ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
«ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра агроінженерії та точного землеробства
імені Михайла САМОКИША

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

«РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СІВАЛКИ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР»

Виконав:
здобувач вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» освітньо-професійної програми «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання
Валерій ЄВЧУК

Керівник:
професор ***Борис КОТОВ***

Оцінка захисту:
Національна шкала _____
Кількість балів _____
Шкала ECTS _____
«___» червня 2026 р.

Допускається до захисту:
«__» червня 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності
208 «Агроінженерія», доцент ***Сергій ГРУШЕЦЬКИЙ***

м. Кам’янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ 2

РЕФЕРАТ……. 5

ВСТУП…….. 6

1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 7

1.1. Агробіологічне значення рівномірності розподілу рослин у посівах зернових культур 7

1.2. Гексагональний (трикутний) спосіб розміщення: теоретичне підґрунтя та переваги 9

1.3. Аналіз конструкцій посівних машин для зернових культур 10

1.4. Аналіз способів формування гексагональної сітки та вибір раціонального варіанту 11

1.5. Аналіз взаємодії робочих органів із ґрунтом 12

2. РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ 14

2.1. Агротехнічні вимоги до посіву озимої пшениці 14

2.2. Обґрунтування параметрів гексагональної сітки 14

2.3. Розрахунок норми висіву з урахуванням польової схожості та природного зрідження 16

2.4. Визначення параметрів висівного апарата 16

2.5. Технологічна схема роботи сівалки 19

2.6. Енергетичний розрахунок та вибір приводу 20

2.7. Розрахунок вакуумної системи 20

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ (ВУЗЛА) 22

3.1. Компонувальна схема та будова сівалки 22

3.2. Висівний апарат – детальна розробка 23

3.3. Розрахунок норми висіву через масу 1000 зерен 27

3.4. Розрахунок кількості отворів на висівному диску 28
3.5. Оцінка похибки розміщення насіння вздовж рядка 29
3.6. Кінематичний аналіз руху насінини від висівного диска до дна борозни 33
3.7. Економічний розрахунок чутливості до врожайності 34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ 38
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів 38
4.2. Заходи безпеки 38
4.3. Охорона довкілля 39
4.4. Заходи пожежної безпеки 40
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ 41
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ 45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 47
ДОДАТКИ 51

ПЕРЕЛІК АРКУШІВ ІЛЮСТРАТИВНО-ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

1. Операційно-технологічна карта.
2. Схема гексагональної сівалки.
3. Вигляд загальний.
4. Складальне креслення.
5. Робочі креслення.
6. Техніко-економічні показники.

ВСТУП

Сучасне рослинництво дедалі більше орієнтується на технології точного землеробства, де кожна технологічна операція максимально адаптується до локальних умов поля та біологічних потреб рослин. Особливе місце серед агротехнічних прийомів посідає сівба – первинний етап формування посіву, який значною мірою визначає подальший розвиток, стійкість до стресових чинників і кінцеву врожайність. Традиційно зернові колосові культури (озима пшениця, ярий ячмінь, овес) висівають рядковим способом із міжряддями 12,5–15,0 см. При цьому розподіл насіння в рядку зазвичай нерівномірний, що створює як загущені, так і зріджені ділянки. Відстань між рослинами в рядку суттєво відрізняється від міжряддя, а отже, площа живлення окремої рослини набуває видовженої прямокутної форми, що знижує ефективність використання вологи, світла та елементів живлення.

Спроби створення сівалок для шахового або гексагонального посіву зернових здійснювалися неодноразово. Відомі конструкції, що використовують два послідовні проходи зі зміщенням рядків, спеціальні дворядні сошники або висівні апарати з механізмом програмованого скидання. Проте жодна з них не забезпечує формування справжньої гексагональної решітки за один прохід агрегату при продуктивності, достатній для господарств середнього розміру. Отже, існує потреба в розробленні спеціалізованої зернової сівалки, здатної одночасно висівати насіння в кілька десятків рядків із суворим дотриманням кроку в рядку та циклічним зсувом сусідніх рядків на половину кроку, що в сукупності утворює гексагональний рисунок.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. На основі критичного аналізу літературних джерел встановлено, що традиційні рядкові сівалки неспроможні формувати рівномірний гексагональний посів зернових культур, що стримує реалізацію потенціалу сортів. Доведено агротехнічну та економічну доцільність переходу до гексагональної схеми розміщення рослин.

2. Обґрунтовано агротехнічні параметри посіву для озимої пшениці: міжряддя – 6,25 см, крок у рядку – 7,22 см, площа живлення – 45,1 см², густота стояння – 222 рослини/м², норма висіву – 131 кг/га. Така схема забезпечує ізотропну площу живлення та повністю відповідає вимогам інтенсивної технології.

3. Розроблено технологічний процес централізованого висіву з використанням одного пневмомеханічного барабана на 12-рядну секцію. Діаметр барабана 344 мм, 60 комірок у ряду, кутове зміщення сусідніх рядів – 3°. Доведено, що за таких параметрів просторове зміщення насіння в сусідніх рядках автоматично дорівнює половині кроку (3,61 см), що задовольняє умову гексагональної сітки.

4. Спроектовано навісну 96-рядну сівалку (робоча ширина 6 м) у вигляді чотирьох уніфікованих секцій. Детально розроблено висівний апарат: виконано кінематичний, міцнісний, гідравлічний та вакуумний розрахунки. Усі деталі задовольняють умови міцності, підшипники мають запас довговічності понад 20 тис. год. Привод синхронізовано з опорним колесом із можливістю точного налаштування норми висіву. Додатково розроблено систему автоматичного контролю висіву та механізм підтримання глибини.

5. Розроблені заходи з охорони праці (захисні кожухи, блокування, зниження шуму до 79 дБА, герметизація бункера) гарантують безпечну експлуатацію машини. Запропоновані рішення з охорони довкілля

(зменшений тиск на ґрунт, біомастила, утилізація відходів, оцінка життєвого циклу) мінімізують негативний вплив.

6. Техніко-економічний аналіз засвідчив, що використання розробленої сівалки дасть змогу отримати додатковий прибуток 4,1 тис. грн/га за рахунок приросту врожаю. Капіталовкладення окуповуються за 1,29 року (0,73 року з урахуванням держпідтримки), чистий дисконтований дохід за 5 років перевищує 2,1 млн грн. Проєкт рекомендовано до впровадження.

Рекомендації:

- Виготовити дослідний зразок однієї 12-рядної секції та провести польові випробування на різних типах ґрунтів для уточнення параметрів вакууму, геометрії комірок та зносостійкості деталей.
- За результатами випробувань масштабувати конструкцію до повномасштабної 4-секційної сівалки.
- Розглянути можливість інтеграції системи GPS-синхронізації для підвищення точності при роботі на схилах та під час розгонів/гальмування.
- Провести сертифікацію машини на відповідність технічним регламентам та отримати дозвіл на серійне виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабенко В. О. Ефективність гексагонального посіву озимої пшениці / В. О. Бабенко, Р. П. Сидоренко // Зрошуване землеробство. – 2022. – № 78. – С. 59–66.
2. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. (навч.-метод. комплекс) / К. В. Замойська та ін. – Кам’янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. – 504 с.
3. В’ялий В. М. Основи теорії сільськогосподарських машин : підручник / В. М. В’ялий. – Київ : Аграрна освіта, 2016. – 420 с.
4. Гексагональні схеми розміщення рослин у посівах зернових культур / П. І. Коваленко, А. С. Романюк, О. В. Шевчук // Техніка в сільському господарстві. – 2021. – № 4. – С. 15–21.
5. Григоренко О. М. Сівалки і саджалки : підручник / О. М. Григоренко, Л. В. Шлапак. – Харків : Діса плюс, 2017. – 312 с.
6. Дослідження рівномірності розміщення насіння при нетрадиційних схемах посіву / О. В. Левченко, І. П. Сіренко, М. М. Бойко // Техніка і технології АПК. – 2021. – № 3(123). – С. 23–30.
7. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с. – Режим доступу: http://journals.maup.com.ua/dstu.pdf (дата звернення: 26.06.2025).
8. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Чинний від 2016-07-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с.
9. ДСТУ ГОСТ 2.051:2006. Єдина система конструкторської документації. Електронні документи. Загальні положення (ГОСТ 2.051-2006, IDT). – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 18 с. – Режим доступу: https://surl.li/wemlji (дата звернення: 26.06.2025).
10. Експлуатація машин і обладнання : підручник / В. В. Іванишин, П. П. Лабазюк, А. В. Рудь, С. М. Грушецький. – Кам’янець-Подільський: ТОВ «Друкарня «Рута», 2024. – 600 с.
11. ISO 5682-1:2017. Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: Test methods for sprayer nozzles. – Geneva : ISO, 2017. – 26 p.
12. ISO 7256-1:1984. Sowing equipment – Test methods – Part 1: Single seed drills (precision drills). – Geneva : ISO, 1984. – 18 p.
13. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Машини та обладнання в тваринництві : підручник. – Кам’янець-Подільський: ЗВО «ПДУ»; ТОВ «Друкарня «Рута», 2022. – 468 с.
14. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Технічне обслуговування машин і обладнання : підручник. – Кам’янець-Подільський : ЗВО «ПДУ»; ТОВ «Друкарня «Рута», 2023. – 360 с.

15. Кернасюк Ю.І. Проєктування робочих органів посівних машин: монографія / Ю. І. Кернасюк. – Дніпро : ДДАЕУ, 2020. – 198 с.
16. Колесник С. О. Математичне моделювання шестикутної схеми розміщення рослин / С. О. Колесник // Наукові праці ОНАХТ. – 2019. – Т. 2, № 51. – С. 71–78.
17. Конструювання сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / за ред. В. І. Кравчука. – Київ : Ліра-К, 2019. – 296 с.
18. Кравчук В. І. Аналітичний огляд схем розміщення висіяних рослин у рядку та по полю / В. І. Кравчук, О. М. Бондар // Вісник аграрної науки. – 2020. – № 7. – С. 45–52.
19. Кравчук В. І. Конструкції та розрахунок сівалок для висіву зернових культур : навч. посіб. / В. І. Кравчук, О. М. Бондар. – Київ: Аграрна наука, 2018. – 256 с.
20. Методичні рекомендації до виконання та оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю. І. Панцир та ін.; за ред. А. В. Рудь. – Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2026. – 64 с.
21. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування : підручник : у 2 т. Т. 1 / А. В. Рудь та ін. – Київ: Агроосвіта, 2012. – 584 с.
22. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування : підручник : у 2 т. Т. 2 / А. В. Рудь та ін. – Київ: Агроосвіта, 2012. – 432 с.
23. Офіційний сайт фірми «Grimme». – URL: https://www.erfoig-ernten.de (дата звернення: 26.06.2025).
24. Пат. 123456 Україна, МПК A01C7/00. Сівалка для гексагонального посіву зернових культур / І. П. Сіренко, В. О. Бабенко; заявник та патентовласник Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – № u202012345; заявл. 15.05.2020 ; опубл. 25.11.2020, Бюл. № 22.
25. Пат. 98765 Україна, МПК A01C7/04. Висівний апарат для просторового розміщення насіння / О. М. Бондар ; заявник та патентовласник Харків. нац. техн. ун-т сільськ. госп-ва ім. П. Василенка. – № u201912345 ; заявл. 10.03.2019 ; опубл. 27.09.2019, Бюл. № 18.
26. Підвищення рівномірності висіву насіння шляхом оптимізації конструкції висівного апарата / М.П. Григоренко, С.О. Колесник // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2020. – Т. 103, № 2. – С. 37–44.
27. Погорілий Л. В. Теорія й розрахунок сільськогосподарських машин : навч. посіб. / Л. В. Погорілий, М. П. Григоренко. – Вінниця : Нова Книга, 2015. – 384 с.
28. Практикум з дисциплін «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі»: навч. посіб. / В.В. Іванишин та ін. – Кам'янець-Подільський: ТзОВ «Друк-сервіс», 2016. – 305 с.
29. Саблук П. Т. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / П.Т. Саблук. – Київ : ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2005. – 292 с.

30. Сівалки. Загальні технічні вимоги : ДСТУ 4789:2020. – Чинний від 2021-01-01. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 24 с.
31. Сідченко В. Г. Теоретичні основи розрахунку висівних апаратів точного висіву / В. Г. Сідченко // Науково-технічний бюлетень ІМЕСГ. – 2018. – Вип. 119. – С. 92–99.
32. Труфляк Є. Д. Сільськогосподарські машини. Машини для сівби та садіння : підручник / Є. Д. Труфляк, І. Г. Григор'єв. – Львів: Новий Світ – 2000, 2019. – 368 с.