8 т/га до 4,2 т/га. Завдяки цьому валовий збір зерна збільшився з 1064 т до 1260 т, або на 18,4 %.

Виручка від реалізації у 2025 році становила 9072,0 тис. грн, що на 31,2 % більше порівняно з 2023 роком. Разом з тим зросли й виробничі витрати: з 5180,0 тис. грн у 2023 році до 6450,0 тис. грн у 2025 році. Це пояснюється

підвищенням вартості пального, насіння, добрив, засобів захисту рослин та ремонтних матеріалів.

Незважаючи на збільшення витрат, прибуток від вирощування озимої пшениці зріс з 1736,0 тис. грн до 2622,0 тис. грн. Рівень рентабельності підвищився на 7,2 в.п. Це свідчить про економічну доцільність вирощування озимої пшениці та ефективне використання земельних і виробничих ресурсів господарства.

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно у ФОП «Степанов С.І.» за 2023-2025 рр. наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно у ФОП
«Степанов С.І.» за 2023-2025 рр.

Показник	Одиниця виміру	2023 р.	2024 р.	2025 р.	2025 р. у % до 2023 р.
Посівна площа	га	100	110	120	120,0
Урожайність	т/га	4,8	5,2	5,5	114,6
Валовий збір	т	480,0	572,0	660,0	137,5
Ціна реалізації	грн/т	6200	6600	6900	111,3
Виручка від реалізації	тис. грн	2976,0	3775,2	4554,0	153,0
Виробничі витрати на 1 га	грн/га	25500	27800	29500	115,7
Загальні виробничі витрати	тис. грн	2550,0	3058,0	3540,0	138,8
Собівартість 1 т зерна	грн/т	5313	5346	5364	101,3
Прибуток від реалізації	тис. грн	426,0	717,2	1014,0	238,0
Прибуток на 1 га	грн/га	4260	6520	8450	198,4
Рентабельність виробництва	%	16,7	23,5	28,6	11,9 в.п.

За результатами розрахунків видно, що вирощування кукурудзи на зерно у ФОП «Степанов С.І.» протягом 2023-2025 років характеризується поступовим покращенням економічних показників. Посівна площа культури збільшилася зі 100 га у 2023 році до 120 га у 2025 році, тобто на 20,0 %.

Урожайність кукурудзи також зросла - з 4,8 т/га до 5,5 т/га. Завдяки збільшенню площі посіву та підвищенню урожайності валовий збір зерна зріс із 480 т до 660 т, або на 37,5 %.

Виручка від реалізації кукурудзи у 2025 році становила 4554,0 тис. грн, що на 53,0 % більше порівняно з 2023 роком. Водночас загальні виробничі витрати також збільшилися - з 2550,0 тис. грн до 3540,0 тис. грн, що пов'язано зі зростанням цін на насіння гібридів, паливно-мастильні матеріали, мінеральні добрива, засоби захисту рослин та сушіння зерна.

Незважаючи на підвищення витрат, прибуток від вирощування кукурудзи на зерно збільшився з 426,0 тис. грн у 2023 році до 1014,0 тис. грн у 2025 році. Рівень рентабельності зріс на 11,9 в.п., що свідчить про поступове підвищення ефективності виробництва цієї культури в господарстві.

Економічна ефективність вирощування соняшнику у ФОП «Степанов С.І.» за 2023-2025 рр. наведена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Економічна ефективність вирощування соняшнику у ФОП «Степанов С.І.» за 2023-2025 рр.

Показник	Одиниця виміру	2023 р.	2024 р.	2025 р.	2025 р. у % до 2023 р.
Посівна площа	га	240	250	260	108,3
Урожайність	т/га	2,2	2,4	2,5	113,6
Валовий збір	т	528,0	600,0	650,0	123,1
Ціна реалізації	грн/т	14500	15800	16500	113,8
Виручка від реалізації	тис. грн	7656,0	9480,0	10725,0	140,1
Виробничі витрати на 1 га	грн/га	21000	23000	24500	116,7
Загальні виробничі витрати	тис. грн	5040,0	5750,0	6370,0	126,4
Собівартість 1 т насіння	грн/т	9545	9583	9800	102,7
Прибуток від реалізації	тис. грн	2616,0	3730,0	4355,0	166,5
Прибуток на 1 га	грн/га	10900	14920	16750	153,7

Рентабельність виробництва	%	51,9	64,9	68,4	16,5 в.п.
----------------------------	---	------	------	------	-----------

За даними таблиці видно, що соняшник є однією з найбільш прибуткових культур у структурі виробництва ФОП «Степанов С.І.». Посівна площа соняшнику протягом 2023-2025 років збільшилася з 240 га до 260 га, тобто на 8,3 %.

Урожайність культури зросла з 2,2 т/га у 2023 році до 2,5 т/га у 2025 році. Завдяки цьому валовий збір насіння соняшнику збільшився з 528,0 т до 650,0 т, або на 23,1 %.

Виручка від реалізації у 2025 році становила 10725,0 тис. грн, що на 40,1 % більше порівняно з 2023 роком. Водночас виробничі витрати також зросли через подорожчання насіння гібридів, добрив, засобів захисту рослин, пального та ремонтних матеріалів.

Незважаючи на збільшення витрат, прибуток від вирощування соняшнику зріс з 2616,0 тис. грн у 2023 році до 4355,0 тис. грн у 2025 році. Рівень рентабельності підвищився на 16,5 в.п., що свідчить про високу економічну ефективність вирощування цієї культури в господарстві.

Загальна динаміка посівних площ основних сільськогосподарських культур у ФОП «Степанов С.І.» за 2023-2025 рр. Наведена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Динаміка посівних площ основних сільськогосподарських культур у ФОП «Степанов С.І.» за 2023-2025 рр.

Культура	2023 р.		2024 р.		2025 р.		2025 р. у % до 2023 р.
	га	%	га	%	га	%	
Пшениця озима	280	29,5	290	30,5	300	31,6	107,1
Ячмінь ярий	120	12,6	115	12,1	110	11,6	91,7
Кукурудза на зерно	100	10,5	110	11,6	120	12,6	120,0
Соняшник	240	25,3	250	26,3	260	27,4	108,3
Соя	110	11,6	105	11,1	100	10,5	90,9
Горох	90	9,5	70	7,4	60	6,3	66,7
Разом посівна площа	950	100,0	950	100,0	950	100,0	100,0

Дані таблиці показують, що загальна посівна площа ФОП «Степанов С.І.» протягом 2023-2025 років залишалася стабільною і становила 950 га. Водночас у структурі посівів відбулися певні зміни.

Найбільшу частку у 2025 році займала озима пшениця - 300 га, або 31,6 % загальної посівної площі. Порівняно з 2023 роком її площа збільшилася на 20 га, або на 7,1 %. Також зросли площі під кукурудзою на зерно та соняшником. Посівна площа кукурудзи збільшилася зі 100 га до 120 га, а соняшнику - з 240 га до 260 га.

Разом з тим площі під ярим ячменем, соєю та горохом дещо скоротилися. Найбільше зменшення спостерігається по гороху: з 90 га у 2023 році до 60 га у 2025 році. Це може бути пов'язано з коригуванням структури посівів на користь більш прибуткових культур, зокрема соняшнику, озимої пшениці та кукурудзи на зерно.

У цілому структура посівних площ свідчить про зерно-олійний напрям спеціалізації господарства, де основну частку займають озима пшениця, соняшник і кукурудза на зерно.

ФОП «Степанов С.І.» функціонує як невеликий суб'єкт аграрного підприємництва, тому особлива увага приділяється ефективному використанню наявного машинно-тракторного парку. В умовах зростання цін на паливно-мастильні матеріали, запасні частини, добрива та засоби захисту рослин важливим завданням є зниження виробничих витрат і підвищення продуктивності виконання механізованих робіт.

Організація виробництва у господарстві передбачає виконання основних технологічних операцій: обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, догляду за посівами, захисту рослин, збирання врожаю та транспортування продукції. Якість і своєчасність виконання цих робіт безпосередньо впливає на врожайність культур, собівартість продукції та загальну економічну ефективність підприємницької діяльності.

Таким чином, ФОП «Степанов С.І.» є типовим представником малого аграрного підприємництва, діяльність якого спрямована на виробництво рослинницької продукції. Подальший розвиток господарства значною мірою залежить від рівня технічного забезпечення, організації механізованих процесів, економного використання ресурсів і впровадження більш ефективних технологічних рішень.

1.2. Аналіз виробничої діяльності та технічного забезпечення господарства

Виробнича діяльність ФОП «Степанов С.І.» пов'язана з виконанням комплексу польових робіт, які забезпечують повний цикл вирощування сільськогосподарських культур. До основних операцій належать підготовка ґрунту, сівба, догляд за посівами, внесення мінеральних добрив, захист рослин від бур'янів, шкідників і хвороб, а також збирання та транспортування врожаю.

Ефективність виробничої діяльності господарства значною мірою залежить від рівня механізації. Своєчасне виконання агротехнічних операцій дозволяє зменшити втрати врожаю, покращити якість обробітку ґрунту, забезпечити рівномірність сівби та підвищити продуктивність праці. Водночас недостатня кількість сучасної техніки або використання застарілих машин може призводити до збільшення витрат пального, простоїв, підвищення собівартості продукції та зниження загальної ефективності виробництва.

Машинно-тракторний парк господарства формується відповідно до потреб основних технологічних процесів. До його складу можуть входити трактори різного тягового класу, ґрунтообробні машини, сівалки, культиватори, обприскувачі, причепи та інші агрегати. Наявність власної техніки дає змогу зменшити залежність від сторонніх послуг і краще контролювати строки виконання польових робіт.

Наявність машинно-тракторного парку ФОП «Степанов С.І.» у динаміці за 2023-2025 рр. наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Наявність машинно-тракторного парку ФОП «Степанов С.І.» у динаміці за 2023-2025 рр.

Найменування техніки	Марка машини	2023 р., шт.	2024 р., шт.	2025 р., шт.	2025 р. у % до 2023 р.
Трактор колісний	МТЗ-82.1	2	2	2	100,0
Трактор колісний	ЮМЗ-6	1	1	1	100,0
Трактор енергонасичений	ХТЗ-17221	1	1	1	100,0
Зернозбиральний комбайн	Claas Mega 204	1	1	1	100,0
Вантажний автомобіль	ГАЗ-53	1	1	1	100,0
Вантажний автомобіль	КамАЗ-5320	1	1	1	100,0
Причіп тракторний	2ПТС-4	2	2	2	100,0
Плуг	ПЛН-5-35	1	1	1	100,0
Дискова борона	БДВП-4,2	1	1	1	100,0
Культиватор суцільного обробітку	КПС-4	2	2	2	100,0
Сівалка зернова	СЗ-5,4	1	1	1	100,0
Сівалка просапна	УПС-8	1	1	1	100,0
Обприскувач причіпний	ОП-2000	1	1	1	100,0
Розкидач мінеральних добрив	МВД-1000	1	1	1	100,0
Котки кільчасто-шпорові	ККШ-6	1	1	1	100,0
Жниварка зернова	Claas C 450	1	1	1	100,0
Жниварка соняшникова	ПЗС-8	1	1	1	100,0
Разом одиниць техніки	-	22	22	22	100,0

Разом з тим, у діяльності невеликих аграрних господарств часто виникають проблеми, пов'язані зі зношеністю техніки, нестачею окремих машин, недостатньою продуктивністю агрегатів та високими витратами на ремонт. Через це важливого значення набуває модернізація наявних машин,

удосконалення робочих органів, підвищення надійності агрегатів і зменшення кількості проходів техніки по полю.

Одним із напрямів підвищення ефективності виробництва є раціональне агрегування машин із тракторами. Правильний вибір складу агрегату дозволяє забезпечити необхідну продуктивність, зменшити витрати пального на одиницю площі та покращити якість виконання технологічної операції. Особливо важливо це для таких енергоємних процесів, як основний і передпосівний обробіток ґрунту, сівба та збирання врожаю.

Висновок до розділу

Аналіз виробничої діяльності ФОП «Степанов С.І.» показує, що подальше підвищення ефективності господарювання можливе за рахунок удосконалення технічного забезпечення, впровадження більш продуктивних агрегатів, зниження експлуатаційних витрат і покращення якості виконання польових робіт. Це створює передумови для обґрунтування теми дипломного проєкту, пов'язаної з модернізацією сільськогосподарської машини або окремого робочого органу.

2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ПРУЖИННИХ БОРІН ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

2.1. Аналіз існуючих конструкцій пружинних борін і тенденцій їх розвитку

Пружинні борони належать до машин для поверхневого обробітку ґрунту і широко застосовуються у технологіях передпосівного та післяпосівного боронування. Основне їх призначення полягає у розпушуванні верхнього шару ґрунту, руйнуванні ґрунтової кірки, вичісуванні проростків бур'янів, вирівнюванні поверхні поля та збереженні вологи. Завдяки пружним робочим органам такі борони здатні працювати на різних агрофонах, добре копіювати нерівності поверхні поля та забезпечувати достатньо рівномірний вплив на ґрунт.

У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовується кілька конструктивних різновидів пружинних борін, які відрізняються будовою рами, способом приєднання до трактора, типом розташування секцій, конструкцією робочих органів та механізмами переведення з робочого у транспортне положення. Найбільш поширеними є секційні причіпні борони, широкозахватні гідрофіковані борони, навісні пружинні борони та комбіновані машини, в яких пружинні робочі органи поєднуються з іншими елементами для додаткового вирівнювання або розпушування ґрунту.

Одним із найпростіших і найбільш поширених варіантів є секційна пружинна борона GENERAL STRIEGEL - 6 (рис.2.1.). Вона складається з окремих робочих секцій, на яких закріплено пружинні зуби. Секції з'єднуються між собою за допомогою ланок, тяг або шарнірів і можуть приєднуватися до зчіпки. Така конструкція забезпечує певну гнучкість агрегату та дає можливість окремим секціям копіювати поверхню поля.



Рис.2.1. Пружинна борона GENERAL STRIEGEL - 6

Щоб забезпечити максимальну ефективність роботи борони GENERAL STRIEGEL, обробіток доцільно проводити у ясну сонячну погоду, оскільки за таких умов вирвані або присипані бур'яни швидше підсихають і гинуть. Водночас важливо, щоб ґрунт не був перезволоженим, адже надлишкова волога погіршує якість боронування та знижує результативність механічного знищення бур'янів. Параметри роботи агрегату, зокрема глибину обробітку, робочу швидкість і налаштування зубів, слід добирати з урахуванням біологічних особливостей культури та прийнятої технології її вирощування.

Під час виконання боронування рекомендовано підтримувати швидкість руху в межах 8-12 км/год. Саме за такого режиму роботи ґрунт активніше переміщується, а сходи бур'янів ефективніше присипаються землею, що підвищує результативність механічного контролю забур'яненості [4,5].

Рациональне та своєчасне застосування борони дає змогу зменшити виробничі витрати на вирощування культур, а також скоротити потребу у використанні хімічних засобів захисту рослин.

Навісна пружинна борона Grand Max EcoTerra 6.0 (рис.2.2.) є сучасним ґрунтообробним знаряддям, призначеним для поверхневого обробітку ґрунту в умовах застосування ресурсозберігаючих технологій. Конструкція машини орієнтована на ефективне виконання таких операцій, як руйнування ґрунтової кірки, розпушування верхнього шару, вирівнювання поверхні поля, часткове закриття вологи, а також механічне пригнічення молодих сходів бур'янів. Використання такої борони дає змогу покращити стан посівного шару та створити більш сприятливі умови для проростання і розвитку сільськогосподарських культур.



Рис.2.2. Навісна пружинна борона БЗП Grand Max EcoTerra 6.0

Особливістю борони Grand Max EcoTerra 6.0 є навісна конструкція, завдяки якій машина агрегатується з трактором без використання окремої причіпної ходової системи. Це спрощує маневрування агрегату в полі, зменшує втрати часу на розворотах і забезпечує достатню компактність під час виконання технологічних операцій. Робочими органами борони є прямі пружинні зуби розміром 10×400 мм, які забезпечують пружну взаємодію з ґрунтом і дозволяють ефективно працювати навіть за наявності рослинних решток на поверхні поля.

Машина побудована за багаторядною схемою розміщення робочих органів. Пружинні секції розташовані у п'ять рядів, що сприяє більш рівномірному розподілу навантаження на робочі органи, покращує прохідність борони та знижує ймовірність забивання. Усього конструкція містить шість пружинних секцій, при цьому на кожній секції встановлено по 20 пружинних зубів. Така компоновка забезпечує значну кількість робочих органів по всій ширині захвату, що позитивно впливає на якість поверхневого обробітку ґрунту.

Однією з важливих характеристик борони є крок зуба 32 мм, що свідчить про досить щільне розміщення робочих органів. Це дозволяє підвищити інтенсивність дії на поверхневий шар ґрунту, краще руйнувати кірку, вичісувати молоді бур'яни і забезпечувати більш рівномірне боронування по всій ширині захвату. Кліренс борони 330 мм дає можливість працювати на полях із певною кількістю рослинних решток без істотного ризику забивання, що є важливим для мінімального та ресурсозберігаючого обробітку.

Конструкція борони передбачає використання двох гідроциліндрів, які забезпечують переведення робочих секцій у відповідне положення та полегшують налаштування машини. Це підвищує зручність експлуатації та дає змогу оперативно адаптувати агрегат до умов роботи. Базова комплектація борони не містить коліс, однак за потреби машина може додатково оснащуватися двома або чотирма колесами, що розширює її функціональні можливості і покращує умови транспортування чи стабілізації роботи на полі.

Довжина однієї секції становить 1400 мм, а загальна маса борони перебуває в межах 540-560 кг, що свідчить про відносно невелику металоємність конструкції при достатній робочій ширині. Виробником передбачено використання комплектуючих європейського походження, зокрема коліс, що може позитивно впливати на надійність експлуатації машини.

Навісна пружинна борона Grand Max EcoTerra 6.0 є універсальним знаряддям і може застосовуватися при вирощуванні широкого спектра сільськогосподарських культур. Зокрема, її використовують на посівах пшениці, кукурудзи, соняшнику, сої, ріпаку, овочевих культур, а також на парових полях і стерні. Така універсальність робить борону придатною як для догляду за посівами, так і для передпосівного чи післяжнивного поверхневого обробітку [6,7].

Пружинні борони DEREKX -7,5 (рис.2.3.) призначені насамперед для поверхневого обробітку поля після збирання врожаю та первинної роботи з пожнивними рештками. Завдяки конструкції робочих органів вони забезпечують рівномірне розподілення соломи, стерні та інших рослинних залишків по поверхні поля, що створює кращі умови для подальшого обробітку ґрунту та більш однорідного перемішування органічної маси з верхнім шаром. Це особливо важливо при застосуванні сучасних технологій землеробства, де значна частина пожнивних решток залишається на полі.



Рис. 2.3. Пружинна борона DEREKX -7,5

Такі борони можуть використовуватися не лише для обробітку стерні після збирання культури, а й для виконання першого неглибокого лущення, передпосівного підготування ґрунту, висіву проміжних культур, весняного розкриття та прогрівання поверхневого шару, а також для догляду за луками, пасовищами чи засіяними площами. Таким чином, машина має універсальне призначення і може застосовуватися в різних елементах технології вирощування культур.

Конструкція борони орієнтована на збереження вологи у ґрунті, покращення стану поверхневого шару та підготовку поля до сівби. Робоча частина машини складається з п'яти рядів пружинних зубів, які забезпечують інтенсивний механічний вплив на верхній шар ґрунту. Додатково в конструкції передбачені вертикальні диски, призначені для вирівнювання поверхні поля, кращого розподілення соломи і пожнивних решток, а також для прискорення їхнього подальшого розкладання. Саме тому така борода добре підходить для господарств, які працюють за технологіями No-till, Mini-till та Strip-till.

Робоча секція з п'ятирядним розміщенням зубів забезпечує досить інтенсивний обробіток завдяки значному перекриттю робочих органів. У напівнавісному виконанні агрегат відзначається відносною конструктивною простотою, а пружинні зуби розміром 16×700 мм дозволяють ефективно впливати на ґрунт і рослинні рештки. Важливою перевагою є можливість зміни глибини обробітку безпосередньо з кабіни трактора за допомогою гідравлічної системи, що підвищує зручність експлуатації та дає змогу оперативно адаптувати машину до умов роботи.

Передня частина агрегату оснащується дисками діаметром 430 мм, які мають гостру ріжучу крайку і легко входять у верхній шар ґрунту. Такі диски підрізають і подрібнюють стебла зернових та олійних культур, але при цьому не переміщують надмірну кількість ґрунту. Завдяки цьому досягається поверхневий, але достатньо інтенсивний вплив на стерню та рослинні

рештки. Крім того, ці диски можуть використовуватися для аерації пасовищ, що розширює сферу застосування машини [8].

Борони DEREX також сприяють формуванню рівномірного повторного відростання падалиці та бур'янів у поверхневому шарі ґрунту. Пружинні робочі органи перемішують насіння бур'янів і падалиці саме біля поверхні, де створюються кращі умови для швидкого та одночасного проростання. У подальшому такі сходи можуть бути ефективно знищені механічним способом або за допомогою засобів хімічного захисту. Це має важливу агротехнічну перевагу, оскільки при загортанні насіння бур'янів у глибші шари ґрунту зростає ризик їх тривалого збереження та появи у наступних посівах у менш контрольованій формі.

Пружинна борона UNIA AKCENT (рис.2.4.) призначена для механічної боротьби з бур'янами на полі за рахунок дії пружинних робочих пальців. Завдяки наявності опорних коліс можна змінювати положення машини відносно поверхні поля і таким чином встановлювати потрібну робочу висоту. Окрім знищення бур'янів, ця борона виконує й інші важливі агротехнічні функції: розпушує верхній шар ґрунту, покращує його повітряний режим, сприяє кращому засвоєнню поживних речовин рослинами та створює більш сприятливі умови для розвитку кореневої системи.



Рис.2.4. Пружинна борона UNIA AKCENT

Особливістю цієї пружинної борони є можливість її додаткового оснащення пневматичною сівалкою для сидератів ЕТА, що суттєво розширює функціональні можливості машини. У такому виконанні борона використовується не лише як знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту, руйнування кірки та механічного знищення бур'янів, а і як комбінований агрегат, здатний одночасно виконувати висів проміжних культур. Це дозволяє поєднати в одному проході дві технологічні операції, зменшити кількість заїздів техніки на поле, скоротити витрати часу, пального та знизити ущільнення ґрунту.

Пневматична сівалка ЕТА забезпечує дозовану подачу насіння сидеральних культур і його рівномірний розподіл по ширині захвату борони. Після висіву пружинні зуби машини частково загортають насіння у верхній шар ґрунту та створюють умови для кращого контакту насіння з ґрунтом. Завдяки цьому підвищується рівномірність проростання сидератів і поліпшується ефективність використання вологи. Така технологічна схема є особливо доцільною після збирання основної культури, коли потрібно швидко провести поверхневий обробіток поля та одночасно висіяти

проміжну культуру для захисту ґрунту, накопичення органічної маси і покращення його структури [10].

У виробничих умовах це дає низку переваг. По-перше, господарство отримує можливість оперативно висівати сидерати в оптимальні агротехнічні строки. По-друге, поєднання боронування з висівом сприяє кращому використанню техніки та підвищує загальну продуктивність польових робіт. По-третє, застосування сидеральних культур позитивно впливає на родючість ґрунту, зменшує ризик водної та вітрової ерозії, пригнічує розвиток бур'янів і покращує фітосанітарний стан поля. Таким чином, можливість комплектації пружинної борони пневматичною сівалкою для сидератів є важливою конструктивною та технологічною перевагою, яка робить машину більш універсальною та придатною для сучасних ресурсозберігаючих систем землеробства.

2.2. Патентний огляд пружинних борін

Основна ідея корисної моделі полягає у підвищенні ефективності поверхневого обробітку ґрунту шляхом удосконалення конструкції борони. Запропоноване технічне рішення №37072 пружинна борона спрямоване на те, щоб пружинний зуб зберігав свої робочі властивості стабільними незалежно від тривалості використання машини та умов її експлуатації. Крім того, конструкція передбачає надання зубу додаткового коливального руху під час взаємодії з ґрунтом. Це досягається завдяки зміні просторового розташування трубчастих осей у рамці, іншому способу закріплення пружинних зубів до цих осей, а також частковому удосконаленню будови пружинної ділянки самого зуба.

Сутність запропонованої корисної моделі більш детально ілюструється графічними матеріалами. Зокрема, на (рис. 2.5.) подано схематичний боковий вигляд пружинної борони, а на (рис. 2.6.) - окремо зображено будову

пружинного зуба. Для кращого розуміння роботи машини на всіх рисунках стрілкою вказано напрямок виконання обробітку ґрунту.

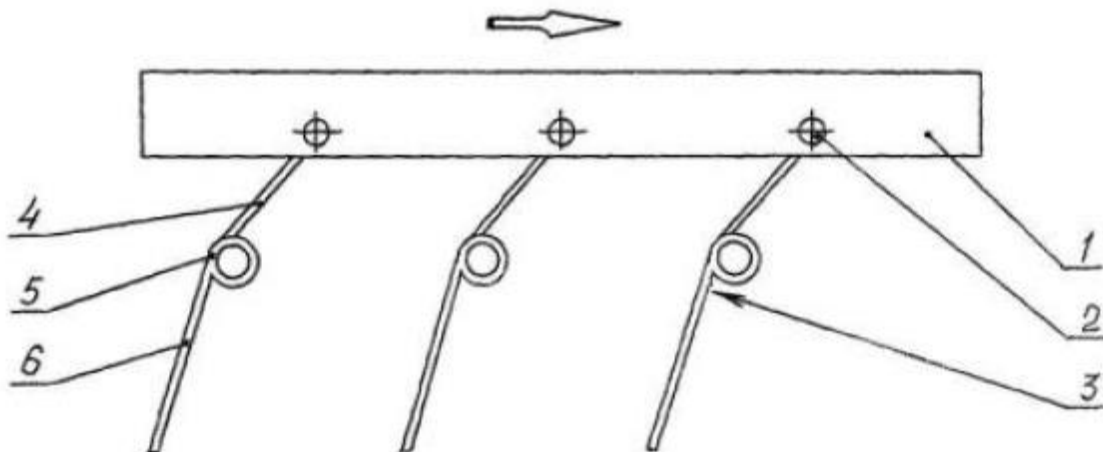


Рис.2.5. Боковий вигляд пружинної борони

Запропонована пружинна борона має конструкцію, основою якої є горизонтально розташована рамка 1. У цій рамці паралельно встановлені трубчасті осі 2, на яких через однакові проміжки жорстко закріплені пружинні зуби 3. Кожен зуб складається з кількох функціональних частин. У верхній частині розміщено монтажний елемент 4, за допомогою якого зуб консольно приєднується до трубчастої осі рамки. Далі розташована пружинна частина 5, що забезпечує необхідну пружність і еластичність робочого органа під час взаємодії з ґрунтом. Нижче знаходиться стрижньова частина 6, яка продовжується донизу від пружинного елемента і своїм вільним кінцем безпосередньо діє на ґрунт у процесі обробітку.

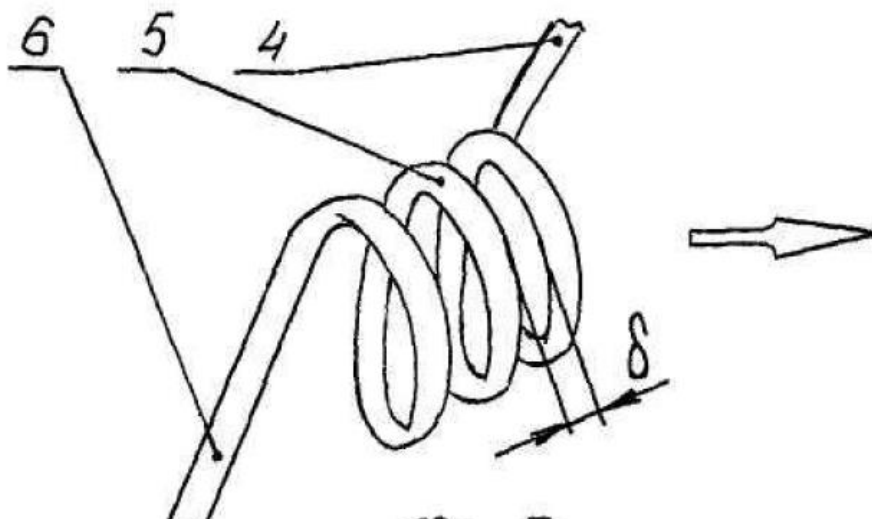


Рис.2.7. Будова пружинного зуба

Перед початком виконання технологічного процесу рамку борони за допомогою гідравлічної системи транспортного засобу опускають у робоче положення до безпосереднього контакту з ґрунтом. Під час руху агрегату стрижньові частини пружинних зубів здійснюють розпушування верхнього шару ґрунту та забезпечують закриття вологи. Якщо робочий орган натрапляє на камінь або тверду ґрунтову грудку, його нижня частина без значних зусиль відхиляється догори, обходячи перешкоду. Це забезпечується роботою пружинної частини зуба, яка завдяки особливому просторовому кріпленню до осі має знижену жорсткість і краще пристосовується до умов роботи.

Під час переміщення борони нахил трубчастих осей до напрямку руху викликає виникнення бічного зусилля, під дією якого робочий кінець зуба здійснює коливальні рухи. Такі мікровібрації посилюють вплив зуба на ґрунт і дозволяють кожному робочому органу охоплювати більшу зону обробітку. Наявність проміжків між витками пружини запобігає їх забиванню ґрунтом, що сприяє збереженню пружних характеристик зуба протягом тривалого часу експлуатації.

Метою запропонованої корисної моделі № 33317 (рис.2.8.) є розроблення такої пружинної борони, конструкція якої завдяки новим і вдосконаленим елементам та їх раціональному взаємному розміщенню забезпечувала б ефективне самоочищення робочих органів. Одночасно така борона повинна підвищувати якість обробітку ґрунту, зокрема краще руйнувати та подрібнювати ґрунтову кірку, а також зменшувати ймовірність пошкодження культурних рослин під час виконання технологічного процесу.

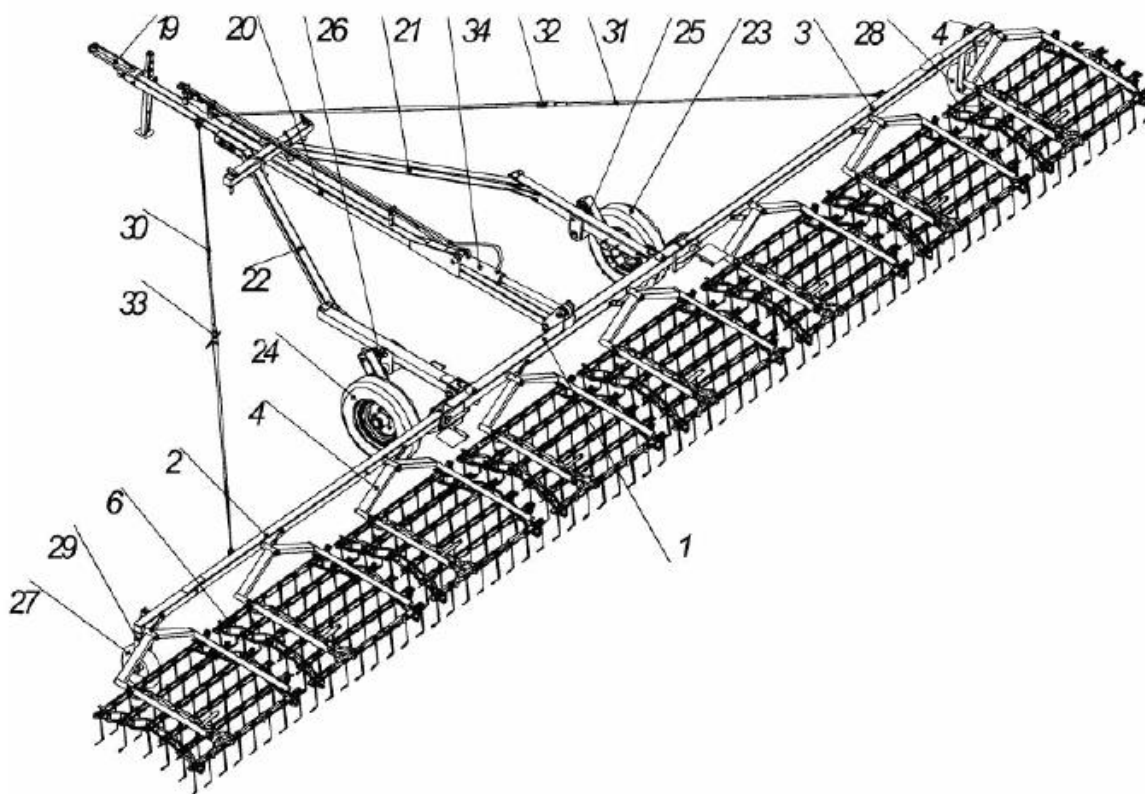


Рис.2.8. Корисна модель № 33317 пружинної борони

Поставлене завдання реалізується завдяки тому, що пружинна борона має несучу основу, на якій встановлені підвіски. До підвісок за допомогою ланцюгів приєднані окремі борінки з пружинними зубами. Також конструкція містить опорні колеса, механізм зміни кута атаки пружинних зубів і тяговий пристрій для агрегування з енергетичним засобом.

Основна новизна конструкції полягає в будові самих борінок. Кожна з них сформована двома хвилеподібними лонжеронами та щонайменше

шістьма поворотними швелерами. У кожному такому швелері передбачено не менше восьми пар поздовжніх пазів для встановлення пружинних зубів. При цьому пази в межах кожної пари розміщені зі зміщенням один відносно одного: один із них використовується для жорсткого закріплення зуба болтовим з'єднанням, а інший забезпечує можливість його вільного переміщення під час роботи.

Швелери встановлені у хвилеподібних лонжеронах і фіксуються за допомогою зовнішніх та внутрішніх шайб. Внутрішні шайби жорстко закріплені на відповідних швелерах. І внутрішні, і зовнішні шайби мають прямокутні пази, а біля отвору під болтове з'єднання виконано випуклий відгин, що покращує умови фіксації та роботи вузла.

Кожен пружинний зуб виконаний вигнутим і має не менше трьох робочих витків, а також петлю, за допомогою якої він кріпиться до швелера. Така форма зуба забезпечує необхідні пружні властивості, сприяє більш м'якій взаємодії з ґрунтом і підвищує ефективність самоочищення робочих органів.

Щоб запобігти провисанню несучої основи, на її кінцях додатково встановлені допоміжні опорні колеса. Крім того, на несучій основі та на тяговому пристрої передбачені розтяжки, які підвищують жорсткість конструкції та сприяють її стабільній роботі під час експлуатації.

Конструкція і спосіб закріплення пружинного зуба (рис. 2.9.) забезпечують йому можливість відхилятися у двох площинах. Завдяки цьому робочий орган під час руху краще взаємодіє з поверхневим шаром ґрунту, ефективніше руйнує та подрібнює ґрунтову кірку, а також здатний самоочищатися від налиплого ґрунту і рослинних решток. Така схема роботи зуба дає змогу поєднати достатню жорсткість, необхідну для інтенсивного впливу на ґрунт, із пружністю, яка забезпечує еластичність робочого органа у процесі обробітку. У результаті досягається покращення якості руйнування

кірки, знижується забивання борони і зменшується ймовірність пошкодження культурних рослин.

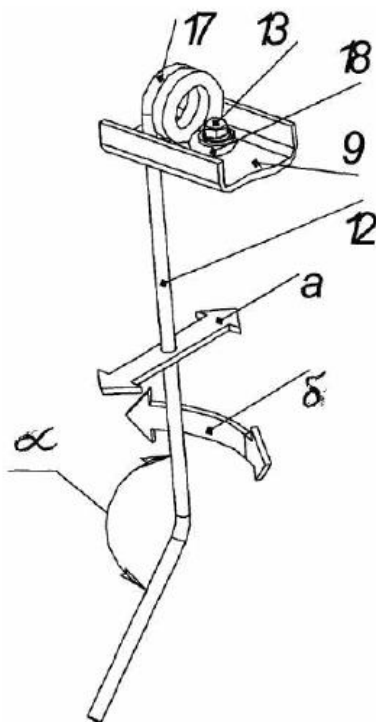


Рис.2.9. Форма пружинного зуба та його закріплення

Запропонована пружинна борона призначена для роботи як до появи сходів, так і після їх утворення. Її можна застосовувати на посівах різних сільськогосподарських культур, зокрема гороху, гречки, ячменю, проса, пшениці, буряків, кукурудзи, баштанних культур, сої та інших. Основне призначення борони полягає у механічному знищенні бур'янів на ранніх стадіях розвитку, насамперед у фазі ниткоподібного кореня, коли вони є найбільш вразливими до механічного впливу.

Особливо ефективним є використання такої борони для досходового і ранньопісляходового обробітку полів. На посівах просапних культур, таких як кукурудза, соняшник і буряк, її доцільно застосовувати у фазі 2-4 листків культурної рослини, коли можна знищити значну частину однорічних бур'янів без істотного пошкодження посівів. На ярих зернових і зернобобових культурах, наприклад ячмені, гречці чи горосі, боронування

проводять у період від фази трьох листків до початку кушіння або, у випадку окремих культур, до початку розвитку вусиків.

Крім того, така борона може застосовуватися восени для боротьби зі сходами зимуючих бур'янів, а ранньою весною - для руйнування ґрунтової кірки на посівах озимих культур. Ефективною вона є і на парових полях, де використовується для механічного знищення однорічних бур'янів та підтримання поверхневого шару ґрунту в розпушеному стані.

Висновок по розділу

Під час проведеного огляду встановлено, що пружинні борони є ефективними знаряддями для поверхневого обробітку ґрунту та механічного догляду за посівами. Їх застосування дає змогу розпушувати верхній шар ґрунту, руйнувати ґрунтову кірку, закривати вологу, покращувати аерацію ґрунту та знищувати бур'яни на ранніх етапах розвитку. Аналіз існуючих конструкцій показав, що сучасні пружинні борони відрізняються різноманітністю конструктивних рішень, які спрямовані на підвищення якості обробітку, покращення самоочищення робочих органів, зменшення забивання рослинними рештками та зниження травмування культурних рослин.

Отже, аналіз конструкцій пружинних борін підтверджує доцільність їх подальшого вдосконалення. Основними напрямками такого вдосконалення є підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту, забезпечення стабільної роботи пружинних зубів, покращення самоочищення робочих органів, зменшення пошкодження культурних рослин та розширення технологічних можливостей машини. Це свідчить про актуальність розроблення удосконаленої конструкції пружинної борони для сучасного сільськогосподарського виробництва.

3. КОНСТРУКТОРСЬКЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРУЖИННОЇ БОРОНИ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1. Опис удосконалення та робочий процес пружинної борони

З метою підвищення ефективності поверхневого обробітку ґрунту, покращення умов транспортування агрегату та забезпечення більш якісного копіювання рельєфу поля у дипломному проєкті запропоновано удосконалення конструкції пружинної борони. Суть запропонованого рішення полягає у поєднанні окремих секцій пружинної борони в єдиний широкозахватний агрегат, встановлений на спеціальній рамі-зчіпці, яка оснащена ходовими колесами, механізмом підйому та механізмом фіксації.

Запропонована конструкція складається із секцій пружинної борони (рис.3.1.), несучої рами, зчіпного пристрою, ходової частини, механізму підйому та механізму фіксації. Робочі секції закріплені на рамі таким чином, щоб забезпечити їх стійке положення під час роботи, а також можливість переведення агрегату у транспортне положення. Використання секційного принципу побудови дозволяє сформувати значну ширину захвату агрегату без суттєвого ускладнення конструкції окремої борони.

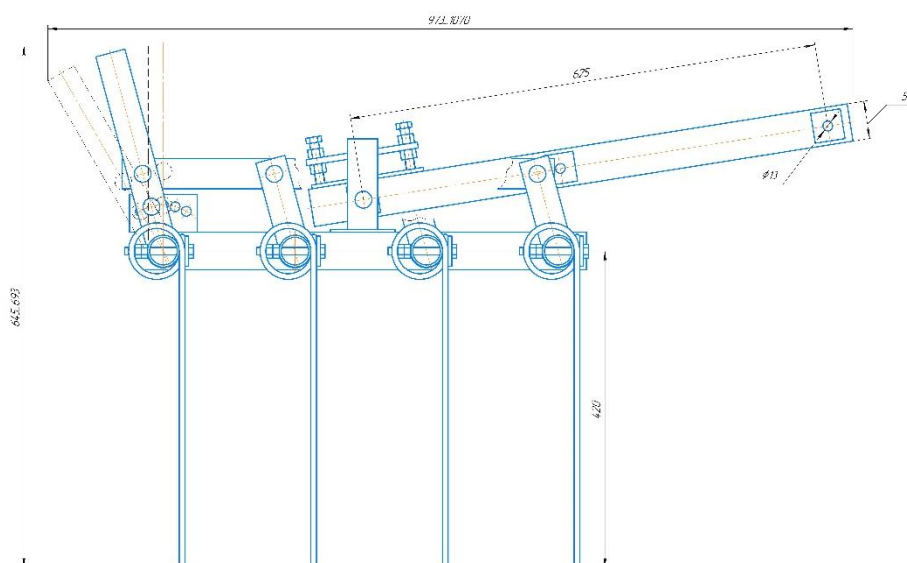


Рис.3.1. Запропонована конструкція пружинної борони

Особливістю удосконаленої конструкції є те, що кожна секція борони має шарнірно-важільне кріплення до несної системи. Таке рішення дає змогу змінювати положення секцій відносно рами, що позитивно впливає на якість виконання технологічного процесу. За рахунок цього робочі органи краще пристосовуються до нерівностей поверхні поля, забезпечують більш рівномірний контакт із ґрунтом та сприяють стабільнішій глибині обробітку. Це особливо важливо при роботі на полях із хвилястим мікрорельєфом, де жорстке кріплення секцій часто призводить до нерівномірної дії зубів на ґрунт, появи необроблених ділянок або, навпаки, надмірного заглиблення окремих робочих органів.

Удосконалення також передбачає застосування механізму підйому, який дає змогу переводити секції борони з робочого положення у транспортне. Завдяки цьому значно спрощуються переїзди між полями, зменшується навантаження на робочі органи та підвищується безпечність експлуатації машини. Наявність механізму фіксації дозволяє надійно закріплювати секції у заданому положенні, що виключає їх самовільне переміщення під час транспортування або маневрування агрегату.

Ще однією важливою перевагою модернізованої конструкції є використання ходових коліс, які сприймають частину навантаження від маси агрегату. Це полегшує транспортування борони дорогами та по польових проїздах, а також знижує динамічні навантаження на раму і робочі секції. Крім того, колісна опора сприяє підвищенню стійкості всієї конструкції у транспортному положенні.

3.2. Конструктивні розрахунки розробленої пружинної борони

Для виконання конструктивних та експлуатаційних розрахунків удосконаленої пружинної борони приймаємо такі вихідні дані [12].:

Вихідні дані для розрахунку пружинної борони

Показник	Позначення	Одиниця	Значення
Ширина захвату агрегату	B	м	11,0
Робоча швидкість руху	v	км/год	10
Глибина обробітку	a	м	0,04
Кількість секцій борін	n_c	шт	11
Кількість зубів у секції	z_1	шт	15
Загальна кількість зубів	z	шт	165
Коефіцієнт використання часу зміни	$\dot{t}$	-	0,85
Питомий тяговий опір борони	q	кН/м	2,7
ККД трансмісії трактора	η_t	-	0,85
Питома витрата палива двигуна	g_e	кг/(кВт·год)	0,23
Довжина робочої частини зуба	l	мм	420
Діаметр пружинного зуба	d	мм	16
Діаметр пальця шарніра	d_p	мм	12

Загальну кількість зубів визначаємо за формулою

$$z = n_c \cdot z_1,$$

(3.1)

$$z = 11 \cdot 15 = 165 \text{ шт.}$$

3.2.1 Визначення навантаження на один пружинний зуб та розрахунок на міцність

Для подальших конструктивних розрахунків спочатку визначимо середнє навантаження на один робочий орган. Загальний тяговий опір борони становить

$$R = q \cdot B, \quad (3.2)$$

де q – питомий тяговий опір, кН/м;

B – ширина захвату, м.

$$R = 2,7 \cdot 11 = 29,7 \text{ кН.}$$

Тоді навантаження на один зуб становить

$$R_z = \frac{R}{z}, \quad (3.3)$$

$$R_z = \frac{29,7 \cdot 1000}{165} = 180 \text{ Н.}$$

Отже, на один пружинний зуб припадає середнє навантаження 180 Н.

Пружинний зуб розглядаємо як консольно закріплений стержень, до кінця якого прикладене навантаження від опору ґрунту. З урахуванням динамічності роботи приймаємо коефіцієнт

$$k_d = 1,3,$$

Тоді розрахункове навантаження на зуб дорівнює

$$F = k_d \cdot R_z, \quad (3.4)$$

$$F = 1,3 \cdot 180 = 234 \text{ Н.}$$

Максимальна згинальний момент у місці закріплення зуба

$$M = F \cdot l, \quad (3.5)$$

$$M = 234 \cdot 420 = 98280 \text{ Н/мм.}$$

Напруження згину в круглому перерізі визначаємо за формулою

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}, \quad (3.6)$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot 98280}{3,14 \cdot 16^3} = 244,4 \text{ МПа.}$$

Для пружинної сталі допустиме напруження можна прийняти

$$[\sigma] = 500 \dots 600 \text{ МПа.}$$

Оскільки

$$\sigma = 244,4 \text{ МПа} < [\sigma],$$

то міцність зуба забезпечена.

3.2.2. Розрахунок прогину пружинного зуба та запасу міцності

Прогин консольного закріпленого зуба визначаємо за формулою

$$f = \frac{64Fl^3}{3\pi Ed^4}, \quad (3.7)$$

Де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа - модуль пружності сталі.

$$f = \frac{64 \cdot 234 \cdot 420^3}{3 \cdot 3,14 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 16^4} = 8,55 \text{ мм.}$$

Отже, пружинний зуб має прогин 8,55 мм, що є доступним і підтверджує його нормальну пружну роботу.

Коефіцієнт запасу міцності визначаємо за залежністю:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma}, \quad (3.8)$$

де $[\sigma] = 500$ МПа.

$$n = \frac{500}{244,4} = 2,05.$$

Отже, коефіцієнт запасу міцності пружинного зуба становить 2,05, що є достатнім для наданої роботи.

3.2.3 Розрахунок пальця шарнірного з'єднання секції

У конструкції пружинної борони одними з відповідальних елементів є шарнірні з'єднання секцій, за допомогою яких забезпечується їх рухомість, пристосування до нерівностей поверхні поля та надійне приєднання до несної системи. Основним елементом такого з'єднання є палець, який у процесі роботи сприймає навантаження, що передаються від секції борони на раму. Надійність цього елемента має важливе значення для забезпечення працездатності всієї конструкції, оскільки руйнування або надмірне деформування пальця може призвести до порушення роботи секції, зниження якості обробітку ґрунту та виникнення аварійної ситуації під час експлуатації машини.

Оскільки в даному з'єднанні палець працює в умовах подвійного зрізу, виникає необхідність перевірити його міцність на дію зрізувальних напружень. Для цього складається розрахункова схема пальця шарнірного з'єднання секції, на якій показано характер прикладання навантаження, розташування площин зрізу та основні розрахункові параметри. Така схема дає змогу наочно відобразити роботу елемента під навантаженням і є основою для подальшого визначення напруження зрізу та перевірки умови міцності пальця.

На рисунку 3.2. наведено розрахункову схему пальця шарнірного з'єднання секції пружинної борони, яка прийнята для виконання перевірного розрахунку.

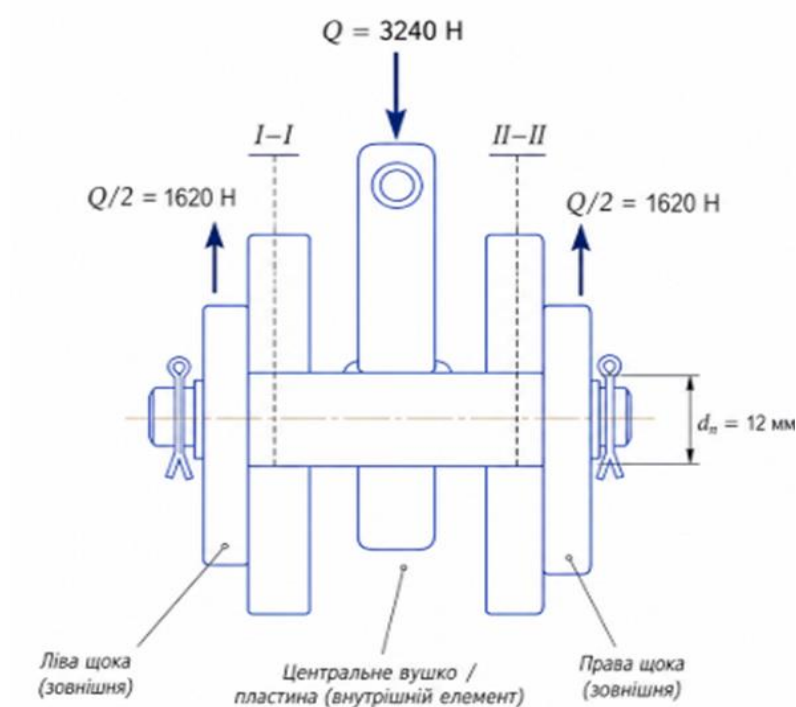


Рис.3.2. Розрахункова схема пальця шарнірного з'єднання секції

Навантаження на одну секцію борони визначаємо як добуток навантаження на один зуб на кількість зубів у секції:

$$R_c = R_z \cdot z_1, \quad (3.9)$$

$$R_c = 180 \cdot 15 = 2700 \text{ Н.}$$

З урахуванням динамічних навантажень:

$$Q = 1,2 \cdot 2700 = 3240 \text{ Н.}$$

Палець працює на подвійній зріз. Напруження визначаємо за формулою

$$\tau = \frac{Q}{2A}, \quad (3.10)$$

де площа перерізу пальця

$$A = \frac{\pi d_p^2}{4}. \quad (3.11)$$

$$\tau = \frac{3240}{2 \cdot \frac{3,14 \cdot 12^2}{4}} = 14,3 \text{ МПа.}$$

Для сталі 45 допустиме напруження зразу становить приблизно

$$[\tau] = 80 \dots 100 \text{ МПа}$$

Оскільки

$$\tau = 14,3 \text{ МПа} < [\tau],$$

то міцність пальця шарніра забезпечена.

Напруження зминання визначаємо за формулою:

$$p = \frac{Q}{d_p \cdot b}, \quad (3.12)$$

де $b = 20 \text{ мм}$ – товщина вушка.

$$p = \frac{3240}{12 \cdot 20} = 13,5 \text{ МПа}.$$

Отримане значення не перевищує допустимого, тому шарнірне з'єднання є працездатним.

3.2.4 Розрахунок поперечної балки рами борони

Поперечна балка рами є одним із основних несучих елементів пружинної борони, оскільки сприймає навантаження від робочих секцій і забезпечує жорсткість конструкції. Для перевірки її працездатності виконуємо розрахунок на міцність при згині, розглядаючи балку як однопролітний елемент, навантажений рівномірно розподіленим навантаженням. На рисунку 3.3. наведено розрахункову схему поперечної балки рами.

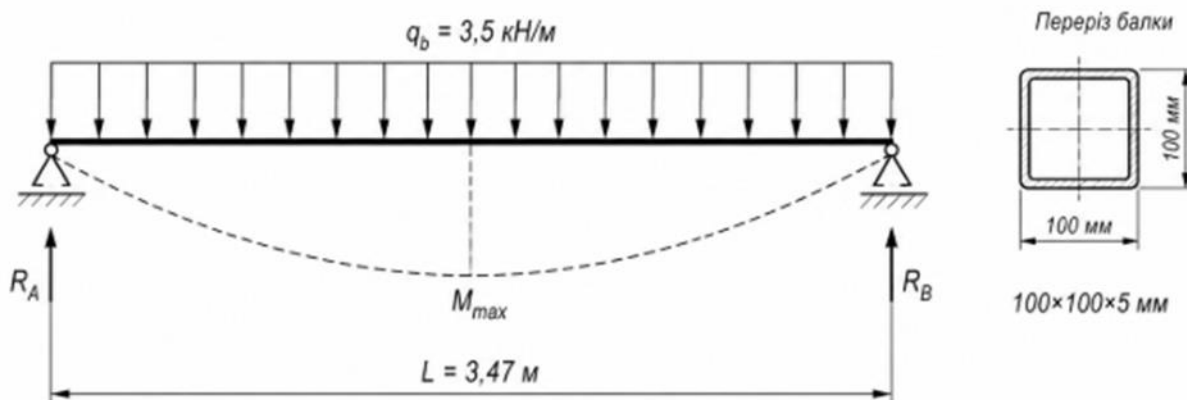


Рис.3.3. Розрахункова схема поперечної балки рами пружинної борони

Перевіримо одну з основних балок рами на міцність. Приймаємо, що балка виготовлена з квадратної труби $100 \times 100 \times 5$ мм, а її проліт дорівнює

$$L = 3,47 \text{ м.}$$

Рівномірно розподілене навантаження на балку приймаємо

$$q_b = 3,5 \text{ кН/м.}$$

Максимальний згинальний момент

$$M_{\max} = \frac{q_b L^2}{8}, \quad (3.13)$$

$$M_{\max} = \frac{3,5 \cdot 3,47^2}{8} = 5,27 \text{ кН/м.}$$

Момент опору квадратної труби $100 \times 100 \times 5$ мм становить

$$W = 57,3 \text{ см} = 57300 \text{ мм}^3.$$

Напруження згину в балці

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{W}, \quad (3.14)$$

де $M_{\max} = 5,27 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$

$$\sigma_b = \frac{5,27 \cdot 10^6}{57300} = 91,9 \text{ МПа.}$$

Для конструкційної сталі допустиме напруження на згин становить

$$[\sigma_b] = 160 \dots 180 \text{ МПа.}$$

Оскільки

$$\sigma_b = 91,9 \text{ МПа} < [\sigma_b],$$

то міцність балки рамки забезпечена.

3.3 Експлуатаційні розрахунки пружної борони

3.3.1 Розрахунок теоретичної та експлуатаційної продуктивності

Теоретичну продуктивність агрегату визначаємо за формулою:

$$W_t = \frac{B \cdot v}{10}, \quad (3.15)$$

де B — ширина захвату, м;

V — робоча швидкість, км/год.

$$W_t = \frac{11 \cdot 10}{10} = 11,0 \text{ га/год.}$$

Експлуатаційна продуктивність з урахуванням коефіцієнта використання часу зміни дорівнює:

$$W_e = W_t \cdot \tau, \quad (3.16)$$

$$W_e = 11,0 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ га/год.}$$

При тривалості зміни $T = 8$ год змінна продуктивність становить

$$W_{зм} = W_e \cdot T, \quad (3.17)$$

$$W_{зм} = 9,35 \cdot 8 = 74,7 \text{ га/зм.}$$

3.3.2. Розрахунок тягового опору борони та потужності трактора

Загальний тяговий опір борони дорівнює

$$R = q \cdot B, \quad (3.18)$$

$$R = 2,7 \cdot 11 = 29,7 \text{ кН.}$$

Отже, тяговий опір агрегату становить 29,7 кН.

Потужність на подолання тягового опору визначаємо за формулою

$$N_t = \frac{R \cdot v}{3,6}, \quad (3.19)$$

$$N_t = \frac{29,7 \cdot 10}{3,6} = 82,5 \text{ кВт.}$$

Необхідна ефективна потужність двигуна трактора

$$N_e = \frac{N_t}{\eta_t}, \quad (3.20)$$

$$N_e = \frac{82,5}{0,85} = 97,1 \text{ кВт.}$$

Отже, для агрегування борони потрібен трактор потужністю не менше 97,1 кВт, або приблизно 130 к.

Годинна витрата палива визначається залежністю

$$G_r = g_e \cdot N_e, \quad (3.21)$$

$$G_r = 0,23 \cdot 97,1 = 22,33 \text{ кг/год.}$$

Питома витрата палива на 1 га становить

$$G_{\text{га}} = \frac{G_r}{W_e}, \quad (3.22)$$

$$G_{\text{га}} = \frac{22,33}{9,35} = 2,39 \text{ кг/га.}$$

Для визначення часу, необхідного для обробітку площі $F = 100$ га, використовуємо формулу:

$$t = \frac{F}{W_e}, \quad (3.23)$$

$$t = \frac{100}{9,35} = 10,7 \text{ год.}$$

Отже, площу 100 га агрегат може обробити приблизно за 10,7 год.

Висновок до розділу

Експлуатаційні розрахунки показали, що при ширині захвату 11 м і швидкості руху 10 км/год борона забезпечує теоретичну продуктивність 11,0 га/год і експлуатаційну продуктивність 9,35 га/год. Тяговий опір агрегату становить 29,7 кН, а для його роботи потрібен трактор потужністю близько 97 кВт. Орієнтовна витрата палива становить 22,33 кг/год або 2,39 кг/га. Отже, запропонована конструкція забезпечує достатню надійність та ефективність роботи при поверхневому обробітку ґрунту.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОБОТІ З ПРУЖИННОЮ БОРОНОЮ

4.1 Загальні положення

Робота з пружинною бороною пов'язана з виконанням польових механізованих операцій, під час яких на механізатора діють різні небезпечні та шкідливі виробничі чинники. До них належать рухомі та обертові елементи машинно-тракторного агрегату, підвищений рівень шуму і вібрації, запиленість повітря робочої зони, можливість травмування під час навішування, регулювання та транспортування агрегату, а також небезпека виникнення аварійних ситуацій при русі по дорогах і на схилах.

Метою цього розділу є розроблення комплексу організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці при експлуатації пружинної борони, а також на мінімізацію негативного впливу технологічного процесу на навколишнє природне середовище.

Удосконалена пружинна борона, завдяки наявності секційної рами, механізму підйому та механізму фіксації, повинна експлуатуватися з дотриманням вимог охорони праці як під час виконання основної операції боронування, так і при переїздах, налаштуванні та технічному обслуговуванні.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Під час роботи машинно-тракторного агрегату з пружинною бороною можуть виникати такі основні небезпеки:

1. травмування працівника приєднувальними, шарнірними та рухомими елементами борони;

2. можливість наїзду або затискання працівника трактором чи агрегатом під час агрегування;
3. небезпека самовільного опускання або зміщення секцій борони при регулюванні чи ремонті;
4. поранення гострими кінцями пружинних зубів;
5. підвищений рівень пилу при роботі на сухих ґрунтах;
6. дія шуму та вібрації від трактора;
7. небезпека перекидання агрегату при роботі на поворотах, нерівностях поля або схилах;
8. ризик дорожньо-транспортних пригод під час переведення борони у транспортне положення та руху дорогами загального користування;
9. пожежна небезпека у разі потрапляння рослинних решток на нагріті частини трактора або при витокі паливно-мастильних матеріалів.

Особливу увагу слід приділяти роботі з механізмом підйому та механізмом фіксації секцій, оскільки саме ці вузли створюють підвищену небезпеку при переході агрегату з робочого у транспортне положення.

4.3 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи механізатор зобов'язаний провести зовнішній огляд трактора і борони та переконатися у справності всіх вузлів і механізмів. Необхідно перевірити надійність кріплення секцій борони до рами, справність причіпного або навісного пристрою, стан пальців, шплінтів, болтових з'єднань, а також роботу механізму підйому і механізму фіксації.

Перед виїздом у поле потрібно:

1. перевірити технічний стан ходових коліс, якщо вони передбачені конструкцією;
2. переконатися у відсутності тріщин, деформацій та надмірного зношування пружинних зубів;

3. оглянути гідросистему трактора, рукави високого тиску, місця з'єднань і переконатися у відсутності витоків робочої рідини;
4. перевірити справність сигналізації, освітлення та попереджувальних знаків, якщо планується рух дорогами;
5. очистити агрегат від сторонніх предметів, залишків рослинної маси та бруду.

Агрегатування борони з трактором слід проводити лише на рівному майданчику при заглушеному двигуні або на мінімально безпечному режимі, якщо цього вимагає технологія приєднання. Під час приєднання забороняється перебувати між трактором і бороною у момент подачі трактора назад без узгоджених сигналів між механізатором та допоміжним працівником.

4.4 Вимоги безпеки під час роботи

Під час виконання боронування механізатор повинен постійно контролювати стійкість руху агрегату, рівномірність заглиблення секцій та загальний технічний стан машини. Рух слід здійснювати з робочою швидкістю, що відповідає агротехнічним вимогам і забезпечує безпечну експлуатацію агрегату.

Під час роботи забороняється:

1. перебування сторонніх осіб поблизу робочих органів борони;
2. очищення зубів, регулювання секцій або підтягування кріплень на ходу;
3. повороти з різким маневруванням при заглиблених робочих органах;
4. рух агрегату зі значною швидкістю по нерівностях, вимоїнах і схилах;
5. експлуатація борони при несправному механізмі фіксації чи підйому.

Усі регулювання, очищення і дрібні ремонтні роботи необхідно виконувати лише після повної зупинки агрегату, опускання робочих органів на ґрунт або встановлення секцій на надійні підставки. Якщо секції перебувають у піднятому положенні, вони повинні бути обов'язково зафіксовані штатними пристроями. Проводити будь-які роботи під незакріпленими секціями суворо заборонено.

При роботі на схилах необхідно рухатися з урахуванням поперечної стійкості трактора та агрегату. На небезпечних ділянках слід зменшувати швидкість, уникати різких поворотів та не допускати перевантаження машини.

4.5 Вимоги безпеки під час транспортування і технічного обслуговування

При переїзді з одного поля на інше борону необхідно перевести у транспортне положення, підняти секції за допомогою механізму підйому та надійно зафіксувати їх механізмом фіксації. Перед виїздом на дорогу слід переконатися, що габарити агрегату відповідають вимогам безпечного транспортування, а всі рухомі частини закріплені.

Під час транспортування забороняється:

1. рух з незафіксованими секціями;
2. перевезення людей на рамі або секціях борони;
3. перевищення допустимої транспортної швидкості;
4. виконання різких поворотів і гальмувань.

Технічне обслуговування борони слід проводити на спеціально відведеному майданчику. Перед початком обслуговування агрегат потрібно встановити у стійке положення, заглушити двигун трактора, вимкнути вал відбору потужності, якщо він використовується, і зняти тиск у гідросистемі. Під час обслуговування працівник повинен користуватися справним інструментом, рукавицями та захисним одягом.

Особливу обережність необхідно проявляти під час заміни або виправлення пружинних зубів, оскільки вони можуть перебувати у напруженому стані. Роботи з демонтажу пружних елементів слід виконувати з використанням спеціального інструменту та без надмірних ударних навантажень.

5.6 Заходи пожежної безпеки та захисту навколишнього середовища

Під час виконання польових робіт, особливо у суху та спекотну погоду, значно підвищується ризик виникнення пожежі. Основними джерелами небезпеки є нагріті вузли трактора, іскроутворення, короткі замикання електрообладнання, а також витік паливно-мастильних матеріалів.

Для попередження пожеж необхідно:

1. утримувати трактор і борону в чистоті, своєчасно видаляти пил, соломку та рослинні рештки;
2. стежити за герметичністю паливної системи;
3. не допускати куріння поблизу техніки та місць заправлення;
4. мати в справному стані вогнегасник;
5. не залишати без нагляду машину з працюючим двигуном.

У разі займання необхідно негайно зупинити агрегат, заглушити двигун, відвести людей у безпечне місце та приступити до гасіння вогнегасником або підручними засобами з одночасним повідомленням відповідних служб.

Під час експлуатації пружинної борони необхідно враховувати можливий вплив на ґрунт, атмосферне повітря та прилеглі екосистеми. Запропонована конструкція виконує поверхневий обробіток ґрунту, тому за правильного вибору режимів роботи вона не спричиняє надмірного руйнування структури орного шару і не погіршує екологічного стану поля.

До основних природоохоронних заходів належать:

1. дотримання оптимальної глибини боронування, щоб уникнути зайвого розпилення ґрунту;
2. виконання робіт у строки, що забезпечують мінімальне пересушування верхнього шару;
3. недопущення витоків пального, мастил і гідравлічної рідини на поверхню ґрунту;
4. проведення заправлення і технічного обслуговування тільки у спеціально відведених місцях;
5. збирання та утилізація використаних мастильних матеріалів, обтиральних матеріалів і зношених деталей відповідно до чинних вимог;
6. запобігання надмірному ущільненню ґрунту шляхом дотримання раціональних маршрутів руху агрегату;
7. обмеження роботи у вітряну погоду на дуже сухих ґрунтах для зменшення пиловиділення.

Позитивним екологічним аспектом використання удосконаленої борони є підвищення продуктивності агрегату, що дозволяє зменшити тривалість перебування техніки на полі, скоротити сумарні витрати палива на одиницю площі та відповідно знизити викиди продуктів згоряння в атмосферу.

Висновок до розділу

Безпечна експлуатація удосконаленої пружинної борони можлива лише за умови дотримання вимог охорони праці під час агрегування, регулювання, роботи в полі, транспортування та технічного обслуговування. Основними напрямками забезпечення безпеки є справний технічний стан агрегату, надійна фіксація секцій у транспортному положенні, виключення виконання будь-яких робіт під незакріпленими елементами конструкції, а також використання працівниками засобів індивідуального захисту.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ПРУЖИННОЇ БОРОНИ

Техніко-економічне обґрунтування удосконаленої пружинної борони виконується з метою визначення доцільності впровадження запропонованої конструкції у виробництво. Економічна ефективність проекту формується за рахунок підвищення продуктивності агрегату, скорочення витрат часу на виконання технологічної операції, зменшення витрат палива та праці, а також зниження собівартості обробітку ґрунту [25].

Для визначення економічної ефективності порівнюємо базову та удосконалену пружинні борони, що виконують однакову технологічну операцію.

Таблиця 4.1

Вихідні дані для техніко-економічного обґрунтування

№ п/п	Показник	Одиниця	Базова борона БП-11	Удосконалена борона БП-11М
1	Річний обсяг робіт	га	1200	1200
2	Експлуатаційна продуктивність	га/год	7,20	9,35
3	Витрата палива	кг/га	2,60	2,39
4	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1
5	Вартість трактора	грн	1800000	1800000
6	Вартість борони	грн	185000	205000
7	Ціна дизельного палива	грн/кг	62,0	62,0
8	Погодинна оплата праці механізатора	грн/год	180	180

Показники експлуатаційної продуктивності та витрати палива для удосконаленої борони прийняті за результатами розрахунків, наведених у попередньому розділі.

Річні витрати часу на виконання заданого обсягу робіт визначаємо за формулою:

$$T = \frac{F}{W_e}, \quad (5.1)$$

де F – річний обсяг робіт, га;

W_e – експлуатаційна продуктивність, га/год.

Для базової борони:

$$T_{\delta} = \frac{1200}{7,20} = 166,67 \text{ год.}$$

Для удосконаленої борони;

$$T_{\pi} = \frac{1200}{9,35} = 128,34 \text{ год.}$$

Економія часу становить

$$\Delta T = T_{\delta} - T_{\pi}, \quad (5.2)$$

$$\Delta T = 166,67 - 128,34 = 38,33 \text{ год.}$$

Отже, удосконалення конструкції борони забезпечує скорочення річних витрат часу на 38,33 год.

Річні витрати на паливо визначаємо за формулою:

$$C_{\text{пал}} = F \cdot G_{\text{га}} \cdot C_{\text{дп}}, \quad (5.3)$$

де $G_{\text{га}}$ – витрата палива на 1 га, кг/га;

$C_{\text{дп}}$ – ціна дизельного палива, грн/кг.

Для базової борони:

$$C_{\text{пал.б}} = 1200 \cdot 2,60 \cdot 62 = 193440 \text{ грн.}$$

Для удосконаленої борони:

$$C_{\text{пал.п}} = 1200 \cdot 2,39 \cdot 62 = 177816 \text{ грн.}$$

Економія витрат на паливо становить

$$\Delta C_{\text{пал}} = 193440 - 177816 = 15624 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці механізатора визначаємо за формулою:

$$C_{\text{оп}} = T \cdot C_{\text{год}}, \quad (5.4)$$

де T – річні витрати часу, год;

$C_{\text{год}}$ – погодинна оплата праці, грн/год.

Для базової борони:

$$C_{\text{оп.б}} = 166,67 \cdot 180 = 30000,6 \text{ грн.}$$

Для удосконаленої борони:

$$C_{\text{оп.п}} = 128,34 \cdot 180 = 23101,2 \text{ грн.}$$

Економія витрат на оплату праці становить

$$\Delta C_{\text{оп}} = 30000,6 - 23101,2 = 6899,4 \text{ грн.}$$

Розрахунок прямих експлуатаційних витрат. До прямих експлуатаційних витрат у даному розрахунку відносимо витрати на паливо та оплату праці.

Для базової борони:

$$C_{\text{пр.б}} = C_{\text{пал.б}} + C_{\text{оп.б}}, \quad (5.5)$$

$$C_{\text{пр.б}} = 193440 + 30000,6 = 223440,6 \text{ грн.}$$

Для удосконаленої борони:

$$C_{\text{пр.п}} = C_{\text{пал.п}} + C_{\text{оп.п}}, \quad (5.6)$$

$$C_{\text{пр.п}} = 177816 + 23101,2 = 200917,2 \text{ грн.}$$

Економія прямих експлуатаційних витрат становить

$$\Delta C_{\text{пр.б}} = 223440,6 - 200917,2 = 22523,4 \text{ грн.}$$

Собівартість виконання операції на 1 га визначаємо за формулою

$$S = \frac{C_{\text{пр.б}}}{F}, \quad (5.7)$$

де $C_{\text{пр.б}}$ – прямі експлуатаційні витрати, грн;

F – річний обсяг робіт, га.

Для базової борони:

$$S_6 = \frac{223440,6}{1200} = 186,20 \text{ грн/га.}$$

Для удосконаленої борони:

$$S_{\text{п}} = \frac{200917,2}{1200} = 167,43 \text{ грн/га.}$$

Зниження собівартості становить

$$\Delta S = 186,20 - 167,43 = 18,77 \text{ грн/га.}$$

Додаткові капітальні вкладення . Оскільки удосконалена борона має дещо складнішу конструкцію, її вартість перевищує вартість базової машини.

Додаткові капітальні вкладення визначаємо як різницю вартості борін:

$$K_{\text{д}} = C_{\text{м.п}} - C_{\text{м.б}}, \quad (5.8)$$

$$K_{\text{д}} = 205000 - 185000 = 20000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від упровадження удосконаленої пружинної борони визначаємо як річну економію прямих експлуатаційних витрат:

$$E_p = \Delta C_{\text{пр}}, \quad (5.9)$$

$$E_p = 22523,4 \text{ грн.}$$

Отже, очікуваний річний економічний ефект становить 22523,4 грн.

Строк окупності визначаємо за формулою

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{д}}}{E_p}, \quad (5.10)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{20000}{22523,4} = 0,89 \text{ року.}$$

Отже, додаткові витрати на виготовлення удосконаленої борони окупаються менш ніж за один рік. Результати розрахунку заносимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Порівняльні техніко-економічні показники пружинних борін

№ п/п	Показник	Одиниця	Базова борона БП-11	Удосконалена борона БП-11М
1	Річний обсяг робіт	га	1200	1200
2	Експлуатаційна продуктивність	га/год	7,20	9,35
3	Річні витрати часу	год	166,67	128,34
4	Витрата палива на 1 га	кг/га	2,60	2,39
5	Річні витрати на паливо	грн	193440,0	177816,0
6	Річні витрати на оплату праці	грн	30000,6	23101,2
7	Прямі експлуатаційні витрати	грн	223440,6	200917,2
8	Собівартість обробітку 1 га	грн/га	186,20	167,43
9	Додаткові капітальні вкладення	грн	-	20000
10	Річний економічний ефект	грн	-	22523,4
11	Строк окупності	роки	-	0,89

Висновок до розділу

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що запропоноване удосконалення конструкції пружинної борони є економічно доцільним. Використання удосконаленої машини дає змогу скоротити річні витрати часу на 38,33 год, зменшити витрати на паливо на 15624 грн і витрати на оплату праці на 6899,4 грн. Загальна економія прямих експлуатаційних витрат становить 22523,4 грн на рік.

При цьому собівартість обробітку 1 га зменшується з 186,20 до 167,43 грн/га, а додаткові капітальні вкладення в сумі 20000 грн окупаються за 0,89 року. Отримані результати свідчать про те, що удосконалена пружинна борона має не лише конструктивні та технологічні переваги, а й забезпечує реальний економічний ефект, тому її впровадження у виробництво є доцільним.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз показав, що пружинні борони можуть ефективно використовуватись на посівах зернових, зернобобових, технічних і просапних культур, зокрема пшениці, ячменю, гречки, гороху, кукурудзи, соняшнику, буряків, сої та інших. Вони є доцільними для досходового й ранньопісляходового боронування, боротьби з однорічними та зимуючими бур'янами, а також для руйнування ґрунтової кірки на озимих культурах і догляду за паровими полями.

2. У результаті виконаних конструктивних та експлуатаційних розрахунків встановлено, що удосконалена пружинна борона є працездатною, міцною та придатною до використання у виробничих умовах. Конструктивна перевірка показала, що пружинний зуб при діаметрі 16 мм працює з напруженням 244,4 МПа, що менше допустимого для пружинної сталі, а коефіцієнт запасу міцності становить 2,05. Палець шарнірного з'єднання секції та поперечна балка рами також мають достатній запас міцності.

3. З точки зору захисту навколишнього середовища використання пружинної борони не створює значного негативного впливу за умови дотримання раціональних режимів роботи, недопущення забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами та своєчасного технічного обслуговування техніки. У результаті запропонована конструкція відповідає вимогам безпечної та екологічно прийнятної експлуатації в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

4. Застосування модернізованої борони дозволяє знизити річні затрати робочого часу на 38,33 год, скоротити витрати на паливо на 15624 грн, а витрати на оплату праці - на 6899,4 грн. У підсумку сумарне зменшення прямих експлуатаційних витрат становить 22523,4 грн за рік.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлов В.М. Грунтозахисні технології в землеробстві. Навчальний посібник. Київ: Видавництво НУБіП України, 2017. 376 с.
2. Кравченко В.М., Горюнов О.І., Грищенко С.А. Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту: методи та прилади. Київ: Видавництво КНУБА, 2017. 240 с.
3. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 283 с.
4. Система землеробства No-till: Навчальний посібник. К.: "Логос", 2011. 352 с.
5. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С., Мартишко В.М., Гуменюк Ю.О. Сільськогосподарські машини: Навчальний посібник. Київ: "Агроосвіта", 2017. 180 с.
6. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування. Тернопіль, 2019. 72 с.
7. Кравчук В. І. та ін. Машини для обробітку ґрунту та сівби : навч. посіб. Київ : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. 288 с.
8. Швець Л. В., Паладійчук Ю. Б., Труханська О. О. Технічний сервіс в АПК. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 648 с.
9. Головачук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник, 2004. 320 с.
10. Mualem, A. M., Schaap, J. W. Physical and Mechanical Properties of Soils and their Measurements. Boca Raton, FL: CRC Press, 2019.
11. Бойко А. І., Ружи́ло З. В., Новицький А. В. Надійність машин та обладнання сільськогосподарського виробництва : навч. посіб. Київ : НУБіП України, 2013. 194 с.

12. Aliiev, E., Tesliuk, H., Puhach, A., Kobets, O., Zolotovska, O., Boiko, V. Improving the work process efficiency of a tillage module for pre-sowing tillage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (124)), 60-71. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.284597
13. Kobets A., Aliiev E., Tesliuk H., Aliieva O. Simulation of the interaction between the working bodies of tillage machines and the soil in Simcenter STAR-CCM+. *Machinery & Energetics*, 14 (1), 9-23. DOI: 10.31548/machinery/1.2023.09
14. Aliiev E., Tesliuk H. Analytical justifications of constructive parameters of bionic colters for vertical soil treatment. *Machinery & Energetics*, 15(3), 129-139. DOI: 10.31548/machinery/3.2024.129
15. Кобець А. С., Кобець О. М., Пугач А. М. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок : навч. посіб. Дніпропетровськ : Свідлер А. Л., 2011. 164 с
16. Лабатюк Ю.М. Математичне моделювання процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом / Ю.М. Лабатюк, Е. Б. Алієв // Науковий вісник Таврійського державного агро-технологічного університету. - Вип. 5. т. 2. - Мелітополь: ТДАТУ, 2015. - С. 133-140.
17. Козаченко О.В. Моделювання енергоощадної форми леза ґрунтообробного робочого органу / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко, Е.Б. Алієв // Матеріали XIII Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании» 5 -8 июня 2017 г. - Технический университет. - Варна (Болгария), 2017. - Вип. 2. - С. 131-138.
18. Алієв Е.Б., Теслюк Г.В. (2023). Перспективи чисельного моделювання взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом у Simcenter STAR-CCM+. Збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції (21 березня 2023 р.). Олійні культури: сьогодення та перспективи. Запоріжжя. ІОК НААН, 2023. С. 120-121.
19. Теслюк Г. В., Алієв Е. Б., Золотовська О. В. (2024). Обґрунтування форми пазуреподібного прутка ґрунтообробного агрегату для

передпосівного обробітку. Сільськогосподарські машини, 50, 7-17. DOI: 10.36910/asst.vi50.1313

20. Царенко О. М., Злобін Ю. А., Скляр В. Г. Екологічні основи землеробства : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2004. 400 с.

21. Медведєв В. В. Фізичні властивості ґрунтів України. Харків : Апостроф, 2010. 258 с.

22. Канівець В. І. Основи землеробства і рослинництва : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2006. 310 с.

23. Барановський В. М., Дубчак Н. А. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 240 с.

24. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. Оптимізація комплексів машин і структури машинно-тракторного парку : навч. посіб. Київ : НАУ, 2004. 120 с.

25. Бухалова Н.М. Економіка підприємств аграрного сектора: Підручник / Н.М. Бухалова, В.Г. Лисенко. - К.: Аграрна освіта, 2017. - 352 с.

26. Гринь В.В. Основи охорони праці у сільському господарстві: Підручник / В.В. Гринь, О.А. Ковальчук. - Одеса: Одеський аграрний університет, 2017. - 480 с.

27. Білокопитов О.В. Методика розрахунку загальної реакції різання ґрунту поверхнею довільної геометричної форми./Семенюта А.М. Волик Б.А.// Таврійський державний агротехнологічний університет/ Вип..10.т.2. Мелітополь 2009 р. с 161...168

28. Вітвіцький В. В., Кисляченко М. Ф., Лобастов І. В. Нормування праці та витрат палива на механізовані польові роботи. Київ : НДІ «Укراгропромпродуктивність», 2006. 280 с.

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з розробкою конструкції пружинної борони

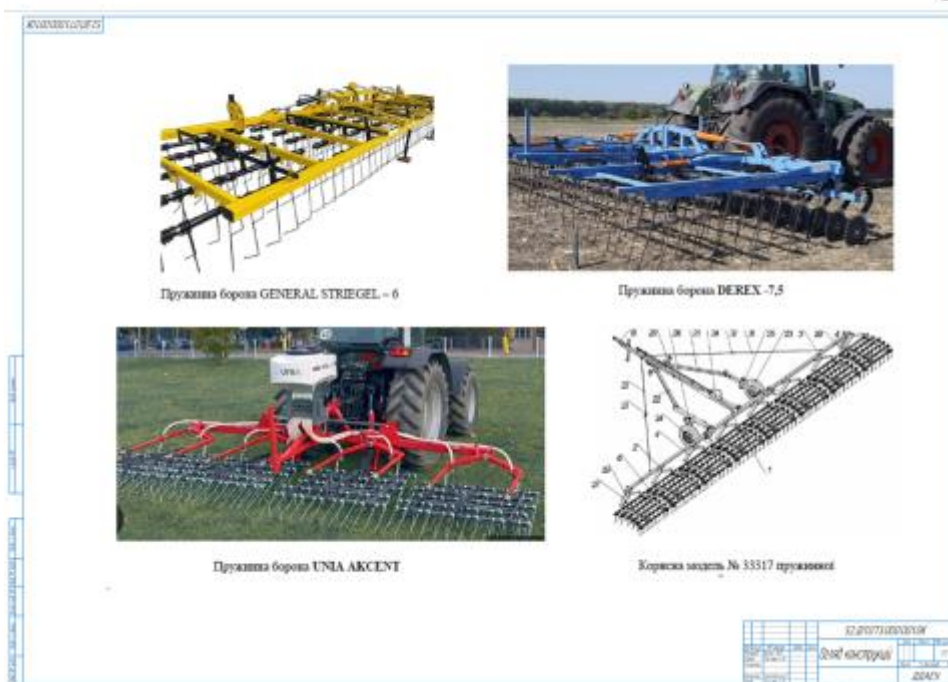
Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи AI-1-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Білий Андрій Вікторович

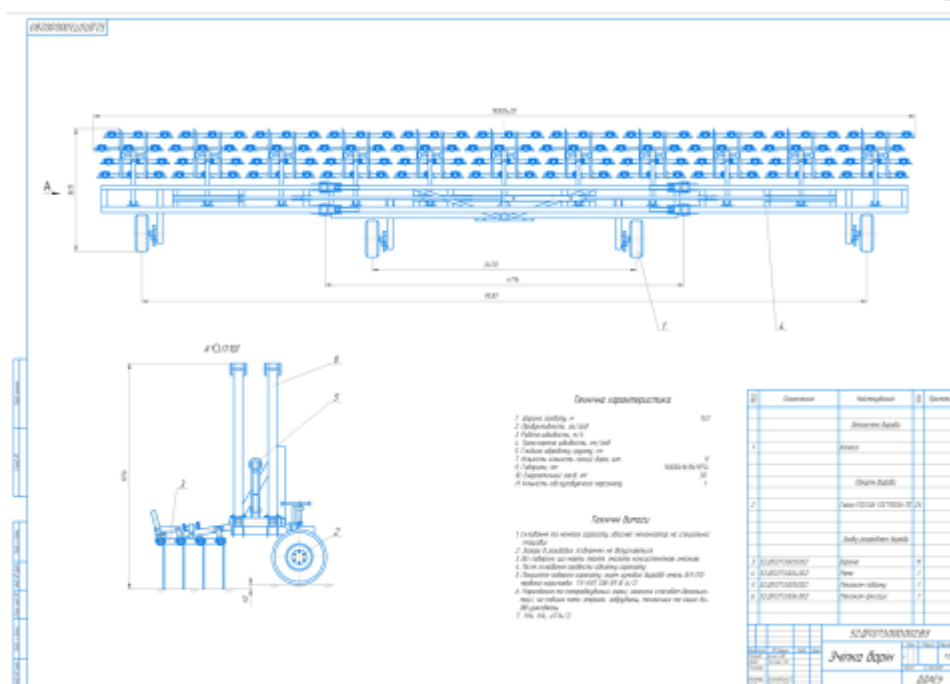
Керівник: канд. техн. наук, доцент
Теслюк Геннадій Володимирович

Дніпро, 2026

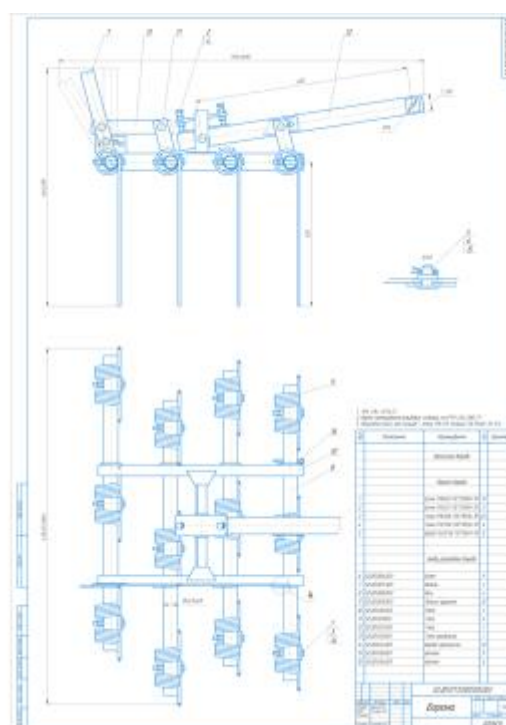
2



3



4



[illegible]