

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування сої з удосконаленням
багатофункціонального сепаратора зерна»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи АІ-22мб-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Гарбаренко Ярослав Ігорович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Дмитро ПЕТРЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Станіслав КАТЕРИНИЧ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

Тема: «Механізація вирощування сої з удосконаленням багатofункціонального сепаратора зерна»

соя, комплексна механізація, очищення зерна, сепаратор

Проаналізовано агропромислове виробництво України та особливості вирощування сої, розроблено технологічну карту з комплексною механізацією (потенційна врожайність до 2,0 т/га). Проведено розрахунки зерноочисно-сушильного комплексу. Удосконалено технічне забезпечення вторинного очищення шляхом розробки схеми пневмо-решітного сепаратора інерційного типу, обґрунтовано параметри його систем. Запропоновано заходи з безпеки експлуатації зерноочисного обладнання.

Abstract

Topic: «Soybean cultivation mechanization with the improvement of the multifunctional grain separator»

soybean, complex mechanization, grain cleaning, separator

The agro-industrial production of Ukraine and the features of soybean cultivation were analyzed, a technological map with comprehensive mechanization was developed (potential yield up to 2.0 t/ha). Calculations of the grain cleaning and drying complex were carried out. The technical support for secondary cleaning has been improved by developing a scheme for an inertial-type pneumatic-sieve separator, the parameters of its systems have been substantiated. Measures for the safety of grain cleaning equipment operation have been proposed.

1. Вступ.

Безперечним є той факт, що Україна відзначається високим рівнем аграрного виробництва. Останніми роками спостерігається постійне збільшення темпів виробничого росту агровиробництва, що, в тому числі, пов'язано з поступовою переорієнтацією агровиробників на впровадження у технологічні процеси вирощування інтенсивних технологій землеробства, зокрема і застосування інноваційних технічних засобів, які дозволяють механізувати більшість операцій, а також діджиталізувати їх.

Останнім часом відбувається переорієнтація рослинницької галузі агропромислового виробництва на мультикультурність, на зміну традиційних культур приходять ті, які не були притаманні вітчизняній сівозміні. Як одну з тенденцій, спостерігаємо збільшення номенклатури бобових культур і посівних площ під ними, що пов'язано з розумінням товарної цінності та ефективності даної групи в якості кращих попередників, особливо для культур, районування яких призводить до виснаження ґрунтів як за водозабезпеченням, так і поживністю. Однією з найбільш популярних бобових культур є соя, дослідженням і селекцією якої займаються і вітчизняні науковці, якими для зональних ґрунтово-кліматичних умов України розробляються та апробуються адаптивні технології її районування.

Цілями кваліфікаційної роботи є забезпечення раціонального використання засобів механізації при вирощуванні і післязбиральному обробітку сої в зоні північного Степу, що дозволить забезпечити додержання оптимальних агровимог та мінімалізувати виробничі витрати.

					МВС 00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						
Розроб.	Гарбаренко				Пояснювальна записка			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Петренко									
Н.контр.	Мачок									
Затв.	Васильковський									
								ЦНТУ, гр. АІ-22мб-1		

застосовують обробіток врожаю на зерноочисних чи зерноочисно-сушільних комплексах та агрегатах типу ЗАВ, КЗС, а також на окремих сепараторних системах. Соя добре зберігається протягом середньотривалого періоду за вологості 12...14 %.

Згідно з проведеним аналізом проводимо проектування технологічної карти вирощування сої, виконуючи необхідні розрахунки [15, 16] і матеріально-технічного забезпечення. Розроблена карта наведена у графічній частині роботи

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Операційна технологія післязбирального обробітку культури.

Плануємо проведення післязбирального обробітку сої з застосуванням обладнання комплексу ЗАВ-20

Відомості про вхідні характеристики зерноsumіші сої:

- площа збирання – $S_{зб} = 30$ га;
- плановий рівень врожайності – $Y_{пл} = 22$ ц/га;
- вологість зерноsumіші – 18%;
- засміченість загальна – 10 %;
- кінцеве призначення – отримання посівного матеріалу.

Дані щодо технологічного забезпечення зерноочисно-сушильного комплексу, задіяного у процесі післязбирального обробітку сої наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика технологічного обладнання комплексу

Тип і марка обладнання	Технологічна операція	Продуктивність номінальна	
		т/год.	т/зм.
1	2	3	4
Комплекс ЗАВ-20	Попереднє очищення	20	400
Активно вентилявані бункери ОБВ-160	Тимчасове консервування і зберігання	–	160*
Сушарка шахтного типу Петкус серії 15	Сушіння	–	30**
Зерноочисна машина Пектус К-531	Первинне очищення	12	120
Пневмо-решітний сепаратор інерційного типу ІПРС	Вторинне очищення	2,5	25

* – місткість, т.

** – продуктивність, пл.т.

1. Розраховуємо кількість змін на збиранні:

$$N_{зб} = \frac{S_{зб}}{K \cdot П_{зб}}$$

де $S_{зб}$ – площа, з якої проводиться збирання, га;

K – чисельність комбайнів, задіяних на збиранні з заданої площі шт.;

$П_{зб}$ – продуктивність одного комбайнового агрегата, га/доб.

$$t_{зб} = \frac{30}{1 \cdot 22} = 1,36 \text{ зм.}$$

2. Розрахуємо кількість зерноматеріалу, який надходить до комплексу протягом доби:

$$m_{зрм} = K \cdot П_{зб} \cdot У_{пл},$$

$$m_{зрм} = 1 \cdot 22 \cdot 2,2 = 48,4 \text{ т/доб.}$$

де $У_{пл}$ – величина планової врожайності культури, т/га.

3. Встановимо величину продуктивності комплексу впродовж доби, при цьому будемо враховувати час проведення усіх операцій, зміну у масі зернової суміші після їх проведення.

Таким чином, попереднє очищення зерноматеріалу триватиме:

$$t_{нпо} = \frac{m_{зрм}}{П_{нпо}} \chi_p$$

де $П_{нпо}$ – величина продуктивності ЗОМ попереднього очищення, т/год.;

						MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата			

$$M_{\text{сш}} = 61,5 \frac{100 - 15,9}{100 - 12} = 58,7 \text{ т.}$$

Час, необхідний для первинного обробітку зерноsumіші зерноочисними машинами становитиме:

$$t_{\text{м}} = \frac{M_{\text{сш}}}{\Pi_{\text{м}}} \chi_p$$

де $\Pi_{\text{м}}$ – значення експлуатаційної продуктивності зерноочисного обладнання для первинного очищення, т/год;

$$\Pi_{\text{м}} = \Pi_{\text{ннп}} \cdot \chi_e \cdot \chi_1 \cdot \chi_2$$

де $\Pi_{\text{ннп}}$ – продуктивність обладнання нормативна на первинному очищенні, т/доб.;

χ_e – коефіцієнт, який дозволяє врахувати технологічність зерноsumіші при очищенні, $\chi_e = 0,94$;

χ_1 і χ_2 – коефіцієнти, які дозволяють врахувати технологічну ефективність залежно від вологості і засміченості зернової суміші, $\chi_1 = 1$, $\chi_2 = 0,98$;

$$\Pi_{\text{м}} = 12 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,98 = 11,05 \text{ т/год.};$$

χ_p – коефіцієнт, що встановлює характеристику використання часу зміни, $\chi_p = 0,82$.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$M_{mn} = 58,7 - \left(3,3 \cdot \frac{60}{100} + 55,4 \cdot \frac{2}{100} \right) = 55,6 \text{ т.}$$

Наступна технологічна операція – вторинне очищення, матиме тривалість:

$$t_{em} = \frac{M_{mn}}{P_{em}} \chi_p$$

де P_{em} – значення експлуатаційної продуктивності зерноочисного обладнання для вторинного очищення, т/год;

$$P_{em} = P_{нст} \cdot \chi_e \cdot \chi_1 \cdot \chi_2$$

$$P_{ено} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,98 = 2,21 \text{ т/год.};$$

де $P_{нст}$ – продуктивність обладнання нормативна на вторинному очищенні, т/доб.;

χ_e , χ_1 і χ_2 – коефіцієнти, які відповідно дозволяють врахувати технологічність зерноsumіші при очищенні та технологічну ефективність залежно від вологості і засміченості зернової суміші, $\chi_e = 0,90$, $\chi_1 = 1$, $\chi_2 = 0,98$.

Вторинне очищення матиме тривалість:

$$t_{em} = \frac{55,6}{2,21} \cdot 0,94 = 23,6 \text{ год.}$$

Загальна вага зерноматеріалу, яка одержиться після виконання вторинного очищення, матиме значення:

						MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата			

де $m_{вт.дм}$ – кількість домішок, які залишились у зерноsumіші після вторинного очищення, т;

$$m_{вт.дм} = m_{пт.дм} - m_{пт.дм} \cdot \frac{\%_{вт.дм}}{100} = 1,32 - 1,32 \cdot \frac{80}{100} = 0,26 \text{ т.}$$

Таблиця 3.2 – Загальна характеристика технологічного циклу післязбирального обробітку зерноsumіші сої

Операція	Обсяги зерноsumіші до обробітку, т	Втрати				Обсяг після обробки, т
		загальні		в т.ч. внаслідок		
		%	т	Видалених домішок	Втрат зернової фракції	
Попереднє очищення	66	8,3	5,5	3,3	1,2	61,5
Сушіння	61,5	4,5	2,8*	-	-	58,7
Первинна очистка	58,7	5,2	3,1	1,98	1,12	55,6
Вторинне очищення	55,6	3,8	2,14	1,06	1,08	53,46

* Втрати вологості

Висновок

Проведені у розділі розрахунки технологічних операцій по післязбиральному обробітку зерноsumіші сої на комплексі ЗАВ-20 дозволяють аргументувати слідуєчі висновки:

1. Лімітуючою технологічною операцією при післязбиральному обробітку зерноsumіші сої являється є вторинне очищення;
2. Загальна ефективність видалення домішок після усього технологічного циклу післязбирального очищення становить 96%, що цілком відповідає агротехнічним вимогам.

Розрахунок параметрів колосового решета

Колосове решето являє собою нерухоме полотно розміщене під кутом α до горизонту (рис. 4.2). Робоча поверхня даного решета виконана прутковою, при цьому прутки розміщені паралельно один одному, а поперечні перетинки відсутні.

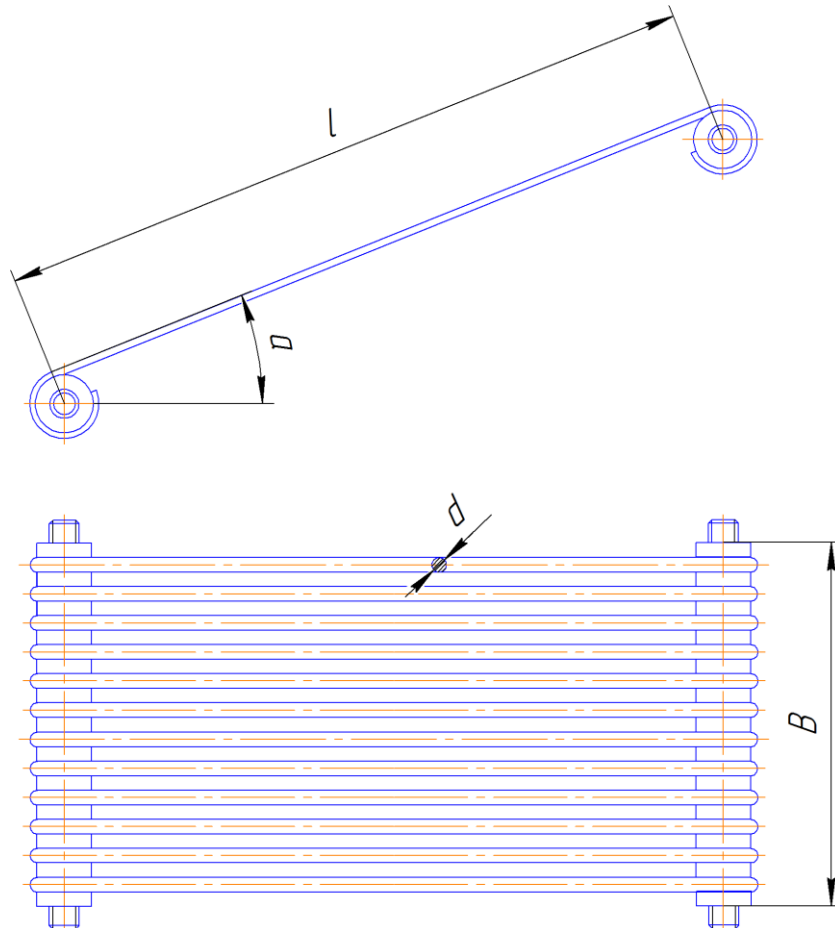


Рисунок 4.2 – Схема колосового решета пруткового типу

Встановимо ширину робочої частини колосового решета:

$$B_{pk} = Q / q_{b.pk} = 2500 / 2500 = 1 \text{ дм,}$$

де Q – величина базової продуктивності сепаратора відповідно завдання, кг/год;

						MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата			

де $q_{F.рк}$ – емпіричне значення величини питомого навантаження по площі решета пруткового типу, яке становить $q_{F.рк} = 675 \dots 815$ кг/дм²·год [20].

Таким чином, зважаючи на найменше значення питомого навантаження площі решета, його довжина становитиме:

$$l_{рк} = \frac{2500}{675} = 3,7 \text{ дм.}$$

Прийmemo кратну довжину колосового решета 400 мм.

Розрахунок параметрів підсівного решета

Підсівне решето має подібну пруткову поверхню, але виконано дугоподібним (рис.4.3), що повторює контури ротора-вентилятора.

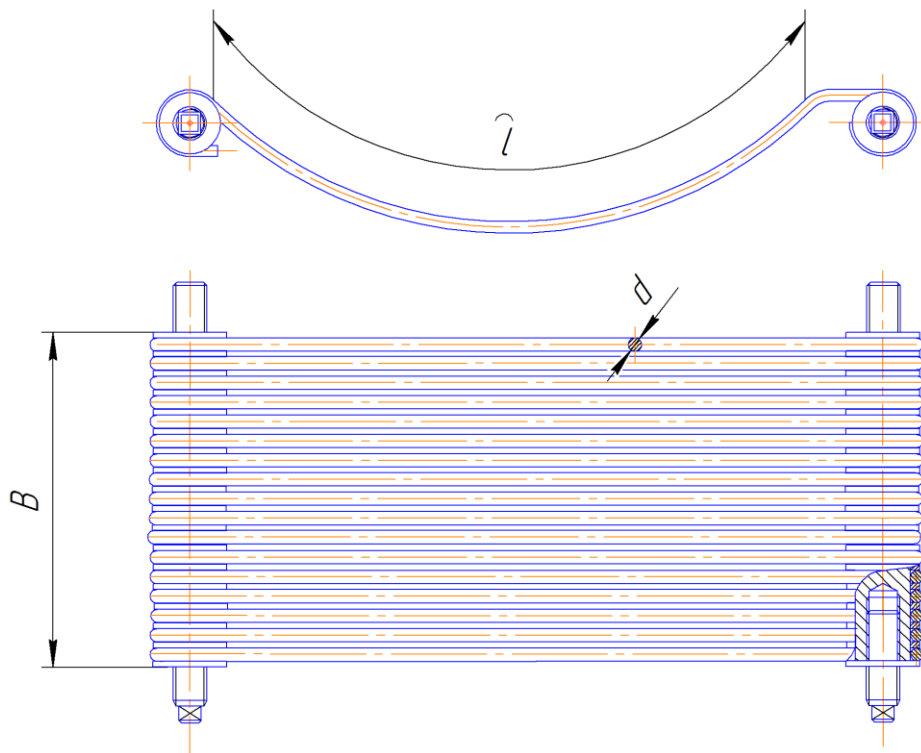


Рисунок 4.3 – Схема підсівного решета пруткового типу дугоподібної форми

де $\Delta = 2,1$ мм – ширина робочих каналів, які утворені між прутками, яка визначається розмірними параметрами зернової і дрібної фракцій зерноsumіші.

Величина фактичної ширини підсівного решета становитиме:

$$B_{pn} = \Delta \cdot z_{pn} + d_{pn} \cdot (z_{pn} - 1),$$

$$B_{pn} = 2,1 \cdot 17 + 4 \cdot (17 - 1) = 99,7 \text{ мм.}$$

Відповідно значення радіуса підсівного решета наступне:

$$R_{pn} = \frac{2 \cdot l_{pn}}{\pi} = \frac{2 \cdot 200}{3,14} = 127,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо кратне значення радіуса $R_{pn} = 125$ мм.

Розрахунок системи аспірації

Форма перерізу пневматичного каналу відповідає формі, заданій решітною частиною, і є прямокутною, що узгоджується з принципом конструктивної повторюваності.

Виконаємо визначення ширини пневмоканалу:

$$B_{nc} = \frac{Q}{q_{B.nc} \cdot k_q \cdot i},$$

					MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

де $q_{B.nc}$ – емпіричне значення величини питомого навантаження по ширині пневмоканалу, т/дм·год;

i – чисельність пневмоканалів, які для нашої системи становить $i = 1$;

k_q – коефіцієнт, який характеризує інтенсивність процесу пневмосепарації заданої системи, порівняно з традиційною відносно питомого навантаження:

$$k_q = \frac{q'_{B.nc}}{q_{B.nc}} = \frac{2500}{2500} = 1,$$

де $q'_{B.nc}$ – питома навантаження при інтенсифікації процесу, кг/дм·год.

Таким чином, ширина пневмоканалу становитиме:

$$B_{nc} = \frac{2500}{2500 \cdot 1,0 \cdot 1} = 1,0 \text{ дм} = 100 \text{ мм.}$$

Отримане значення цілком узгоджується з шириною решітних систем.

Глибину пневматичного каналу визначимо, дотримуючись рекомендацій [21], згідно співвідношення

$$\frac{C_{nc}}{B_{nc}} \geq 1 \dots 1,3,$$

тобто

$$C_{nc} = 100 \cdot 1,3 = 130 \text{ мм.}$$

Величина питомого навантаження, яке припадає на одиницю площі пневмоканалу, становитиме:

					MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

$$q_{F.nc} = \frac{q_{B.nc}}{C_{nc}} = \frac{2500}{1,3} = 1923 \text{ кг/ дм}^2 \cdot \text{год.}$$

Відповідно витрати повітря у пневмосистемі становитимуть [21]:

$$W_{nc} = 36 \cdot v_n \cdot B_{nc} \cdot C_{nc} \cdot i$$

де $v_n = 0,7 \dots 0,8 \cdot v_{kp}$ – задана швидкість повітряного потоку в зоні сепарації, м/с;

v_{kp} – критична швидкість витання, яка характеризує сепараційну спроможність виділити легкі домішки з зерноsumіші, $v_{kp} = 9$ м/с.

$$v_n = 0,7 \cdot 9 = 6,3 \text{ м/с};$$

Тоді

$$W_{nc} = 36 \cdot 6,3 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1 = 294,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Втрати повного тиску аспіраційною системою визначаються як [21]:

$$P_k = (0,1 + 0,00013 \cdot q_{F.nc}) \cdot v^2 = (0,1 + 0,0013 \cdot 1923) \cdot 6,3^2 = 103,2 \text{ кг/м}^2.$$

Визначення параметрів лопатевого ротора-вентилятора

Ротор-вентилятор (рис. 4.4) являє собою вентилятор осьового типу, лопатки якого виконані з еластичних матеріалів, що зменшує ймовірність травмування зерна при їх взаємодії.

Діаметр ротора-вентилятора має величину, пов'язану з параметрами підсівного решета, тобто:

$$D_{pv} = 2 \cdot R_{pn} = 2 \cdot 125 = 250 \text{ мм.}$$

						MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата			

6. Загальні висновки.

При виконанні роботи виконано аналіз агропромислового виробництва України, за результатами якого відзначено, що одне з провідних місць у структурі виробництва рослинницької продукції посідає районування сої. Виконано аналіз технологічних систем і особливостей, які потрібно враховувати при вирощуванні сої, що дозволило виконати розробку технологічної карти її вирощування, де передбачено комплексну механізацію виробничих операцій. Згідно розробленої техкарти при виконанні агротехнічних вимог можливо одержати потенційну врожайність до 2,0 т/га при мінімальних виробничих затратах.

В якості технологічного аналізу проведено відповідні розрахунки зерноочисно-сушильного комплексу, який передбачає виконання попереднього, первинного та вторинного очищення від домішок, крім того, сушіння зерноsumіші, за потреби.

Інженерна частина присвячена питанню удосконалення технічного забезпечення виконання вторинного очищення. Так, за результатами проведеного аналізу запропоновано схему пневмо-решітного сепаратора інерційного типу, для функціональних систем якого проведено відповідні технологічні розрахунки параметрів і режимів роботи.

Зокрема, з використанням методи прикладної механіки і математики виконано обґрунтування параметрів решітних систем, в яких використовуються колосове і підсівне решета пруткового типу, розраховано параметри і режими роботи лопатевого ротор-вентилятора щіткового типу і аспіраційної системи.

Для робочого місця та запропонованого сепаратора наведено найбільш поширені небезпеки, які можуть виникати в процесі експлуатації зерноочисного обладнання, та запропоновано заходи щодо зменшення чи усунення даних небезпек.

						MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата			

Список використаної літератури

1. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні / В. Ф. Петриченко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 3. – С. 24–27.
2. Крючков А. Соя та кукурудза – оптимальна сівозміна чи виснажування ґрунту? / А. Крючков // Пропозиція. – 2017. – № 7–8. – С. 90–92.
3. Шепілова, Т. П., Петренко, Д. І., Лещенко, С. М., Васильковська, К. В., & Андрейченко, О. Г. (2025). Вплив стимуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу України. *Scientific Progress & Innovations*, 28(1), 11–14. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.02>.
4. Милованов Є. Золоті боби / Є. Милованов, В. Тимченко // Агро Перспектива. – 2005. – № 3. – С. 44–46.
5. Дробітько А. В. Вплив мінеральних добрив на врожай сої в умовах степу / А. В. Дробітько, В. І. Січкач // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 9. – С. 72.
6. Панасюк Р. М. Продуктивність сортів сої залежно від удобрення, норм висіву насіння та способів сівби в умовах Західного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / Руслана Миколаївна Панасюк ; ННЦ «Ін-т землеробства НААН України». – Київ, 2011. – 21 с.
7. Бабич А. Продуктивний потенціал сортів сої для регіонів України / А. Бабич, І. Темченко, Л. Білявська // Пропозиція. – 2000. – № 11. – С. 33–35.
8. Горбенко І. О. Вплив технологічних заходів на врожайність сої / І. О. Горбенко, Д. І. Шуль, І. М. Буряк // Наук.-техн. бюл. – 1994. – № 2. – С. 30–32.
9. Т.П. Шепілова, Д.І. Петренко. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і розвиток рослин сої // Вісник Уманського національного університету садівництва, №1, 2017, С. 74-77. URL: <http://visnyk-unaus.udau.edu.ua/en/arxiv-nomerv/2017/1-2017/vpliv-sposobu-svbi-normi-visvu-nasnnya-na-rst-rozvitok-roslin-so.html>.
10. Soybean productivity depending on fertilizers in the northern steppe of Ukraine / Shepilova, T., Petrenko, D., Skrynnik, I., Karpushyn, S., Leshchenko, S. // *Research on Crops* – 2020, Volume : 21, Issue : 1, pp. 65-69. DOI: 10.31830/2348-7542.2020.010.

					MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

