

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 пшениці з модернізацією жатки
очісуючого типу»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи АІ-22мб-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Кулібаба Ольга Олександрівна

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____Володимир ОНОПА

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____Станіслав КАТЕРИНИЧ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

**Тема: «Механізація вирощування пшениці з модернізацією жатки
очісуючого типу»**

пшениця, комплексна механізація, жатка очісуючого типу

Проведено аналіз вирощування озимої пшениці та розроблено технологічну карту. Оптимізовано технологію збирання комбайном MF 7272 з жаткою УАС-5М. Обґрунтовано конструкцію інноваційної двобарабанної очісуючої жатки для мінімізації втрат. Визначено параметри її роботи. Розроблено заходи з охорони праці при експлуатації зернозбирального агрегату. Запропоновані рішення відповідають стандартам та рекомендовані для впровадження.

Abstract

**Topic: «Wheat cultivation mechanization with the modernization of the
combing type header»**

wheat, complex mechanization, combing type header

An analysis of winter wheat cultivation was conducted and a technological map was developed. The harvesting technology was optimized with the MF 7272 combine with the UAS-5M header. The design of an innovative double-drum combing header to minimize losses was substantiated. Its operation parameters have been determined. Occupational safety measures have been developed during the operation of the grain-harvesting unit. The proposed solutions comply with standards and are recommended for implementation.

1. Вступ.

Вирощування пшениці в Україні є не лише традиційною галуззю сільського господарства, але й стратегічно важливим елементом національної економіки та продовольчої безпеки. В умовах глобальних викликів, таких як зростання населення планети та зміна клімату, забезпечення стабільного та високоефективного виробництва зернових культур набуває особливої актуальності [1]. Україна, володіючи значними площами родючих земель, має всі можливості для зміцнення своїх позицій як одного з ключових світових експортерів пшениці.

Проте для реалізації цього потенціалу необхідно постійно вдосконалювати технологічні процеси, зокрема шляхом модернізації парку сільськогосподарської техніки. Застосування сучасних машин і агрегатів дозволяє виконувати польові роботи в оптимальні агротехнічні терміни, мінімізувати втрати та раціонально використовувати ресурси [2, 4].

Особливої уваги заслуговує етап збирання врожаю, який значною мірою визначає кінцевий результат праці аграріїв. Традиційні зернозбиральні комбайни, незважаючи на свою поширеність, можуть мати обмеження при роботі зі складними агрофонами, такими як полегли або забур'янені посіви. У цьому контексті інноваційним рішенням є використання жаток очісуючого типу. Принцип їхньої роботи полягає у відокремленні лише зернової частини колоса від стебла без зрізування всієї рослини.

Впровадження сучасних засобів механізації, зокрема жаток очісуючого типу, є стратегічним напрямком розвитку галузі вирощування пшениці в Україні. Інвестиції в новітні технології дозволять підвищити конкурентоздатність української аграрної продукції на світовому ринку, забезпечити стабільні врожаї та сприяти сталому розвитку сільського господарства країни.

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

2. Аналіз технології вирощування пшениці.

Місце в сівозміні.

Озима пшениця є стратегічно важливою культурою для України, займаючи провідне місце в системі сівозмін. Її висока адаптивність до кліматичних умов та економічна ефективність роблять її ключовим елементом агротехнологій. За даними досліджень [2, 4], оптимальними попередниками для озимої пшениці є чисті пари, багаторічні трави та зернобобові культури, що сприяє збереженню ґрунтової вологи та зниженню інфекційного навантаження.

Включення озимої пшениці в сівозміну покращує агрофізичні властивості ґрунту, зменшує ризик ерозії та підвищує продуктивність посівів. Однак тривале її вирощування на одних і тих же площах призводить до накопичення патогенів, зокрема грибкових хвороб, що негативно впливає на врожайність [4]. Тому науковці рекомендують чергувати її з такими культурами, як ріпак, соя або кукурудза.

Сучасні агротехнології акцентують увагу на адаптації сівозмін до змін клімату, де озима пшениця відіграє стабілізуючу роль завдяки високій зимостійкості та ефективному використанню вологи [4, 5].

Система удобрення.

Озима пшениця є однією з найбільш відповідальних до рівня живлення зернових культур. Раціональна система удобрення становить основу отримання високих і стабільних урожаїв з гарними якісними показниками зерна. Сучасні дослідження підтверджують, що правильно підібрана система живлення може підвищити врожайність культури на 30-50% [6].

Основні принципи системи удобрення наступні.

Діагностика живлення, яка передбачає, що перед складанням системи удобрення необхідно провести:

- аналіз ґрунту на вміст легкорухомих форм елементів живлення;
- оцінку попередника в сівозміні;

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата		

– розрахунок балансу поживних речовин.

Традиційно найбільш вживаними є фосфорно-калійне та азотне удобрення пшениці [6, 7].

Фосфор і калій вносяться під основне обробітання ґрунту – фосфор сприяє розвитку кореневої системи, а калій підвищує зимостійкість і стійкість до посухи. Рекомендовані дози для пшениці озимої [7]: $P_{60-90} K_{40-80}$ кг/га д.р.

Азотне живлення рекомендовано вносити у два основні етапи. Осіннє (обмежене) внесення азоту у дозах N_{20-30} кг/га д.р. забезпечує оптимальне кущення та запобігає переростанню рослин перед зимівлею. Весняні підживлення проводяться у 2-3 етапи [4-7]:

1. Ранньовесняне (N_{30-50}) для відновлення вегетації;
2. У фазі трубкування (N_{40-60}) для формування врожаю;
3. У фазі колосіння (N_{20-30}) сприяє підвищенню якості зерна.

Окрім того застосовують і мікроелементне живлення, серед найважливіших мікроелементів для пшениці [4-7]: мідь (підвищує зимостійкість), марганець (покращує фотосинтез), цинк (підвищує стійкість до хвороб). Дані елементи вносяться у вигляді некореневих підживлень.

Не слід забувати і про органічні добрива [2-4]. На фоні органіки (20-40 т/га гною) покращується структура ґрунту, підвищується ефективність мінеральних добрив, формується стійкий агроценоз.

Оптимальна система удобрення озимої пшениці має бути диференційованою залежно від ґрунтово-кліматичних умов, попередника в сівозміні, запланованого рівня урожайності [2-7]. Сучасні технології передбачають точне дозування добрив на основі агрохімічного аналізу ґрунтів і рослинної діагностики.

Сучасна технологія внесення добрив під озиму пшеницю передбачає використання спеціалізованої техніки:

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

Догляд за посівами.

Догляд за посівами озимої пшениці є вирішальною ланкою у технології вирощування цієї культури. Він включає комплекс агротехнічних прийомів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту та розвитку рослин. Сучасні підходи до догляду базуються на поєднанні традиційних методів із використанням високотехнологічної сільськогосподарської техніки [9].

В осінній період після посіву проводять:

- прикочування кільчасто-шпоровими катками (н-д ЗККШ-6, ЗКК-6А);
- контроль сходів за допомогою дронів (типу DJI Agras);
- боротьбу з бур'янами штанговими оприскувачами (н-д ОПШ-15, John Deere R4045).

Весняні роботи передбачають на початку вегетації виконання:

- боронування сітчастими боролами (н-д БСО-4, БЗСС-1,0);
- підживлення азотними добривами розкидачами (типу Amazone ZA-X, Kuhn Axis);
- обробку регуляторами росту причіпними оприскувачами (типу Horsch Leeb, Amazone UX).

Захист посівів передбачає боротьбу з хворобами і шкідниками, для чого використовують:

- самохідні оприскувачі (н-д Case Patriot, Hardi Commander);
- штангові системи з електронним управлінням;
- системи точного дозування (типу AgroSpot);
- авіаційну обробку (н-д Ан-2, Мі-2, дрони DJI Agras, XAG P100);
- наземні аерозольні генератори (типу ТАН-15);
- феромонні пастки з GPS-прив'язкою.

На зрошуваних землях для поливу використовують: дощувальні установки (типу Фрегат), крапельне зрошення (н-д Netafim, Azud), мобільні насосні станції.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підп.	Дата		

Систематично проводять моніторинг стану посівів, сучасні методи якого включають [8]: БПЛА з мультиспектральними камерами (н-д DJI Phantom 4 Multispectral), наземні сканери (Greenseeker, Yara N-Sensor), супутникові системи (EOSDA Crop Monitoring) тощо.

Особливості сучасної механізації для великих площ господарювання (понад 500 га): широкозахватні агрегати (24-36 м), автопілотні системи (Trimble, Topcon), потужні трактори (300+ к.с.).

Для малих господарств (ділянки до 50 га): компактні комбіновані агрегати, навісне обладнання, маніпуляторні системи.

Інноваційні технології, які допоможуть зменшити рентабельність виробництва [8]:

- Роботизовані системи: автономні оприскувачі (XAG, Rantizo), роботи-пропелювачі (FarmDroid), дронівські системи моніторингу.
- Штучний інтелект: системи прогнозування розвитку хвороб, алгоритми оптимізації догляду, нейромережі для аналізу стану посівів.

Організація збирання врожаю озимої пшениці.

Збирання врожаю озимої пшениці є завершальним та найбільш відповідальним етапом вирощування цієї стратегічно важливої культури. Ефективність збиральної кампанії визначає як кількісні, так і якісні показники отриманого зерна, безпосередньо впливаючи на економічні результати господарювання [10, 11].

Традиційні технології збирання.

Основним засобом механізації під час збирання озимої пшениці залишаються комбайни класичного типу – зернозбиральні комбайни з жатками класичного типу [11]. Сучасні моделі, такі як New Holland CX8.90, John Deere S760, Claas Lexion 760 або вітчизняні "Скіф-280", здатні забезпечувати продуктивність до 30-35 т/год при мінімальних втратах зерна. Ці машини оснащені бортовими комп'ютерами, що контролюють основні

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

параметри роботи та автоматично регулюють режими обмолоту залежно від стану хлібної маси.

Інноваційні технології — очісувачі жатки [12]. Особливої уваги заслуговують очісувачі жатки, що представляють собою інноваційну технологію збирання зернових культур. На відміну від класичних жаток, які зрізають майже усю рослину, очісувачі жатки працюють за принципом обчісування колосків, залишаючи стебла на полі. Серед найбільш ефективних моделей можна виділити Shelbourne Reynolds Stripper, Озон "Славянка", John Deere 615P та Geringhoff RotaDisc [13-17].

Особливістю очісувачих жаток є обертовий барабан з гребінчастими очісувачими елементами, який, рухаючись із високою швидкістю (до 800 об/хв), вичісує зерно з колосків [13-15]. Технологія забезпечує підвищення продуктивності комбайнів на 30-40% за рахунок зменшення кількості соломистої маси, що надходить до молотильного апарату. Це особливо важливо при збиранні полеглих та перестояних посівів.

Використання очісувачих жаток дозволяє знизити витрати палива на 25-30%, оскільки комбайн витрачає менше енергії на обмолот і сепарацію. Крім того, якість зерна підвищується завдяки меншому травмуванню при обмолоті. Важливою перевагою є також можливість роботи при підвищеній вологості, що розширює період збирання [13-17].

Комплексна організація збиральних робіт

Ефективна організація збиральних робіт передбачає формування збирально-транспортних комплексів, до яких входять:

- Зернозбиральні комбайни з очісувачими або класичними жатками;
- Транспортні засоби (автомобілі КамАЗ-55102, МАЗ-6501 або трактори з причепами ПТС-12);
- Перевантажувачі зерна (Kinze 850, Hawe ULW 2500 або Хлібник-П);
- Мобільні зерноочисні комплекси (ОВС-25, МЗС-25).

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

забезпечення цього показника необхідно оптимально відрегулювати частоту обертання очісуючого барабана (650-750 об/хв) та встановити раціональну висоту роботи жатки, що відповідає висоті розташування колосків. Особливу увагу при роботі з очісуючою жаткою необхідно приділити збереженню якості зерна. Згідно з вимогами, ступінь подрібнення зерна не повинен перевищувати 2%, а рівень механічних пошкоджень зерна у вигляді мікротріщин і мікросколів має бути обмежений показником до 2%. Для дотримання цих параметрів важливо встановити оптимальні режими роботи молотильного апарату комбайна, зокрема частоту обертання барабана та зазор між барабаном і підбарабанням з урахуванням вологості зернової маси.

Після обмолоту норма втрат зернової фракції повинна перебувати в межах до 1%, що забезпечується правильним регулюванням очистки комбайна – встановленням відповідної частоти коливань решітного стану та інтенсивності повітряного потоку вентилятора. Ступінь чистоти бункерного зерна має становити не менше 96%, що є важливим показником для подальшої післязбиральної обробки.

У відповідності до умови забезпечення оптимального рівня завантаженості молотильної системи виконаємо обґрунтування фактичного значення швидкості руху комбайна з очісуючою жаткою під час робочого проходу [16]:

$$g_{ф.р.н.} = \frac{36 \cdot q_{н.пр}}{B_{ф.оч.} \cdot \psi \cdot Uр \cdot \gamma_{с.м.}} ;$$

де $q_{н.пр}$ – номінальна величина пропускної спроможності молотарки комбайна, кг/с;

$B_{ф.оч.}$ – фактичне значення ширини захвату очісуючої жатки, м;

$Uр$ – плановий рівень врожайності зернової частини, т/га;

$\gamma_{с.м.}$ – показник солоmistості при збиранні методом очісування,

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

$$\gamma_{с.м.} = 1,02 \text{ [16-19];}$$

ψ – показник, що характеризує ступінь використання ширини захвату очісуючої жатки [19, 22].

$$g_{ф.р.п.} = \frac{36 \cdot 7,0}{5,0 \cdot 0,95 \cdot 6,5 \cdot 1,02} = 8,0 \text{ км/год.}$$

Величина продуктивності зернозбирального комбайнового агрегата за одиницю часу становитиме [16, 19]:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_{ф.оч.} \cdot g_{ф.р.п.} = 0,1 \cdot 5,0 \cdot 8,0 = 4,0 \text{ га/год.}$$

Враховуючи це і характерний рівень використання робочого часу зміни, встановимо значення змінної продуктивності збирання пшениці комбайном з очісуючою жаткою:

$$W_{ф.зм} = W_{год} \cdot T_{ф.зм} \cdot \tau_{зм};$$

де $T_{ф.зм}$ – величина тривалості однієї робочої зміни при комбайнуванні протягом доби, стандартно 10 год;

$\tau_{зм} = 0,75$ – характерний рівень використання робочого часу зміни [16].

$$W_{ф.зм} = 4,0 \cdot 10 \cdot 0,75 = 30,0 \text{ га/зм.}$$

Затрати праці, які припадають на робочий час становитимуть:

$$A_{np} = \frac{S_n \cdot k}{W_{год} \cdot \tau_{зм}};$$

де S_n – площа, яка підлягає збиранню, га;

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

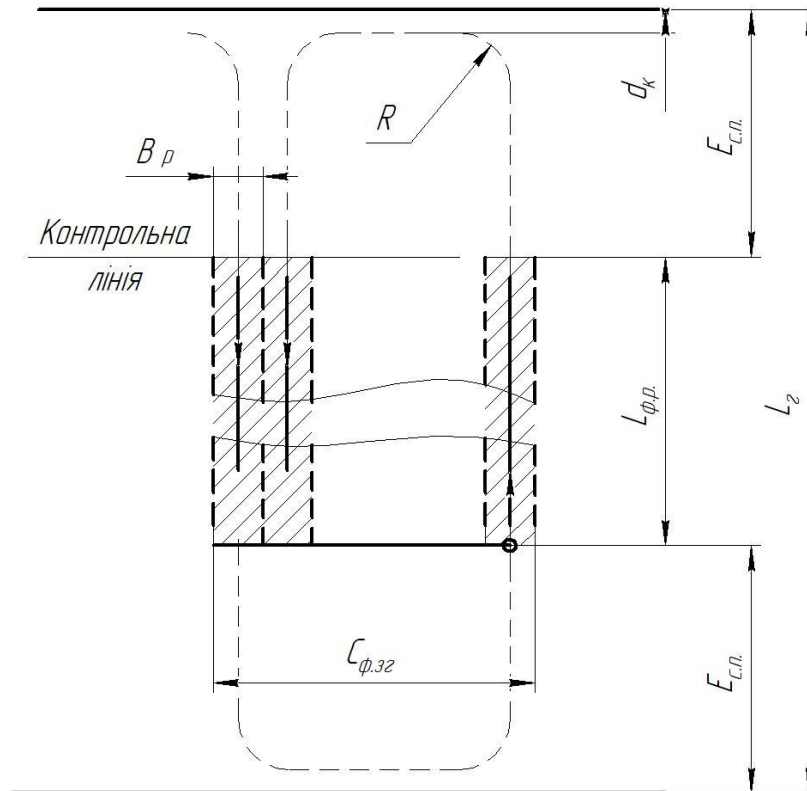


Рис. 3.1 – Схема організації полевих робіт [16]

За прямого комбайнування раціональним є організація загінкового способу переміщення, для якого характерна ширина поворотних смуг становитиме:

$$E_{с.п.} = 1,1 \cdot R_{\min} + 0,5 \cdot B_{к.оч.} + l_{к.к\text{м}б.},$$

де R_{\min} – мінімальна величина радіуса повороту комбайна, яка для MF 7272, оснащеного передніми шинами 650/75R32, а задніми – 16.5/85-24, матиме значення $R_{\min} = 6,5$ м;

$B_{к.оч.}$ – характерна кінематична величина ширини захвату очісуючої жатки, яка у відповідності до фактичної має значення $B_{к.оч.} = 4,5$ м [18-23];

$l_{к.к\text{м}б.}$ – значення кінематичної довжини комбайнового агрегату з жаткою очісуючою, $l_{к.к\text{м}б.} = 8,8$ м.

Зважаючи на це, значення раціональної величини ширини смуг

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

повороту становитиме:

$$E_{c.n.} = 1,1 \cdot 6,5 + 0,5 \cdot 4,5 + 8,8 = 18,2 \text{ м.}$$

Зважаючи на необхідність обходу поворотних смуг, величину ширини смуг повороту необхідно скорегувати відповідно до кратності фактичної ширини захвату жатки $B_{ф.оч.} = 5$ м. Таким чином, дійсне фактичне значення даного параметра буде мати значення $E_{ф.с.н.} = 20$ м, а величина кратності прокосів становитиме 4 шт.

Фактичне значення величини довжини загінок становитиме:

$$L_{ф.р} = 1038 - 2,0 \cdot 20,0 = 998 \text{ м.}$$

Робоча величина ширини загінок для робочих проходів становитиме [16-19]:

$$C_{р.зг} = 10^4 \cdot \frac{(2...3) \cdot W_{ф.зм}}{L_{ф.р}} = 10^4 \cdot \frac{2 \cdot 30,0}{998} = 601 \text{ м,}$$

де 2...3 – число змін, які використовуються за добу.

Фактичну ширину загінок скорегуємо відповідно до кратності ширини захвату жатки:

$$C_{ф.зг} = z \cdot B_{ф.оч.},$$

$$\text{звідки } z = \frac{C_{р.зг}}{B_{ф.оч.}} = \frac{601}{5,0} = 120,2.$$

Приймаємо 120 загінок, отже їх фактична величина становитиме

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

$$C_{ф.зг} = 120 \cdot 5,0 = 600 \text{ м.}$$

Чисельність робочих загінок, відповідно до [16-19], складе:

$$N_{заг} = 10^4 \cdot \frac{S_n}{L_{ф.р} \cdot C_{ф.зг}} = 10^4 \cdot \frac{360}{998 \cdot 600} = 6,0 \text{ шт.}$$

Зважаючи на це, отримали 6 загінок шириною 600 м, що свідчить про раціональність розрахунків.

Організація роботи комбайново-транспортної ланки

До комбайново-транспортної ланки входять, крім безпосередньо комбайнів, й зерновози, які в нашому випадку представлені автомобілями DAF XF105, що мають кузови, об'єм яких становить 35 м³ та мають цільове призначення виконувати перевезення зерна від комбайна до пунктів зберігання.

Встановимо необхідну чисельність зернозбиральних агрегатів, що забезпечать збирання врожаю протягом агростроків:

$$N_{кmb} = \frac{S_n}{(2...3) \cdot W_{ф.зм} \cdot t_{зб.}}$$

де (2...3) – прийнята в господарстві добова чисельність змін при збиранні врожаю, прийнято 2;

$t_{зб.}$ – визначені агростроки збирання пшениці з одного поля, $t_{зб.} \leq 6$ днів.

Отже

$$N_{кmb} \geq \frac{360}{2 \cdot 30 \cdot 6} = 1,0,$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підп.	Дата		

Тривалість заповнення робочого об'єму бункера можемо встановити:

$$t_{б.з} = 0,06 \cdot \left(\frac{L_{з.кмб}}{g_{ф.р.п.}} \right), \text{ хв.}$$

де $L_{з.кмб}$ – відстань, яку проходить комбайн до заповнення бункера, м [16, 19]:

$$L_{з.кмб} = \frac{10^4 \cdot V_{бунк} \cdot \gamma_з \cdot \delta}{B_{ф.оч} \cdot \beta \cdot Uр}, \text{ м}$$

де $V_{бунк}$ – робочий об'єм комбайнового бункера, який згідно його характеристик становить $V_{бунк} = 9,2 \text{ м}^3$ [24];

$\gamma_з$ – насипна маса зерна пшениці, $\gamma_з = 0,79 \text{ т/м}^3$ [3, 8, 16];

δ – рівень використання робочого об'єму комбайнового бункера, $\delta = 0,87$;

$$L_{в.з.б} = \frac{10^4 \cdot 9,2 \cdot 0,79 \cdot 0,87}{5 \cdot 0,95 \cdot 6,5} = 2048 \text{ м.}$$

Таким чином, тривалість заповнення робочого комбайнового об'єму бункера:

$$t_{б.з} = 0,06 \cdot \left(\frac{2048}{8,0} \right) = 15,36 \text{ хв.}$$

Тривалість одного перевезення зерна зерновозом становитиме:

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

4. Інженерна частина.

Очісувальна жатка вирізняється низкою вагомих переваг, що роблять її перспективним рішенням для сучасного аграрного сектору. Завдяки мінімальній кількості швидкозношуваних елементів, експлуатаційні витрати на обслуговування жатки суттєво знижуються, забезпечуючи економічну вигоду протягом усього терміну служби [17-23].

Вражаюча робоча швидкість очісувальної жатки дозволяє значно скоротити строки збирання врожаю, що особливо цінно в умовах стислих агротехнічних термінів та мінливої погоди. Відсутність складних регулювань та налаштувань робить роботу з жаткою інтуїтивно зрозумілою та не вимагає високої кваліфікації оператора.

Висока чистота бункерного зерна, досягнута завдяки принципу очісування на корню, мінімізує потребу в додатковій його доробці, заощаджуючи час та ресурси. Однією з ключових переваг є можливість агрегування жатки не лише з новими, але й з комбайнами, що вже виробили свій ресурс, значно підвищуючи їх продуктивність (у 1,5-2 рази) та подовжуючи термін їхньої служби [19-20].

Мінімальний механічний вплив на зерно під час збирання забезпечує низький вміст дробленого та мікропошкодженого зерна, що позитивно впливає на його якість та схожість.

Модернізація існуючих моделей комбайнів є важливим напрямком підвищення їхньої ефективності. Встановлення додаткового гідророзподільника з електрокеруванням для зручного переведення вивантажувального шнека з робочого в транспортне положення є прикладом вдалого конструктивного рішення, що підвищує ергономічність роботи оператора та скорочує непродуктивні витрати часу. Інтеграція кнопок керування без порушення інтер'єру кабіни свідчить про уважний підхід до комфорту механізатора.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

Порівняння збирального агрегату СК-5М1 "Нива" з обчісувальною жаткою УАС-5 "Слов'янка" з агрегатами на базі потужніших комбайнів, оснащених традиційними жатками, демонструє значний потенціал модернізації [20-24]. Здатність очісувальної жатки ефективно працювати в несприятливих умовах, зокрема при частих опадах, є важливою перевагою в умовах нестабільного клімату.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що конструктивні вдосконалення зернозбиральних комбайнів, зокрема впровадження очісувальних жаток та оптимізація окремих систем, є перспективним шляхом підвищення ефективності та економічності збиральних робіт. Попри потенційну настороженість з боку консервативно налаштованих фахівців, незаперечні переваги нових технологій, підкріплені практичними результатами, поступово завоюють довіру та сприятимуть їхньому широкому впровадженню в аграрному секторі.

4.1. Технологічні розрахунки

Визначимо величину робочої ширини захвату жатки для очісу [16-19]:

$$B_{\phi.оч} = \frac{10 \cdot M_{хбл}}{Ур \cdot \gamma_{с.м.}}, \text{ м}$$

де $M_{хбл}$ – чисельна характеристика хлібостою відносно погонного метра площі збирання, кг/м;

$Ур$ – планована величина урожайності зерна, т/га;

$\gamma_{с.м.}$ – величина солемистості при використанні очісувальної жатки $\gamma_{с.м.} = 1,02$ [16-19].

Чисельна характеристика хлібостою відносно погонного метра площі збирання за умов номінальних навантажень обмолочуючого апарата становитиме:

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

$$M_{хбл} = \frac{3,6 \cdot q_{н.к\text{мб}}}{g_{р.оч}}, \text{ кг/м}$$

де $q_{н.к\text{мб}}$ – номінальна величина пропускної спроможності молотарки комбайна, кг/с;

$g_{р.оч}$ – швидкісні робочі режими комбайна з очісувальною жаткою, $g_{р.оч} = 8,0$ км/год [19].

Номінальна величина пропускної спроможності молотарки комбайна при застосуванні очісувальної жатки відповідно до виду і стану хлібостою при збиранні становитиме:

$$q_{н.к\text{мб}} = q_{п.к\text{мб}} \cdot \lambda_{см} \cdot \lambda_{зб} \cdot \lambda_{вл} = 9,2 \cdot 0,96 \cdot 0,98 \cdot 0,81 = 7,0 \text{ кг/с},$$

де $q_{п.к\text{мб}}$ – величина пропускної здатності обмолочуючого апарата згідно з паспортними даними, $q_{п.к\text{мб}} = 9,2$ кг/с [23];

$\lambda_{см}$, $\lambda_{зб}$, $\lambda_{вл}$ – відповідно, коефіцієнти соломистості, забур'яненості і вологості хлібостою, для заданих умов приймаємо $\lambda_{см} = 0,96$; $\lambda_{зб} = 0,98$; $\lambda_{вл} = 0,81$.

Таким чином, чисельна характеристика хлібостою відносно 1-го погонного метра площі збирання за умов номінальних навантажень обмолочуючого апарата становитиме::

$$M_{хбл} = \frac{3,6 \cdot 7,0}{8,0} = 3,15 \text{ кг/м.}$$

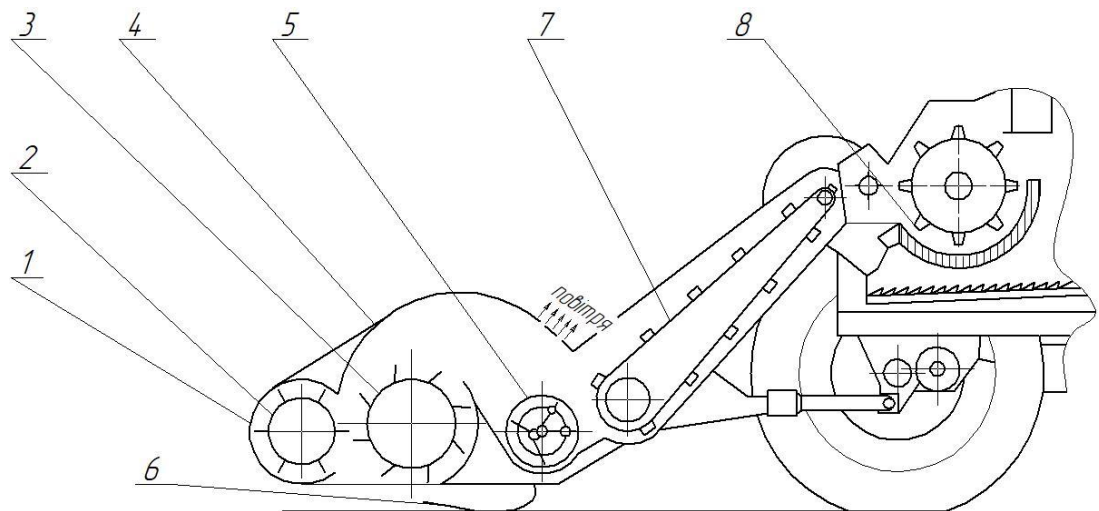
Отже, величина робочої ширини захвату жатки для очісу складе:

$$B_{ф.оч} = \frac{10 \cdot 3,15}{6,3 \cdot 1,02} = 4,9 \text{ м.}$$

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

Приймаємо найближче стандартне число – 5 м.

З урахуванням ретельного аналізу практичного використання існуючих жаток та спираючись на результати наших попередніх досліджень [18, 19, 21, 22, 24], нами розроблено інноваційну конструкцію жатки очісувального типу, представлену на рис. 4.1. Ключовими елементами цієї розробки є міцна рама, обладнана копіювальними башмаками для оптимального повторення рельєфу поля. На рамі надійно змонтовані аеродинамічно оптимізований передній обтічник, гладке днище та бічні щитки, що формують робочу зону. В підшипникових вузлах до боковин кріпиться основний робочий орган – очісувальний барабан. Безпосередньо перед ним стратегічно розміщено бітер, основна функція якого полягає у ефективному відбитті зірваних колосків та їх спрямуванні до шнекового транспортера для подальшої обробки. За злагоджену роботу всіх рухомих частин відповідає надійний механізм приводу, що отримує з'єднаний з приводом комбайна.

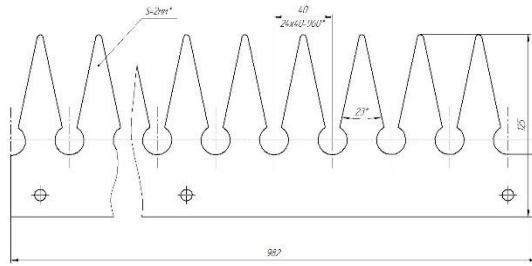


1 – передній обтічник; 2 – бітер-відбивач; 3 – ротор очісувальний; 4 – рама; 5 – шнек; 6 – башмак для копіювання; 7 – транспортер похилого типу; 8 – молотильний апарат комбайна

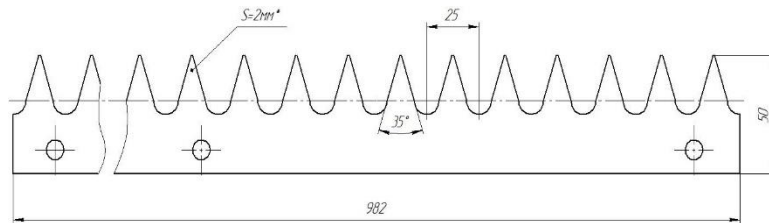
Рис. 4.1 – Принципова схема очісувальної жниварки

На бітері-відбивачі 2 та очісувальному роторі 3 застосовано гребінки оригінального конструктивного виконання (рис. 4.2).

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



а)



б)

Рис. 4.2 – Конструктивне виконання гребінок:

а – очісуюча; б – відбивна

Основне завдання очісувального барабана полягає у делікатному відокремленні колосків та зерен від стебел рослин. Водночас, бітер-відбивач виконує критично важливу функцію запобігання втратам цінної зернової маси та колосків, спрямовуючи їх безпосередньо до шнекового транспортера жатки для подальшої обробки. Особливістю конструкції є зустрічне обертання барабанів, що генерує ефект розрідження повітря в робочій зоні. Цей вакуумний ефект не лише сприяє більш якісному очісуванню, але й додатково вирівнює стебла, що знаходяться в зоні безпосередньої дії робочих органів.

Визначення параметрів очісувального ротора

Умовою відривання колосків від стебел є наступна [19]:

$$P_{кл} < m_{ст} j + m_{ст} g \sin \alpha_{ст} + P_{ст.зр},$$

де $P_{кл}$ – сила, яка потрібна для відриву колоска від стебла, Н;

$m_{ст}$ – вагова характеристика стебла, г;

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

j – інерційний момент, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

α_{cm} – кут, під яким нахилено стебло, град;

$P_{cm.зр}$ – сила, яка характеризує зв'язок стебел з ґрунтом, Н.

Стебла хлібостою можна уявити у вигляді стержня, що характеризується зв'язком із ґрунтом $P_{cm.зр}$ та на який діє сила $P_{кл}$ зі швидкістю очісуючих гребінок $V_{зр}$ в місці, яке визначається висотою відповідно до довжини стебла l_{cm} . За період удару Δt очісуючою гребінкою стебло видовжується на величину Δl_{cm} . Зважаючи на те, що прискорення центра мас стебла має вигляд $j = \frac{1}{2} \frac{dV_{зр}}{dt}$, умова відриву колосків від стебел рослин набуде вигляду:

$$\frac{1}{2} m_{cm} \frac{dV_{зр}}{dt} > P_{кл} - P_{cm.зр} - m_{cm} g \sin \alpha_{cm},$$

звідки швидкісні параметри очісуючої гребінки [19]:

$$V_{зр} > \int_0^{\Delta t} \frac{2(P_{кл} - P_{cm.зр} - m_{cm} g \sin \alpha_{cm})}{m_{cm}} dt.$$

Розв'язок даної залежності буде мати вигляд:

$$V_{зр} > \frac{2(P_{кл} - P_{cm.зр} - m_{cm} g \sin \alpha_{cm})}{m_{cm}} dt.$$

Зважаючи на видовженість стебел $\Delta l_{cm} = V_{зр} \Delta t$, то тривалість Δt дії сили визначимо як:

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

$$\alpha_{n.zp} \geq 90^{\circ} - \varphi_{mp.cm} - \alpha_{cm},$$

де $\varphi_{mp.cm}$ – кут динамічного тертя стебел по поверхні пальця гребінки;

$$\alpha_{zp} \geq 90^{\circ} - 30^{\circ} - 20^{\circ} = 40^{\circ}.$$

У процесі обертання очісувального барабана навколо власної осі ефективно відокремлення зерна триває до моменту, коли стебло починає ковзати по поверхні гребінки. Подальше обертання барабана за межами оптимального кута очісування може призвести до небажаного намотування стеблової маси, що загрожує заклинюванням робочого органу. Крім того, зерно, що виділяється на цьому етапі, стає джерелом додаткових втрат урожаю. Таким чином, критично важливим є визначення точного кута завершення очісування, що ґрунтується на наступній умові:

$$\alpha_{k.zp} \geq 90^{\circ} + \varphi_{mp.cm} - \alpha_{cm} = 90^{\circ} + 30^{\circ} - 20^{\circ} = 100^{\circ}.$$

Використовуючи значення кута початку та завершення процесу очісування, а також враховуючи розміри зони розташування колосків на стеблі, ми можемо обчислити оптимальний робочий радіус очісувального ротора. Цей параметр є ключовим для забезпечення безперешкодної подачі всього обмолоченого вороху пальцями гребінок безпосередньо до похилої камери комбайна:

$$R_{oc} = \frac{H_{kl}}{\cos \alpha_{n.zp} + \cos \alpha_{k.zp}},$$

де H_{kl} – величина ширини зони розташування колосків, м.

						МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата			

$$R_{oc} = \frac{0,4}{\cos 40^\circ + \cos 100^\circ} = 0,675 \text{ м.}$$

При визначенні раціональних режимів, за яких повинен працювати очісуючий модуль, скористаємось схемою руху гребінок ротора (рис. 4.3, а) [19-24].

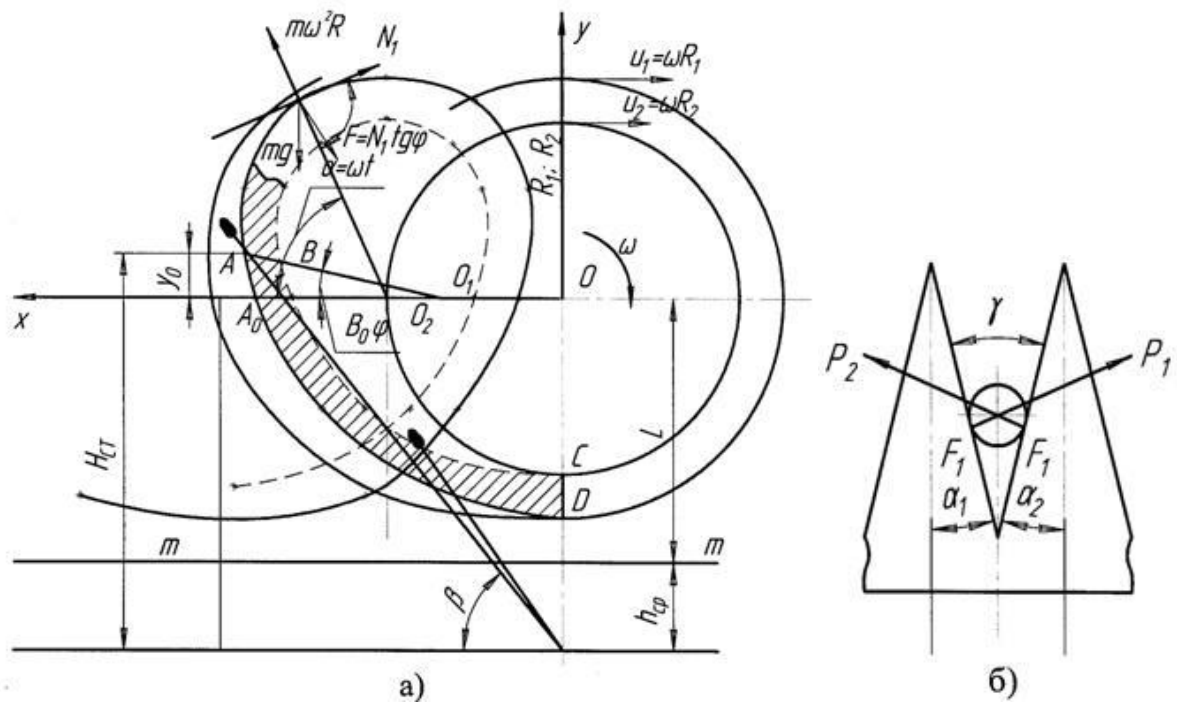


Рис. 4.3 – Схема до встановлення траєкторії руху очісуючої гребінки [19]: а – робота очісуючого ротора; б – обґрунтування кута защемлення

З врахуванням того, що пальцями гребінок повинні захоплюватись усі стебла, розташовані по ходу переміщення, а очісані колоски, довжина яких становить $l_{кл}$, не повинні випадати з них, можемо констатувати, що величина довжини пальців гребінок становить $l_{п.гр} > 2/3l_{кл}$, відповідно величина $\lambda \approx 0,1 \dots 0,2$. Враховуючи кількість рядів гребінок 8 штук, одержимо:

$$R_{oc} \leq (0,9 \dots 1,0)H_{min} \leq 0,35 \dots 0,40 \text{ м.}$$

Прийmemo $R_{oc} = 0,350 \dots 0,375 \text{ м}$, $l_{п.гр} = 0,060 \dots 0,080 \text{ м}$.

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

Величину N_{ep} визначимо згідно залежності

$$N_{ep} = \frac{L \cdot n_{oc} \cdot z_{nl}}{g_{кмб}},$$

де n_{oc} – частота, з якою обертається очісуючий ротор, c^{-1} ;

z_{nl} – кількість планок з гребінками на роторі, шт;

$g_{кмб}$ – лінійна швидкість переміщення комбайна, м/с.

$$N_{ep} = \frac{1,27 \cdot 6,3 \cdot 6,0}{1,8} = 26,7 \text{ шт, приймаємо } 26 \text{ шт.}$$

Висновки по розділу

В умовах стислих термінів збирання врожаю очісувальна жатка демонструє продуктивність, що в 1,5-1,8 рази перевищує традиційні аналоги. Проте, збільшення швидкості комбайна та обертів барабана призводить до зростання втрат зерна через порушення його руху по гребінці.

Для вирішення цієї проблеми нами запропоновано інтеграцію додаткового ротора – бітера-відбивача, що обертається в протилежному напрямку до основного барабана, запобігаючи осипанню зерна.

З метою оптимізації роботи модернізованої жатки проведено технологічні розрахунки ключових параметрів та режимів її функціонування. Застосовуючи методи теоретичної механіки, прикладної математики та опору матеріалів, обґрунтовано конструктивні параметри системи та кінематичні характеристики для забезпечення оптимальної частоти обертання роторів, визначено параметри гребінок очісуючого ротора та обґрунтовано кількість гребінок, зважаючи на якість процесу очісування.

						МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата			

6. Загальні висновки.

У цій роботі здійснено комплексний аналіз технологічних аспектів вирощування озимої пшениці. На основі науково обґрунтованих рекомендацій розроблено детальну технологічну карту її культивування, адаптовану до агрокліматичних умов північного Степу України.

Для оптимізації процесу збирання врожаю пшениці агрегатом у складі комбайна MF 7272 з високоефективною очісуючою жаткою УАС-5М, за планової врожайності 6,5 т/га, проведено ретельні технологічні розрахунки роботи агрегату та розроблено операційно-технологічну карту. Встановлено, що оптимальною робочою швидкістю комбайна є 8,0 км/год, що забезпечує пропускну здатність молотарки на рівні 7 кг/с та змінну продуктивність комбайнового агрегату в 30,0 га/зм.

Аналіз сучасних зернозбиральних комплексів виявив зростаючу популярність методу очісування колосових на корені. Огляд існуючих технічних рішень очісувальних пристроїв, а також літературний та патентний пошук, стали підґрунтям для обґрунтування конструкції інноваційної двобарабанної очісуючої жатки, спрямованої на мінімізацію втрат урожаю.

Для запропонованої конструкції жатки проведено детальний інженерний аналіз, що дозволив визначити оптимальні параметри і режими роботи очісувального барабана та параметри гребінок.

У розділі з охорони праці представлено комплекс заходів для забезпечення безпечних умов праці під час експлуатації зернозбирального агрегату.

Таким чином, запропоновані в роботі технологічні рішення та їх технічне забезпечення повністю відповідають чинним стандартам і законодавству та можуть бути рекомендовані для практичного впровадження.

						МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата			

Список використаної літератури

1. Кернасюк Ю. В. Глобальний ринок пшениці: кон'юнктура і тренди. Агробізнес сьогодні. 2020. № 22 (437). С. 12–16.
2. Черенков А. В., Нестерець В. Г., Солодушко М. М., Кротінов І. В., Кобос І. О. Вплив агроекологічних і технологічних чинників на формування врожайності пшениці озимої у південно-східному Степу. Вісник аграрної науки. 2018. № 5. С. 18–26.
3. Гамаюнова В., Хоненко Л., Корхова М., Смірнова І. Значення добору сортового складу в отриманні високої врожайності та якості зерна пшениці озимої за вирощування після соняшнику в умовах Південного Степу України. Scientific bases of agriculture, development of ways of its effective development: collective monograph. International Science Group. Boston: Primediae Launch. 2022. P. 144–161.
4. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.
5. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти : збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції, 27 березня 2024 р., Науково-методичний центр ВФПО. – Київ, 2024. – 175 с.
6. Господаренко Г.М., Любич В.В., Калантир В.В. Удобрення пшениці твердої озимої. The XI International Science Conference «Topical issues of modern science and education», March 11-13, 2021, Tallin, Estonia. P. 12–15 doi:10.46299/ISG.2021.I.XI.
7. Вплив доз і строків підживлення аміачною селітрою на врожайність пшениці озимої та нітрифікаційну здатність ґрунту. В. Ф. Голубченко, Е. В. Куліджанов, О. М. Волянський. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2022. Вип. 124. С. 25-34.
8. Перспективи та особливості точного землеробства в 2025. Агроексперт-Трейд.

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

9. Технологія вирощування насіння пшениці озимої (Методичні рекомендації) / За ред. кандидатів с.-г. наук А.А. Сіроштана, В.П. Кавунця. Центральне, 2023. 37 с.
10. Методичні рекомендації щодо збирання зернових культур. ДДСГДС НААН України. Покровськ, 2017. 18 с.
11. Технологічні особливості збирання врожаю зерна та сівби озимих культур у господарствах Харківської області в умовах 2022 року. Науково-практичні рекомендації. Східний міжрегіональний науково-методичний центр Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва. Харків 2022. 53 с.
12. Очісуючі жатки. Плюси та мінуси використання для збирання зернових та насіння. Машинобудівний завод SUNFLOROMASH. URL: <https://sunfloromash.com/ua/news/ocisuuca-znivarka-perevagi-ta-nedoliki-vikoristanna>.
13. Коваль С., Івасюк В., Романська В. Застосування обчісуючих жниварок – запорука своєчасного збирання врожаю без втрат. Техніка АПК. 2003. №1. С.8-10.
14. Stripper header. Каталог продукції фірми Shelbourne. URL: <https://www.shelbourne.com/harvest/stripper-header/>.
15. Очісуюча жниварка "Слов'янка". Каталог продукції машинобудівного підприємства "УКР.АГРО-СЕРВІС". URL: <http://ukragroserv.com.ua>.
16. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
17. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.
18. Козаченко О. В., Пахучий А. М., Дьяконов С.О., Гончаров В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів обчісуючого

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- барабану жниварки. Інженерія природокористування. 2019. Вип. 1 (11). С. 75–85.
19. Мороз М.М. Обґрунтування параметрів та режимів роботи обчісуючої жатки для збирання зернових колосових культур: дис.... канд. техн. наук: спец. 05.05.11, Кіровоград. 2001. 185 с.
 20. Каталог продукції MASSEY FERGUSON. MF 7272. URL: https://www.masseyferguson.com/uk_ua.html.
 21. Погорілий Л. В., Коваль С. М., Саченко В. І., Гусар В. Г. і ін. Технологія обчісування. Обчісувачі жниварки. – Дослідницьке, 2003. – 12 с.
 22. Борисенко М.М. Аналіз та перспективи удосконалення конструкції жниварки обчісуючого типу / М.М. Борисенко, М.Є. Шварцман // Технічний сервіс машин для рослинництва. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка, вип. 121, – 2012. – С. 37 – 40.
 23. Шабанов П. А. Порівняльний аналіз одно- і двобарабанних очісувачих пристроїв на збиранні зернових культур / П. А. Шабанов, М. П. Шабанов // Наукові праці Українського центра досліджень техніки (УКРЦДТ). – Дослідницьке, 2004. – 173 с.
 24. Машков Олександр Михайлович. Обґрунтування параметрів бітера-відбивача обчісувального пристрою для обмолоту зернових культур на корені : Дис... канд. наук: 05.05.11, Сімферополь – 2003.
 25. Деталі машин. Розрахунок та конструювання [Текст] : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов [та ін.]. Київ : Талком, 2014. 684 с.
 26. Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р. URL: https://techmedia.com.ua/sites/default/files/online_version/ECO_SX/files/assets/basic-html/toc.html.
 27. ДСТУ 7454:2013 Комбайни зернозбиральні. Загальні технічні вимоги.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
-----	------	----------	-------	------	--	--