

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
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 дипломної роботи
другого (магістерського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
ГОРОХУ З ОБГРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ
МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТУ**

Виконав: _____ Єфремов Станіслав Анатолійович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)
 1. Тема роботи _____

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 20__ року
 № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Єфремов С.А. Удосконалення технології вирощування гороху з обґрунтуванням параметрів молотильного апарату/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025. – 79 с.

В роботі приведено аналіз технологій вирощування гороху і розроблена удосконалена технологія для умов господарства. А також агротехнічних вимог до збиральних машин для забезпечення необхідної якості збиральних робіт. Визначено склад комплексу машин для вирощування гороху.

Запропоновано схему і розроблена конструкція удосконаленого молотильного апарату. Проведено розрахунок параметрів молотарки і режим роботи. Розроблено креслення вузлів і деталей удосконаленого молотильного апарату.

Проведені розрахунки технологічних показників процесу збирання гороху удосконаленим комбайном.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні гороху і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 18868920 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: горох, бобові культури, технологія, зернозбиральний комбайн, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА.	9
1.1 Попередники.	10
1.2 Обробіток ґрунту.	11
1.3 Система удобрення.	12
1.4 Підготовка насіння.	13
1.5 Сівба.	14
1.6 Догляд за посівами.	15
1.7 Збирання врожаю.	17
2 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗБИРАННЯ ГОРОХУ.	19
3 ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ КОМПЛЕКСУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ В ГОСПОДАРСТВІ.	21
3.1 Складання технологічної карти.	21
3.2 Побудова графіка використання тракторів і машин.	27
4 УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБАЙНА І ЙОГО РОЗРАХУНКИ.	29
4.1 Обґрунтування конструкції молотильно-сепаруючого пристрою.	29
4.2 Розрахунок параметрів робочих органів.	32
5 РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ГОРОХУ УДОСКОНАЛЕНИМ КОМБАЙНОМ.	48
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.	56
6.1 Охорона праці при вирощуванні гороху.	56
6.2 Охорона праці при збиранні гороху.	57
7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	71
Д О Д А Т К И.	74

ВСТУП

Останнім часом світовий попит на горох, як альтернативне джерело протеїну, значно підвищується. Збільшується кількість споживачів, що використовують рослинний білок як корисну для здоров'я заміну м'ясних продуктів.

Горох - рослина невибаглива, проте, далеко не всі фермери збирають високі врожаї цієї культури. Середня врожайність гороху в Україні - близько 2,1–2,7 т/га. Але за дуже зваженого й добре продуманого технологічного підходу цілком можливо отримувати 4 – 4,5 т/га гороху щороку. За сучасного ведення господарства урожай на рівні 3,5–4,5 т/га, якого досягають вітчизняні аграрії, вже далеко не рідкість. А світовий рекорд урожайності гороху, який встановив фермер з Великої Британії, становить 6,47 т/га [1, 7].

Зерно гороху містить 20-35% білка, крохмаль, цукри, жир, вітаміни, каротин, мінеральні речовини (солі калію, кальцію, марганцю, заліза, фосфору) - у цьому цінність його не тільки як харчового (високі смакові якості), а й дієтичного, лікувального продукту. Він сприяє виведенню солей з організму, корисний хворим на серце. У 100 г його зерна міститься 491 ккал (в 100 г пшениці 457 ккал). Білка приблизно стільки ж, як і в сирому м'ясі. В 1 кг зерна гороху міститься 1,17 к.о.; 180-240 г перетравного протеїну; 15,2 г лізину; 3,2 г метіоніну; 2,3 г цистину і 1,6 г триптофану та ін. [3, 4, 5].

Гороховий протеїн має функціональні можливості для приготування таких продуктів як снеки, дієтичні батончики, супи, соуси, макарони, печиво та інші. Він також є цінним інгредієнтом з відмінною засвоюваністю для безглютенових дієт, вегетаріанської та веганської їжі.

Горохове борошно використовують при виробництві концентрованих кормів. Тваринам згодують також зелену масу, сіно, соломку, кормова

поживність яких завдяки високому вмісту білка значно вища, ніж злакових культур.

Зерно зернобобових культур містить 200-300 г перетравного протеїну з розрахунку на одну кормову одиницю, а зелена маса - 150-200 г. За рахунок зернобобових потреби тваринництва в протеїні задовольняються на 70-75%. За енергетичною цінністю наближаються до ячменю, трохи поступаючись зерну кукурудзи.

Крім багатого на білок зерна, ці культури дають високоякісне сіно, сінаж, зелену масу, полову і солону.

Горох є цінним компонентом для однорічних трав. Його зелена маса добре підходить для використання на сидерати.

Агротехнічне значення гороху полягає в тому, що він збагачує ґрунт цінною органічною масою і азотом, поповнює орний шар фосфором, калієм, кальцієм, є добрим фітосанітаром, покращує структуру ґрунту і підвищує його родючість. Залежно від рівня врожайності залишає з соломною і рослинними рештками орієнтовно 60-90 кг/га азоту, 15-25 кг/га фосфору, 20-30 кг/га калію. Коренева система гороху характеризується високою засвоювальною здатністю, використовує елементи живлення з важкорозчинних сполук. Горох підвищує рухомість фосфору в ґрунті, а це поліпшує фосфорне живлення наступних культур. Він є одним з кращих попередників для більшості культур сівозміни і цінним сидеральним добривом.

Горох можна вирощувати без застосування азотних добрив, на долю яких припадає до 30% енергозатрат в інтенсивних технологіях. Необхідно враховувати, що коефіцієнт використання азоту з мінеральних добрив становить лише 50-80%, тобто значна частина їх забруднює нітратами ґрунтові води, а біологічний азот повністю утилізується живими організмами. З урожаєм зерна гороху 30 ц/га, виноситься з ґрунту 150 кг азоту. Оскільки азотних добрив не вносимо, то таким чином економиться понад 4 ц аміачної селітри.

Через повномасштабну війну, яку почала росія, Україна втратила значні

площі посіву гороху, що призвело до чималих втрат урожаю цієї агрокультури. Йдеться про області, які були лідерами-виробниками гороху: Херсонська, Миколаївська, Запорізька, Донецька і Харківська. Останній врожай цієї культури в Україні був вдвічі меншим за довоєнний 2021-ий рік і становив лише 270 тис. тонн. Загалом це найнижчий показник за останні 10 років. У 2017-му, наприклад, виробництво гороху в Україні становило 1 млн тонн, це був один із найвроджайніших років [3, 8].

Враховуючи складнощі, які склалися з вивозом зерна з України останнім часом, аграрії почали шукати заміну традиційним культурам (пшениця, кукурудза, соняшник і ін) на ті культури, які користуються попитом на внутрішньому ринку. І вирощування гороху при певних умовах може бути хорошою альтернативою для отримання прибутку. Використання сучасних технологій і засобів механізації при вирощуванні гороху, удосконалення машин дозволить отримати високі врожаї і підняти рентабельність цієї цінної культури.

Метою роботи є удосконалення технології вирощування гороху з обґрунтуванням параметрів удосконаленого молотильного апарату.

1 УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА

Для багатьох аграріїв горох був і залишається однією з головних зернобобових культур на неполивних землях півдня України. На сьогодні це, мабуть, чи не єдина бобова культура на богарі, яка в ризикованих умовах регіону може давати задовільний врожай – 1,5–2,0 т/га [2, 4].

Горох холодостійка, відносно мало вимоглива до тепла культура. Насіння починає проростати при температурі 1-2°C. Проте біологічний мінімум для одержання дружніх сходів гороху становить 4-5°C. При нижчій температурі сходи з'являються лише через 15-25 днів, знижується польова схожість та енергія росту рослин. З підвищенням температури до 10°C насіння проростає швидше. Сходи з'являються за 5-7 днів. Вони можуть витримувати приморозки до мінус 5-7°C. Стійкіші до морозів кормові сорти (пелюшки). Оптимальна температура для утворення вегетативних органів гороху – 12-16°C, генеративних – 16-20°C. Температура понад 26°C негативно впливає на величину і якість урожаю.

Горох вимогливий до вологи. Для набубнявіння і проростання насінині потрібно 110-115%, а мозкових сортів до 150% води від його маси. Найкращі умови для росту складаються при випаданні 450-600 мм за рік, а вологість ґрунту становить 70-80% найменшої вологості. У посушливі роки вегетація гороху може скорочуватись у півтора рази. За посухостійкістю горох переважає боби, вику і люпин, але поступається сочевиці, нуту і чині. Незважаючи на те, що горох не відноситься до посухостійких культур, його можна вирощувати у відносно посушливих умовах. Це можливо завдяки глибокому проникненню добре розвинутої стрижневої кореневої системи. Внесення фосфорних і калійних добрив скорочує витрати води на 6-10%.

Горох – світлолюбна культура і належить до рослин довгого дня.

Недостатня кількість світла дуже пригнічує його розвиток: стебла витягуються, вилягають, слабше розвивається коренева система, менше зав'язується плодів, зменшується врожайність. Фотоперіодична реакція гороху тісно пов'язана з спектральним складом світла. У світлі довгого дня переважають довгохвильові промені, що сприяють прискореному розвитку гороху, значно підвищують його врожай.

Горох – культура високородючих ґрунтів. Найвищі врожаї одержують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих ґрунтах. Реакція ґрунтового розчину має бути нейтральною (рН 6,8-7,4). В ґрунті повинно бути достатньо гумусу, вапна, фосфору, калію та мікроелементів молібдену і бору. На важких, дуже щільних і кислих ґрунтах коренева система розміщується неглибоко, що сприяє пригніченню життєдіяльності бульбочкових бактерій. Такі ґрунти несприятливі для вирощування гороху.

1.1 Попередники

Будучи відмінним попередником для інших культур сівозміни, горох добре росте і дає високі врожаї після різних культур. Добрим попередником є озимі і ярі зернові. Горох висівають після удобрених просапних – кукурудзи, картоплі, цукрового буряка. Проте технології вирощування цукрового буряка, кукурудзи вимагають внесення високих доз азоту, що знижує роль гороху, як азот фіксатора. Горох може не формувати бульбочок, якщо його розміщувати після попередника, який залишає в ґрунті багато нітратів, зокрема після інтенсивно удобрених азотом цукрового буряка, кукурудзи, чорного пару. У сівозміні горох можна висівати на тому самому місці не раніше як через 5-6 років. Це запобігає “гороховтомі” ґрунту, захищає від ураження кореневими гнилями, фузаріозом, нематодою, плодожеркою, бульбочковими довгоносиками тощо.

Горох не терпить монокультури. Непридатні в якості попередника для нього соняшник, багаторічні бобові і злакові трави, зернобобові культури, однорічні трави з бобовим компонентом.

1.2 Обробіток ґрунту

Основний обробіток залежить від попередника. Після збирання зернових на полях, що забур'янені однорічними бур'янами, проводять лушення з допомогою ЛДГ-10 в два сліди на глибину 5-6 см. Якщо поле забур'янене кореневищними бур'янами, то проводять лушення лемішними лушильниками ПЛ-3-25А, ПЛП-10-25 та ПЛН-8-35 на глибину 10-12 см. При нестачі вологи в ґрунті застосовують обробіток важкими дисковими боронами типу БДТ-3, БДТ-7. Через 15-20 днів проводять зяблеву оранку на глибину 25-27 см. У Лісостепу та Степу найкращими строками оранки є кінець серпня перша половина вересня.

На сильльно забур'янених полях (особливо багаторічними кореневищними бур'янами – пирій повзучий, гострець, свинорій) за допомогою лушень, повністю знищити бур'яни неможливо, тому необхідно застосовувати інші методи. На наш погляд найефективнішим є внесення гербіцидів суцільної дії (раундап, ураган тощо) по стерні. Через 15-20 днів після пожовтіння і загибелі бур'янів слід провести оранку на глибину 25-27 см.

При розміщенні гороху після просапних культур ґрунт не лушать, а слід одразу провести зяблеву оранку на глибину 22-25 см. Після кукурудзи ґрунт двічі дискують у поперечних напрямках важкими дисковими боронами (БДТ-3, БДТ-7) на глибину 10-12 см і проводять зяблеву глибоку (25-27 см) оранку.

Від якості передпосівного обробітку ґрунту залежить енергія проростання насіння, польова схожість, дружність і одночасність росту рослин. Передпосівний обробіток починають з настанням фізичної стиглості ґрунту за допомогою культиватора КПС-4 в агрегаті із важкими боронами БЗТС-1,0 впоперек до оранки на глибину 8-10 см. При достатньому підсиханні ґрунту можна використовувати для передпосівного обробітку комбіновані агрегати з обов'язковою умовою, щоб їх розпушуючі лапи були відрегульовані на глибину не менше 8-10 см. Це потрібно для якісного глибокого загортання

насіння. Розрив між передпосівним обробітком і сівбою не повинен перевищувати 1 годину.

1.3 Система удобрення

Горох має відносно невеликий вегетаційний період, слабо розвинену кореневу систему, тому потреба у поживних речовинах велика. Для формування 1 ц зерна і відповідної кількості соломи, гороху необхідно 3,5-5,5 кг азоту, 1,2-1,7 кг – фосфору, 2,5-3,5 кг – калію, 1,7-3,0 кг – кальцію, 0,5-1,3 кг – магнію. Горох вимогливий до родючості ґрунтів і добре використовує післядію органічних і мінеральних добрив. Також необхідно створити всі умови для ефективного засвоєння азоту з повітря. Важливим є внесення і гною на це поле за рік чи два до вирощування даної культури. Фосфорно-калійні добрива теж краще вносити у більшій нормі (РК₆₀₋₁₀₀) під попередник – буряк, кукурудзу, зернові тощо. Розміщення гороху на окультурених ґрунтах у сівозміні після удобрених попередників при вмісті доступних форм фосфору і калію більше 15 мг на 100 г ґрунту дозволяє одержувати 30 ц/га зерна і більше без внесення мінеральних добрив майже у всіх зонах вирощування.

Після малоудобрених попередників на ґрунтах з невисоким вмістом гумусу (менше 2%), а також низькому забезпеченні фосфором і калієм, вносять добрива в нормі Р₄₀К₄₀-Р₆₀К₆₀ під оранку. Калійні добрива бажано вносити з меншим вмістом хлору.

Горох є азотфіксуючою рослиною, тому азотні добрива під нього не вносять. Засвоєння азоту з повітря починається у фазі 2-3 листків. Невелику дозу його (20-30 кг/га д.р.) вносять лише у випадку, якщо під час сівби запаси нітратного азоту в орному шарі ґрунту менші, ніж 30 мг/кг. Для покращення симбіотичної фіксації азоту необхідно застосовувати молібден, цинк і бор при умові, що в 1 кг ґрунту їх міститься менше 0,3 мг. Для цього використовують суперфосфат, збагачений цими елементами. Якщо суперфосфату немає, мікроелементи застосовують при протруюванні насіння

(100г на 1 ц насіння), або обприскують посіви під час вегетації (150-300 г/га). Особливо цінним є молібден, який впливає на симбіотичну азотфіксацію. Його вплив на врожайність прирівнюється до внесення 30 кг/га д. р. азоту. Молібден і бор покращують надходження азоту в рослини гороху, цинк сприяє засвоєнню рослинами калію і магнію. Підвищують врожайність гороху також мідь, кобальт та ін.

1.4 Підготовка насіння

Підготовка насіння до сівби починається одразу після збирання врожаю. Насіння очищають на машинах первинної очистки ОВП-20А, при потребі просушують. Навесні, перед сівбою підготовка насіння складається з трьох операцій: протруювання, обробка мікроелементами і бактеріальними добривами.

Для захисту від бактеріальних та грибних захворювань рослин, насіння протруують хімічними препаратами. Найбільш ефективно завчасне протруювання – за 2-3 місяці до сівби. Протруєне насіння в день сівби обробляють бактеріальними добривами, поєднуючи з обробкою молібденом і бором. Протруйники «Фундазол» і «Максим» можна використовувати в день сівби одночасно з ризоторфіном. Решта препаратів при поєднанні з бактеріальними добривами знищують бульбочкові бактерії, тому протруювання необхідно проводити не пізніше за 2-3 тижні до сівби, а обробляти ризоторфіном і мікроелементами в день сівби. Насіння в день сівби змочують водою (2% маси) і обробляють ризоторфіном з розрахунку 0,2-03 кг на гектарну норму. Обробляють ризоторфіном у приміщенні, куди не потрапляють сонячні промені.

В Інституті фізіології рослин і генетики НАН України створено новий штам бульбочкових бактерій (263 Б), який сприяє утворенню бульбочок на 5-6 днів раніше, порівняно з іншими штамми, продовжує період активної азотфіксації, збільшує врожайність на 16-20%, вміст білка в зерні на 2-4%.

1.5 Сівба

Кращим способом сівби гороху є звичайний з відстанню між рядками 15 см сівалками СЗ-3,6; СЗА-3,6; СЗП-3,6, а у зоні достатнього зволоження можна використовувати вузькорядні сівалки типу СЗУ-3,6, що забезпечують вузькорядний спосіб сівби.

Горох добре переносить глибоке загортання насіння, оскільки не виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту. Для набубнявіння і проростання насінини необхідно ввібрати 100-120 % води від її маси, що в два рази більше, ніж у зернових культур. Верхній шар ґрунту часто пересихає, тому достатньо вологи для насіння забезпечується при глибокому загортанні. При мілкій сівбі, особливо у суху погоду, різко знижується польова схожість, гірше розвивається коренева система. Оптимальна глибина загортання насіння у більшості випадків становить 6-8 см. На важких запливаючих ґрунтах насіння загортають на 4-5 см. На легких ґрунтах або в умовах швидкого пересихання верхнього шару, глибину загортання збільшують до 8-10 см. В умовах достатнього зволоження при високій культурі вирощування гороху в останні роки рекомендується висівати насіння дуже мілко – на глибину 3-4 см. Мілке і якісне загортання насіння забезпечує ранні і дружні сходи, рівномірний розвиток рослин даної культури. Для цього необхідно тільки добре підготувати ґрунт, слідкувати, щоб частина насіння не залишалась на поверхні зовсім незагорнутою, одразу ж після сівби закоткувати поле. Проте при такій глибині сівби важко застосувати досходове та післясходове боронування, оскільки пошкоджується проросле насіння. Таку глибину сівби вибирають при хімічному способі знищення бур'янів.

Норму висіву встановлюють залежно від біологічних властивостей сорту і ґрунтово-кліматичної зони вирощування. Вона коливається від 0,8 до 1,4 млн. схожих насінин на гектар. У посушливих районах висівають насіння менше, у зоні достатнього зволоження більше. Рекомендуються такі норми висіву: Степ України – 0,9-1,0, Лісостеп – 1,0-1,2, Полісся – 1,1-1,4 млн/га. Якщо застосовують для знищення бур'янів гербіциди, норму висіву

встановлюють меншу, а при проведенні досходових і післясходових боронувань збільшують на 10-15 %. Норму висіву в кг/га встановлюють залежно від крупності насіння. Орієнтовна норма висіву для дрібнонасінних ($M_{1000} 1000 - 200-250\text{г}$) – 2,0-2,6 ц/га; крупнонасінних ($M_{1000} >250\text{г}$) – 2,6-3,0 ц/га.

Горох – культура ранніх строків сівби. Висівають його при настанні фізичної стиглості ґрунту одночасно з вівсом, ярою пшеницею та ячменем. Сходи гороху добре переносять весняні приморозки до мінус 5-7 °С. Чим раніше посіяти, тим більший урожай можна одержати. Запізнення із сівбою на 10 днів проти строків, у які можна починати польові роботи, знижує врожай на 5-8 ц/га.

1.6 Догляд за посівами

Першим заходом догляду за горохом у посушливу весну і на пізніших посівах є післяпосівне коткування ґрунту гладкими котками. Це сприяє кращому контакту насіння з ґрунтом, підтягує воду до посівного шару ґрунту, підвищує схожість гороху і бур'янів. Вигідно одночасно з коткуванням провести боронування посівними боронами. Утворюється неглибокий мульчуючий шар ґрунту, який запобігає випаровуванню води і утворенню кірки. У наступному догляді за посівами важливого значення набуває боротьба з бур'янами. Найбільш простий і ефективний метод боротьби з ними – боронування посівів гороху. При одному досходовому та одному-двох післясходових боронуваннях знищується близько 60-80 % однорічних бур'янів.

Досходове боронування проводять через 4-7 днів після сівби, але не пізніше як за 3 дні до появи сходів гороху. У сприятливих умовах може знищуватися майже 80 % бур'янів у фазі білої ниточки. Не можна проводити боронування у момент появи сходів.

Післясходове боронування проводять у фазі 3-5 листків. Якщо післясходових боронувань два, то перше проводять у фазі 2-3 листків, коли рослини мають висоту 4-5 см., а вдруге посіви боронують у фазі 3-5 листків

при висоті рослин 7-10 см. Щоб запобігти обламуванню рослин боронують вдень не раніше 11-12 год. в суху погоду, коли рослини втрачають тургор і менше пошкоджуються зубцями борін, а знищені бур'яни швидше підсихають. Використовують середні борони, які мають порівняно високі зуби і менше пошкоджують рослини. Кількість пошкоджених рослин не повинна перевищувати 10-12 %. Для цього боронування проводять впоперек до напрямку сівби з швидкістю не більше 4-5 км/год. Горох добре переносить незначне присипання землею. Через 2-3 дні рослини самі звільняються від ґрунту і потім добре ростуть.

Горох сильно страждає від бур'янів. Урожайність може знизитися на 30-50%. У дощові роки чи в силу господарсько-організаційних причин не завжди є можливість провести боронування. Для знищення бур'янів у даному випадку використовують гербіциди. Найвищої ефективності у боротьбі з бур'янами досягають при поєднанні агротехнічного і хімічного способу. На посівах гороху можна використовувати гербіциди: Агритокс, Базагран, Гезагард, Дікопур, Дуал Голд, Пантера, Півот, Стомп 330, Фронт'єр 900, Фронт'єр Оптима, Фюзилад Супер 125 ЕС, Богун. Норми внесення, проти яких бур'янів застосувати і особливості застосування гербіцидів необхідно обов'язково звіряти з рекомендаціями на упаковці препарату.

У технології вирощування гороху важливе місце належить захисту від шкідників та хвороб. Сходи обробляють інсектицидами для захисту від бульбочкових довгоносиків. У фазі бутонізації посіви обприскують проти горохової зернівки (брухус), горохового комарика, горохової попелиці, плодожерки одним з наступних інсектицидів: Акцент, Альтекс 100, Базудин 600, Бі-58 новий, Карате, Ф'юрі, Фастак, Фуфанон. Горох уражується багатьма хворобами, серед яких найбільш поширені і шкодочинні кореневі гнилі, аскохітоз, борошниста роса, сіра гниль, іржа тощо. Вони порушують обмін речовин, знижують продуктивність рослин, погіршують насіннєву і кормову якість зерна.

Незважаючи на це, у “Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні” зареєстровано тільки один препарат ефективний для захисту рослин гороху в період вегетації від фузаріозу, аскохітозу, сірої гнилі фунгіцид фундазол з нормою внесення 1,0 кг/га. Зустрічаються літературні дані про використання фундазолу у боротьбі з корневими гнилями. Для захисту від аскохітозу та пероноспорозу застосовують цинеб (2 кг/га), або суміш фундазолу (500 г/га) і цинебу (2 кг/га).

1.7 Збирання врожаю

У відмінності від попередніх років, коли на полях України вирощували довгостеблові, полягаючі сорти і домінувало двохфазне збирання врожаю, із впровадженням у виробництво короткостеблових безлисткових сортів основним способом збирання гороху стало пряме комбайнування (однофазне збирання) при вологості зерна 15-17%. При необхідності (забур'яненість, висока вологість рослин та ін.) проводять десикацію посівів гороху за тиждень до збирання (реглон, раундап, ураган).

Горох в Україні є основною зернобобовою культурою, важливим джерелом рослинного білку, одним з кращих попередників для зернових та інших культур у сівозміні, суттєвим елементом біологізації землеробства. Завдяки впровадженню в селекційний процес генетичних методів за останні 25 років архітектура рослини гороху різко змінилась у бік поліпшення його пристосування до сучасних технологій вирощування, особливо, до прямого комбайнування. Інтродукція в геном гороху генів, що контролюють стійкість до осипання насіння та вилягання стебла, стійкість до найбільш шкідливих хвороб, та генів, що впливають на загальне збільшення врожаю за рахунок перерозподілу пластичних речовин рослини на користь її генеративної частини сприяли створенню комерційних сортів гороху інтенсивного типу.

Надзвичайна нестабільність погодних умов в різні роки, особливо, в зонах Степу України через періодичні посухи примушують селекціонерів більше уваги приділяти оцінці селекційного матеріалу гороху за його

адаптивними властивостями. Ґрунтово-кліматичні зони України дуже різняться як між собою, так і в межах окремих зон за розподілом і кількістю опадів та температурою повітря під час вегетаційного періоду, за родючістю ґрунту, реакцією рН та ін.

2 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗБИРАННЯ ГОРОХУ

Оптимальний вибір способу збирання забезпечить мінімальні втрати зерна, витрати технічних і людських ресурсів та одержання найвищої якості продукції. Найбільш простою оцінкою вибраної технології є експлуатаційні витрати. Для забезпечення високої якості зерна при збиранні зернобобових культур необхідно провести відповідну технологічну підготовку комбайнових агрегатів і організувати ефективну їх роботу у господарствах.

Суттєвим фактором збільшення ресурсів зерна є зниження втрат, забезпечення збереження високих продовольчих, кормових та посівних якостей при збиранні, транспортуванні, післязбиральній доробці та зберіганні.

Основним способом збирання урожаю зернобобових культур є пряме комбайнування або однофазне збирання.

Критерії вибору однофазного способу збирання:

- рівномірне досягання продуктивного стеблистою та зниження вологості зерна до 14-16%;
- низька забур'яненість посівів;
- незначне вилягання стеблостою;
- наявність достатньої кількості збиральної техніки та транспорту.

Критерії вибору двофазного способу збирання:

- нерівномірне досягання зерна, наявність підгону;
- висока забур'яненість посівів;
- нестача збиральної техніки та навантаження на комбайн понад 200 га на сезон.

Двофазна (валкова) технологія передбачає такі фази:

1. Зрізання стебел і укладання їх у валок;
2. Підбирання валків, обмолот і розділення продуктів обмолоту на зернову і не зернову частини врожаю.

На сьогодні більше 90 % посівних площ гороху займають сучасні безлисточкові напівкарликові сорти, які стійкі до вилягання. Тому чисті від бур'янів посіви доцільно збирати прямим комбайнуванням за вологості зерна 16-17%. Для запобігання травмування насіння дуже важливо проводити збирання при мінімальних обертах барабану комбайна (не більше 300).

У разі нерівномірного дозрівання гороху доцільно проводити десикацію препаратами типу Реглон, гербіцидами групи гліфосату або навіть застосовувати роздільне збирання. При роздільному збиранні горох скошують у валки при пожовтінні 75% бобів, а потім обмолочують при вологості зерна 16-17%.

Одразу після обмолоту і очистки насіння перевіряють на наявність горохового зерноїду (брухусу). Якщо чисельність живих шкідників у насіннєвому матеріалі перевищує 10 екз./кг, він підлягає фумігації під герметичною плівкою препаратами фостек, джин або їх аналогами у рекомендованих дозах.

При роздільному збиранні втрати зерна за жаткою допускаються не більше 0,5% і 1,5% -для полеглих, втрати зерна при підборі валків не більше 1%, чистота зерна в бункері не менше 96 %.

При прямому комбайнуванні чистота зерна в бункері повинна бути не менше 95%. За жаткою комбайна допускається до 1% втрат для прямостоячих хлібів і 1,5% -для полеглих. Загальні втрати зерна через недомолоту і з соломою повинні бути не більше 1,5%. Дроблення не повинно перевищувати 1 % для насіннєвого зерна, 2% - продовольчого, 3% - для зернобобових і круп'яних.

3 ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ КОМПЛЕКСУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ В ГОСПОДАРСТВІ

3.1 Складання технологічної карти

Вирощування сільськогосподарських культур повинне опиратися на ряд документів, які забезпечують чітке виконання всіх необхідних операцій для продуктивної життєдіяльності рослин. Одним їх найважливіших документів є технологічна карта, яка містить максимум необхідної інформації для успішного ведення землеробства по вирощуванні тої чи іншої культури [22].

Технологічна карта містить такі основні блоки інформації: агрономічний блок, який містить назву операції, обсяг робіт, початок і тривалість операції; технічне забезпечення операції і нормативи на використання техніки (змінна норма виробітку, норма витрати палива, еталонна продуктивність); потреба в ресурсах: кількість технічних засобів виробничого персоналу, робочих днів і нормозмін, палива і технічних матеріалів; показники ефективності: затрати праці, прямі і приведені витрати.

Перед складанням технологічної карти необхідно проаналізувати природні умови господарства: агро-кліматичні, ґрунтові з урахуванням питомого опору, конфігурацію полів на довжину гонів, рельєф, кут схилу полів. Оскільки ці фактори значною мірою впливають на вибір технології вирощування культури, технологічних операцій, склад машинно-тракторного агрегату, його продуктивність та витрата палива. Не менш важливим фактором для складання технологічних карт є вивчення і аналіз вже існуючих технологій, досвід передових господарств. Останні здобутки необхідно підстроювати умови даного господарства.

Для складання технологічної карти необхідні такі первинні дані: назва культури; попередники; площа, на якій планується вирощування даної культури, га; планова врожайність культури (основної і побічної), т/га; норми витрати, кг/га: насіння, розчинів пестицидів; норми внесення добрив

(мінеральних і органічних), т/га; відстань перевезення, км: насіння, органічних і мінеральних добрив, розчинів пестицидів, основної і побічної продукції. Крім того, необхідно враховувати стійкість ґрунтів до вітрової або водної ерозії, ступінь забур'яненості та переважаючих видів бур'янів.

Технологічні операції в карті необхідно записувати в порядку послідовності їх виконання. При складанні технологічної карти доцільно виділити окремі технологічні цикли, що об'єднують сукупність операцій зі спільними кінцевими завданнями (основний обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю і післязбиральний обробіток врожаю). Операції в технологічному циклі взаємопов'язані агротехнічними вимогами і часовими рамками. Часто технологічні цикли мають альтернативні варіанти. Це вимагає оцінки показників окремого циклу і вибору раціонального для конкретних умов варіанту.

Для сумісних операцій календарні строки повинні бути однакові. Наприклад, підвезення насіння, мінеральних добрив та сівба; збирання транспортування врожаю.

Визначаємо умови для складання технологічної карти. Площа поля становить 150 га, з величиною схилів 0 % прямокутної форми з довжиною гонів 1000 м. Попередником є озима пшениця, після якої проводять лущення. Технологічний цикл по основному обробітку ґрунту включає внесення мінеральних добрив 300 кг/га. Весняні роботи включають закриття вологи, підготовка ґрунту, боротьба з бур'янами. Один із основних циклів технологічної карти – посів з внесенням мінеральних добрив. Догляд за посівами включає досходове боронування, післясходове боронування, культивування міжрядь.

Завершується технологічна карта збиранням врожаю. Така базова технологія дає урожайність продукції 25 ц/га. Заповнення технологічної карти здійснюється як безпосередньо, так і здійснюючи певні розрахунки.

В графу 1 “Шифр операції” проставляють порядковий номер сільськогосподарської операції: 1.

Перелік операцій, необхідних для вирощування і збирання сільськогосподарської культури записують в графу 2.

“Обсяг робіт у фізичних одиницях” (графу 3) визначається в залежності від типу агрегату:

- для технологічних агрегатів (оранка, культивування, збирання врожаю)

$$\Omega = F \cdot k, \text{ га} \quad (3.1)$$

- для навантажувальних

$$\Omega = F \cdot q_m, \text{ т} \quad (3.2)$$

- для транспортних

$$\Omega = F \cdot q_m \cdot L_n, \text{ т-км} \quad (3.3)$$

де F – площа вирощування сільськогосподарської культури, га;

k – коефіцієнт кратності виконання операцій;

q_m – норма витрати технологічних матеріалів, ц/га;

L_n – відстань перевезення, км.

Дата початку роботи D_n та її тривалість обумовлюється агротехнікою вирощування сільськогосподарської культури і записується у графі 4 і 5. Для лущення ґрунту ці строки становитимуть: початок роботи – 12.VIII, тривалість роботи – 10 днів.

Роботу агрегатів рекомендується планувати в дві зміни. Тривалість зміни $T_{зм}$ при виконанні найбільш важливих і термінових робіт допускається продовжувати робочу зміну до 10 год. Коефіцієнт змінності $K_{зм}$ (графу 6) підраховують за формулою:

$$K_{зм} = T_d / T_{зм} \quad (3.4)$$

де T_d – тривалість роботи агрегату за добу.

В графу 11 записують витрату палива g_n на одиницю роботи. Витрату палива визначають з типових норм виробітку, або підраховують за формулою:

$$g_n = N_{ен} \cdot q_e \cdot K_3 / W_{зм}, \quad (3.5)$$

де $N_{\text{ен}}$ – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт;

$q_{\text{с}}$ – питома витрата палива двигуном трактора, кг/кВт-год.;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт завантаження двигуна.

Норма витрати технологічних матеріалів їм (органічні та мінеральні добрива, насіння, пестицидів тощо) визначаються агротехнікою вирощування сільськогосподарської культури. Ці дані записують в графу 12. Для агрегату лушення стерні технологічні витрати не передбачаються.

Кількість механізаторів $m_{\text{м}}$ і допоміжних робітників $m_{\text{д}}$, які обслуговують агрегат (графи 13 і 14), визначають в залежності від його складу і рекомендації заводів-виробників машин. Лушення ґрунту передбачається одним механізатором.

В графу 15 записують значення годинної еталонної продуктивності трактора λ .

Необхідну, для виконання запланованого обсягу робіт, кількість агрегатів $n_{\text{а}}$ визначаються по формулі

$$n_{\text{а}} = \Omega / W_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot D_{\text{р}}. \quad (3.6)$$

Отримане значення записують в графу 16 технологічної карти.

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота (графа 17), підраховують діленням обсягу Ω (графа 3) на кількість агрегатів $n_{\text{а}}$ (графа 13) та добову продуктивність агрегату $W_{\text{д}}$, тобто

$$D_{\text{ф}} = \Omega / n_{\text{а}} \cdot W_{\text{д}} = \Omega / n_{\text{а}} \cdot W_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} \quad (3.7)$$

Поділивши обсяг роботи Ω (графа 3) на нормативну змінну продуктивність агрегату $W_{\text{зм}}$ (графа 10), отримують число нормо-змін $N_{\text{зм}}$ (графа 18) необхідних для виконання роботи.

$$N_{\text{зм}} = \frac{\Omega}{W_{\text{зм}}} \quad (3.8)$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначають за формулами:

$$n_M = m_M \cdot n_a \cdot K_{зМ} \quad (3.9)$$

$$n_D = m_D \cdot n_a \cdot K_{зМ} \quad (3.10)$$

де n_M і n_D – відповідно кількість механізаторів (графа 19) та допоміжних робітників (графа 20).

В графу 21 записують кількість палива, необхідну для виконання роботи

$$G_{\Pi} = \Omega \cdot g_{\Pi} \quad (3.11)$$

В графу 22 записують необхідну кількість технологічних матеріалів для виконання роботи

$$G_M = \Omega \cdot g_M$$

Затрати праці на виконання роботи (графа 23) підраховують за формулою

$$Z_{\Pi} = (n_M + n_D) \cdot N_{зМ} \cdot T_{зМ} \quad (3.12)$$

Виробіток машинно-тракторного агрегату в умовних одиницях W_y (графа 24) визначають, помноживши значення годинної еталонної продуктивності λ (графа 15) на кількість відпрацьованих нормо-змін $N_{зМ}$ (графа 18) та тривалість зміни $T_{зМ}$, тобто

$$W_y = \lambda \cdot N_{зМ} \cdot T_{зМ} \quad (3.13)$$

Розрахунок показників технологічної карти покажемо на прикладі операції “Лущення стерні”.

В графу 1 „Шифр операції” проставляємо номер 1. В графу 2 записуємо назву роботи „Лущення”. В графу 3 „Обсяг робіт” записуємо площу поля 150 га.

Дату початку роботи (графа 4) орієнтовно 20.07. Тривалість роботи (графа 5) обумовлюється агротехнікою, і відповідно до агротехнічних вимог ставиться 5 днів. Роботу агрегатів при луценні стерні плануємо в дві зміни. Тоді тривалість роботи агрегату за добу T_p , становить 14 годин. Склад вибраного машинно-тракторного агрегату Т-150+ЛДГ-15 записуємо в 7 і 8 графу технологічної карти. Змінну норму виробітку 57,3 га/зм. (графа 10) та витрату палива на одиницю роботи $q_n = 2,8$ л/га. (графа 11) визначаємо з довідника. При луценні стерні, технологічні матеріали не витрачаються, тому в графу 12 не записуємо цифрових значень. Необхідну для виконання запланованого обсягу робіт, кількість агрегатів n_a (графа 16) визначаємо по формулі

$$n_a = 150 / 57,3 \cdot 2 \cdot 5 = 0,3.$$

Приймаємо $n_a = 1$ агрегат.

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота (графа 17), підраховують діленням обсягу Ω (графа 3) на кількість агрегатів n_a (графа 13) та добову продуктивність агрегату W_d , тобто

$$D_\phi = 150 / 1 \cdot 57,3 \cdot 2 = 1,3 \text{ днів.}$$

Приймаємо 1 день.

Підраховуємо кількість відпрацьованих нормозмін

$$N_{зм} = 150 / 57,3 = 2,6$$

Для луцення стерні умовний виробіток становитиме

$$W_y = 1,65 \cdot 2,6 \cdot 7 = 30 \text{ у.е.га.}$$

Аналогічно виконавши розрахунки для інших операцій технологічного процесу, їх значення записуємо в технологічну карту.

3.2 Побудова графіка використання тракторів і машин

При побудові графіка використання тракторів по осі абсцис відкладаємо заданий календарний період виконання польових механізованих робіт, а по осі ординат – установлену розрахунком кількість тракторів відповідних марок, що необхідна для виконання запланованого обсягу робіт по операції. Кожній операції на графіку відповідає один прямокутник, основою якого тривалість виконання операції в календарних днях, а висотою – кількість тракторів, зайнятих на виконанні даної операції [23, 24].

Графіки використання всіх запланованих марок тракторів будуємо на одному аркуші та на одній календарній шкалі. Загальна висота їх у перерізу, перпендикулярному осі календарних днів, дорівнює в масштабі кількості тракторів, необхідних у даний момент для виконання запланованих робіт.

Кожний прямокутник кодуємо номером тієї операції, на виконання якої запланований даний трактор.

Побудова графіків використання тракторів, одночасно з визначенням комплексу машин для виконання циклу механізованих робіт, дає можливість визначити завантаження всього тракторного парку підрозділу в заплановані календарні строки виконання будь-якої операції: які трактори і скільки уже заплановано до використання у ці ж строки, які на скільки ще вільні. Це дозволяє ще на ранній стадії складання плану виконання робіт та проведення відповідних розрахунків виявити грубі прорахунки в розподілі тракторів за операціями та помилки в розрахунках, встановити причину підвищеної потреби в тракторах та механізаторах і визначити, яким чином зменшити цю потребу: або “передати роботу” на другу, менш завантажену марку трактора, якщо він може якісно виконати даний вид роботи, або збільшенням тривалості робочого дня в цей період, або зміною інтенсивності роботи в межах агростроку, або зміною виконання процесу.

Після побудови графіка використання тракторів та його коригування по ньому візуально визначаємо найбільшу кількість тракторів кожної марки, що

одночасно зайняті на виконанні механізованих робіт, яку й приймаємо за потребу в них.

Одночасно або після побудови графіка використання тракторів будуємо графік використання сільськогосподарських машин. Для цього по осі абсцис графіка відкладаємо, як і в першому випадку, календарні дати, а по осі ординат – найменування та марку сільськогосподарських машин та сумарну потребу в цих машинах. Використання сільськогосподарських машин на цих графіках позначаємо лінією, паралельною осі абсцис, довжина якої у відповідному масштабі дорівнює розрахунковій тривалості роботи сільськогосподарської машини на виконанні технологічної операції. Над лінією проставляємо розрахункову кількість тих машин, що використовуємо на даній операції, а під лінією – номер цієї операції в переліку запланованих робіт на даному полі сівозміни.

Після побудови графіка по ньому визначаємо найбільшу кількість сільськогосподарських машин кожної марки, одночасно зайнятих на виконанні технологічних операцій, яку й приймають за потребу в них.

4 УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБАЙНА І ЙОГО РОЗРАХУНКИ

4.1 Обґрунтування конструкції молотильно-сепаруючого пристрою

Зернозбиральний комбайн є основною збиральною машиною, від роботи якого в найбільшій мірі залежить якість і кількість зібраної продукції. Безпосереднє завдання обмолоту гороху полягає у вивільненні зерна із оболонки, яка затримує його в бобі, завдяки розриву зв'язку між зерном і бобом.

Аналіз роботи молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів, виконаних по класичній схемі (бильний барабан – клавішний соломотряс) свідчить, що через жорсткі умови роботи вузла "барабан - підбарабання", пошкоджується і подрібнюється значна частина зерна. Застосування двохбарабаних молотильних пристроїв знижує жорсткість роботи вузла "барабан - підбарабання", проте також призводить до пошкодження зерна, величина яких при збиранні озимої пшениці і жита сягає 5%, а при збиранні ярої пшениці, гороху - 4,2% всього зібраного врожаю [15]. Зерно з мікропошкодженнями має знижені товарні і посівні властивості, сівба таким зерном значно знижує врожайність.

Всю кількість зерна, яка знаходиться в молотильному апараті в момент обмолоту, можна умовно розділити на три складових:

- x – кількість необмолочених зернин у молотильному зазорі;
- y – кількість обмолочених вільних зернин у зазорі;
- z – кількість зернин, які пройшли через отвори підбарабання.

В результаті досліджень визначено інтенсивність сепарації зерна в залежності від часу впливу барабана на хлібну масу (рис. 4.1).

Встановлено, що кількість ударів – визначальний критерій вимолоту. Із збільшенням кількості ударів коефіцієнт недомолоту монотонно зменшується.

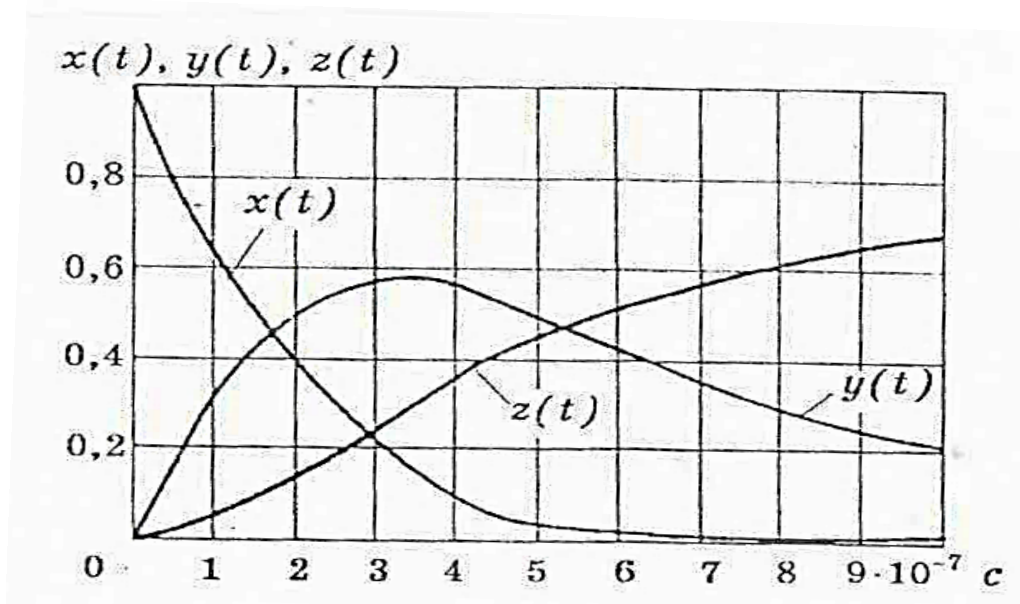


Рисунок 4.1 – Інтенсивність сепарації зерна в залежності від часу впливу барабана на хлібну масу [17]

В серійних комбайнах для сепарації грубого вороху застосовують клавішні соломотряси які мають великі габаритні розміри, транспортують оброблюваний матеріал товстим шаром, що спричиняє погану сепарацію зерна, особливо при підвищеній вологості соломи, і зниження пропускнуої здатності молотильного апарату в межах 35-50% [15]. Якісна робота клавішних соломотрясів, крім того, значно залежить від коливань частоти обертання колінчастого валу соломотряса.

При зниженні частоти обертання барабана, збільшується товщина вороху на соломотрясі, знижується інтенсивність сепарування і втрати за соломотрясом зростають в кілька разів і сягають 3% та більше. Для стабільності частоти обертання колінчастого валу соломотряса на комбайнах встановлюють двигун, потужність якого перевищує необхідну на 15-20%.

Іншим, важливим недоліком сучасного зернозбирального комбайна є велика його металоємність. Недосконалість конструкцій комбайнів, високий рівень затрат на його виробництво та експлуатацію є основою для удосконалення комбайна. Аналіз розвитку вітчизняних і закордонних

комбайнів свідчить про невпинне зростання їх пропускної здатності. Проте збільшення пропускної здатності досягається в основному за рахунок збільшення габаритних розмірів. Можливість інтенсифікації існуючих молотильно-сепарувальних пристроїв вичерпані. При підвищенні подачі хлібної маси, сепарація зерна через деку молотильного барабана різко зменшується, зростає величина недомолоту і пошкодження зерна. Соломотряс не справляється з роботою і загальні втрати за комбайном зростають (вільне зерно залишається в соломі, підвищується кількість недомолоту в колосках, бобах, волоті).

Перспективними є молотильно-сепаруючі пристрої, які враховують біологічні особливості культури, більш пристосовані для застосування засобів автоматизації.

Одним з шляхів усунення вказаних недоліків зернозбирального комбайна є застосування роторного молотильно-сепаруючого пристрою (рис. 4.2).

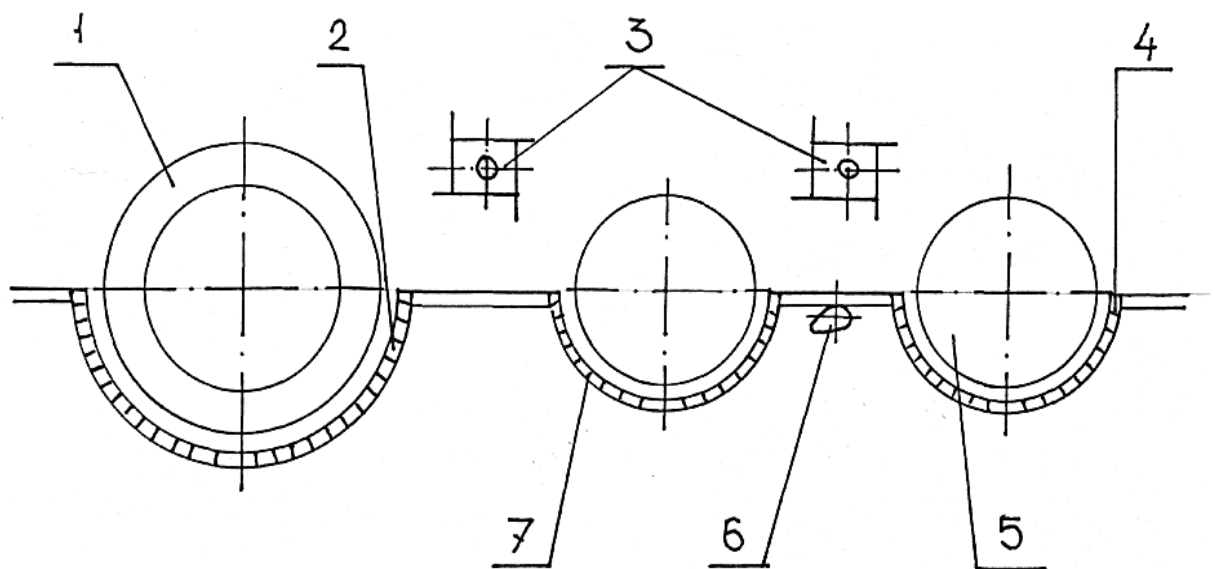


Рисунок 4.2 - Схема молотильно-сепаруючого пристрою роторного типу:

1 - молотильний барабан; 2 - підбарабання; 3 - відбійний бітер;

4 - решітка; 5 - ротор; 6 - кулачковий вал; 7 - решітка

Пропонований пристрій складається з рухомої решітки 4, двох роторів 5 з бітерами 3 і решіток 7, встановлених під роторами. Ці робочі органи утворюють єдиний блок, який можна встановити на комбайні, попередньо демонтувавши соломотряс. Ротор складається з вала, який обертається на двох підшипниках, встановлених в боковинах блоку. На валу встановлені три диски приварені до маточин. До ободів дисків болтами прикріплені лопаті з відсікачами. Деталі роторів мають однакову будову і розміри. Замість пасивної решітки комбайна пропонується активна решітка, передня частина якої з'єднана з підбарабанням, а задня спирається на ексцентрик приводного вала. Пружина притискає решітку до поверхні кулачків. Перший по ходу комбайна бітер аналогічний існуючому, а на вал другого - радіально приварені лопаті відігнуті в напрямку обертання. Вал і підшипники другого бітера уніфіковані з серійними виробами.

Технологічний процес обмолоту в пропонованому молотильно-сепаруючому пристрої полягає в наступному: зерно-стеблова маса обмолочується в молотильному пристрої бильного типу. Зерно і дрібний ворох провалюються під деку барабана, а грубий ворох з вільним зерном і недомолоченими бобами відбійним бітером подається на ротори сепаратора, які домолочують масу і сепарують вільне зерно.

Процес сепарації протікає наступним чином: ротори захвачують лопастями грубий ворох і проносять його над декою. При цьому великі частинки вороху послідовно захвачуються відсікачами роторів, а зерно і дрібний ворох проходять через решітку і виводяться із зони сепарації в зону очистки, а солома скидається в копнувач.

4.2 Розрахунок параметрів робочих органів

Обґрунтування довжини, частоти обертання і діаметра роторів.

Довжину роторів приймаємо рівну ширині молотильної камери, тобто $L_p = 1200$ мм. Діаметр ротора суттєво впливає на інтенсивність процесу сепарування. Так, при діаметрі ротора $D \geq 350$ мм, сепарація проходить

інтенсивно, проте при цьому значна кількість зерна травмується. При діаметрі ротора $D > 600$ мм процес сепарації відбувається менш інтенсивно, але при цьому не травмується зерно. Виходячи з вище викладеного приймаємо діаметр ротора $D = 500$ мм.

Аналіз існуючих роторних сепараторів, робочий процес яких полягає в застосуванні відцентрових сил свідчить, що при відцентровому прискоренні ротора $7 - 17g$, виділення зерна з соломи неефективне. Це пояснюється тим, що кінетична енергія зерна недостатня для того, щоб подолати опір соломистого вороху і виділитися з нього. Мале відцентрове прискорення не викликає необхідного переміщення стебел соломи одне відносно іншого, що також погіршує сепарацію. При відцентрових прискореннях до $35g$, соломистий ворох під дією зовнішніх сил ущільнюється, що також погіршує виділення з нього зерна.

Найбільш оптимальна кутова швидкість роторів, без встановлення відсікачів, знаходиться в межах $11,4 < \omega < 51,9$ рад/с. Проте такі режими, як показує аналіз, застосовувалися при невеликих подачах стебло-зернової маси. Щоб забезпечити ефективність сепарації при подачі 10 кг/с, необхідно збільшити частоту обертання ротора. Для забезпечення переміщення маси і запобігання ущільнення, на лопатях роторів встановлені по гвинтовій лінії відсікачі.

Для виключення подрібнення зерна, швидкість його удару об поверхню робочих органів не повинна перевищувати $37,5$ м/с.

Швидкість лопаті при ударі визначимо по формулі:

$$V_L = \frac{\varepsilon V_1 + V_2}{1 + \varepsilon}, \quad (4.1)$$

де ε - коефіцієнт відновлення при ударі, $\varepsilon = 0,6$ [15];

V_1, V_2 - відповідно, швидкість зерна до та після удару, м/с.

Підставивши значення, отримаємо

$$V_{\text{Л}} = \frac{31,84}{1,06} = 19,6 \text{ м/с.}$$

Визначимо кутову швидкість ротора:

$$\omega = \frac{V_{\text{Л}}}{r} \quad (4.2)$$

де r - радіус ротора, $r = 0,25$ м.

$$\omega = \frac{19,6}{0,25} = 79,6 \text{ рад/с.}$$

Частота обертання ротора:

$$n = \frac{\omega}{2\pi}, \quad (4.3)$$

$$n = \frac{79,6}{2 \times 3,14} = 12,7 \text{ с}^{-1}.$$

Розрахунок кута встановлення лопастей і відсікачів. Для того щоб ворох рухався по лопаті необхідно, щоб сума проекції нормальних реакції і сили інерції була більшою сили тертя (рис. 4.3).

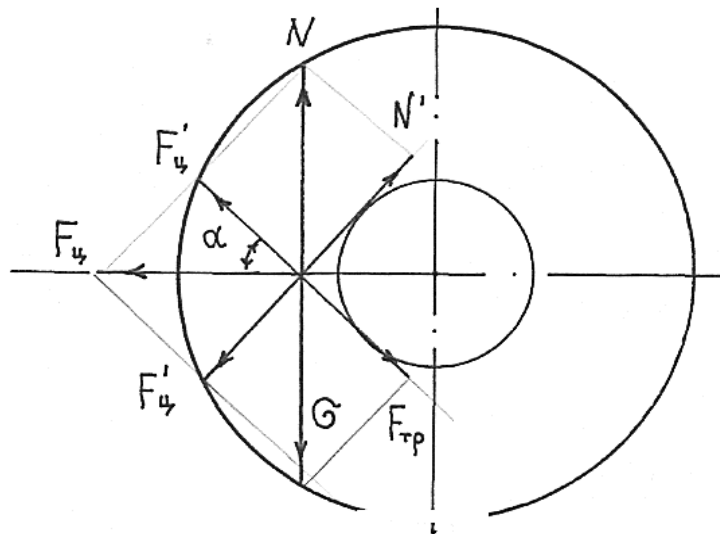


Рисунок 4.3 - Схема сил, діючих на зерно

З цієї умови визначаємо кут встановлення лопаті за формулою:

$$\alpha \geq \arctg \frac{-\omega^2 \times r - g \times \varphi}{-g - \varphi \times \omega^2 \times r} \quad (4.4)$$

де r - відстань від центра ротора до зернини, м; $r = 0,13$ м;

φ - коефіцієнт тертя зерна по сталі, при вологості зерна 40%, $\varphi = 0,839$.

Підставивши значення, отримаємо

$$\alpha = \arctg \frac{-79,6^2 \times 0,13 - 9,81 \times 0,839}{-9,81 - 79,6^2 \times 0,13 \times 0,839} = 50^\circ.$$

Критерієм для розрахунку кількості лопастей на роторі є пропускна здатність молотильного апарату комбайна. З врахуванням конструктивних змін молотильно-сепаруючого пристрою, максимальне значення цієї величини

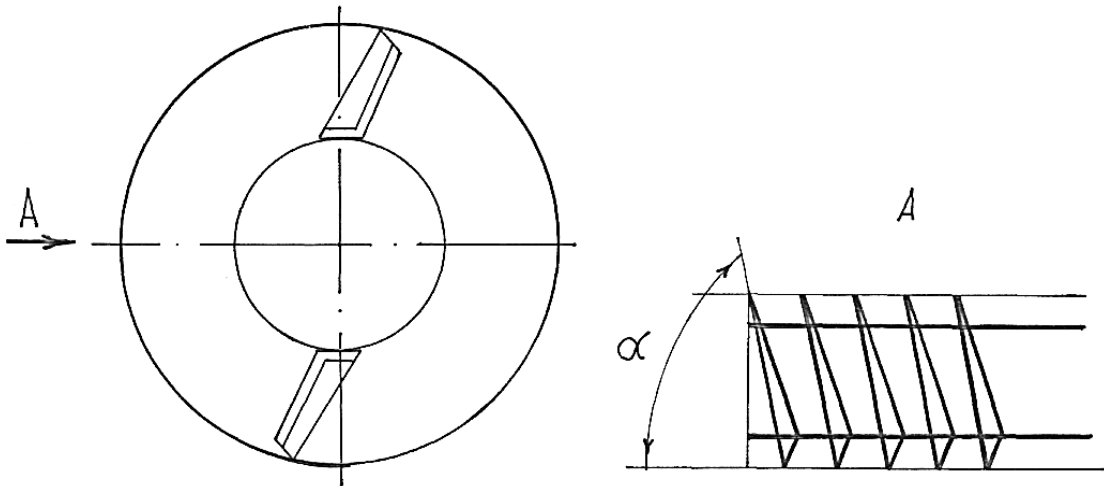


Рисунок 4.4 - Схема встановлення лопатей ротора

приймаємо 6,5 кг/с, а коефіцієнт солемистості, з врахуванням розрахунків виконаних раніше, становить 1,5.

Масу зерна, що надходить до ротора за одну секунду визначимо по формулі:

$$m_3 = \frac{1}{5} \frac{q \times q_3}{q_3 + q_c} \quad (4.5)$$

де q - пропускна здатність молотильного апарату, $q = 6,5$ кг/с;

q_3 і q_c – відповідно, маса зерна і соломи, що міститься в зерностебловій масі, кг.

$$q_3 = 1 \text{ кг}, q_c = 1,5 \text{ кг.}$$

$$m_3 = \frac{1 \cdot 6,5 \times 1}{5 \cdot 1 + 1,5} = 0,51 \text{ кг/с}$$

Масу зерна, що надходить до ротора за одну секунду визначимо аналогічно

$$m_c = \frac{q q_c}{q_3 + q_c} \quad (4.6)$$

$$m_c = \frac{6,5 \times 1,5}{1 + 1,5} = 3,9 \text{ кг/с.}$$

Кількість грубого вороху, який поступає на ротор за один оберт, визначаємо по формулі:

$$m_g = \frac{m_3 + m_c}{n_p}, \quad (4.7)$$

де n_p - частота обертання ротора, с^{-1} , $n_p = 12,7 \text{ с}^{-1}$.

$$m_g = \frac{0,51 + 0,39}{12,7} = 0,3 \text{ кг/с.}$$

Встановлено [15], що товщина шару зерна на одній лопаті не повинна перевищувати 5 мм. Визначимо допустимий об'єм зерна з дрібним ворохом на одній лопаті:

$$V = L \times h \times \delta_g \quad (4.8)$$

де L - довжина лопаті ротора, $L = 1,2$ м;

h - ширина лопаті, $h = 0,12$ м;

δ_g - допустима товщина шару вороху на лопаті, $\delta_g = 0,005$ м.

$$V = 1,20 \times 0,12 \times 0,005 = 0,00072 \text{ м}^3.$$

Необхідну кількість лопастей визначимо по формулі:

$$Z = \frac{m_d}{P \times V} \quad (4.9)$$

де P - щільність шару зерна з дрібним ворохом, $P = 50 \text{ кг/м}^3$.

$$Z = \frac{0,28}{50 \times 0,00072} = 7,8.$$

Приймаємо 8 лопатей.

Визначення необхідної кількості роторів. Необхідну кількість роторів визначаємо з умови повної сепарації зерна роторами з бобів і грубого вороху. Приймаємо, що кожний ротор забезпечує сепарацію 96% зерна, яке поступає на нього. Тоді, маса зерна що сепарується на першому роторі

$$m_{z1} = \frac{96 \times m_z}{100} \quad (4.10)$$

$$m_{z1} = \frac{96 \times 0,51}{100} = 0,48 \text{ кг/с.}$$

На другий ротор поступить $m_{z2} = m_{z1} - m_z = 0,51 - 0,48 = 0,03 \text{ кг/с}$. Маса зерна, що сепарується на другому роторі становить

$$m_{z2}^{\bullet\bullet} = \frac{0,03 \times 96}{100} = 0,028 \text{ кг/с.}$$

Маса зерна, що залишилась у воросі

$$m_{z3} = m_{z2} - m_{z2}^{\bullet\bullet} = 0,03 + 0,028 = 0,0012 \text{ кг/с.}$$

Кількість невимолоченого і невиділеного зерна становить 0,03 %, що

відповідає агротехнічним вимогам, отже приймаємо 2 ротори.

Для розрахунку відстані між роторами скористаємося схемою (рис. 4.5). Грубий ворох після виходу з молотильного апарату має незначну швидкість (10-12 м/с), тоді відбійний бітер встановлюємо так, щоб потік маси яка виходить з молотильного апарату рухався до бітера у вертикальному напрямку. Параметри і режими роботи бітера приймаємо такими ж як і в комбайна (кутова швидкість $\omega_6 = 88,4$ рад/с, діаметр бітера $D_6 = 390$ мм).

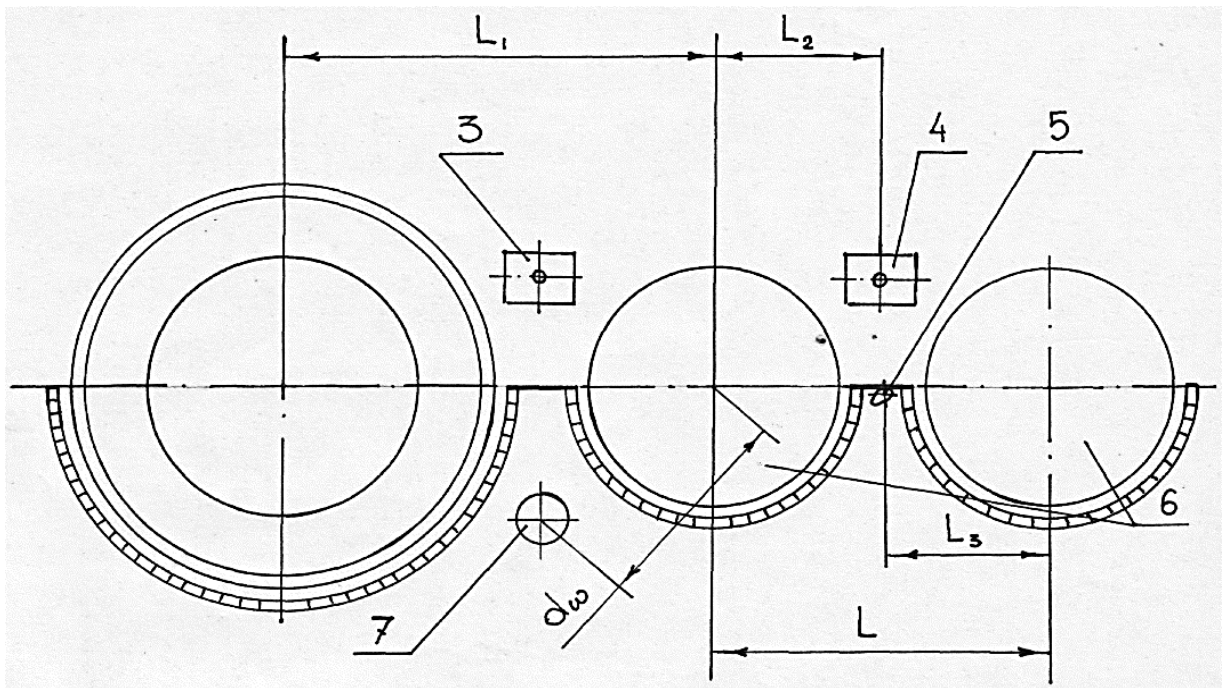


Рисунок 4.5 - Схема розстановки роторів і бітерів пристрою:

1-підбарання; 2 - барабан; 3,4 - бітери; 5 - ексцентрик приводу решітки; 6 - ротор; 7- привідний вал

Перший ротор встановлюємо таким чином, щоб грубий ворох бітером спрямовувався на його лопаті, що забезпечується при відстані $L_1 = 860$ мм між віссю молотильного барабана і віссю ротора. Відстань між осями роторів визначимо по формулі:

$$L = \frac{D_1 + D_2}{2} + L_{\text{Л}} \quad (4.11)$$

де D_1 і D_2 - відповідно, діаметри першого та другого роторів;

$L_{\text{л}}$ - відстань між крайніми лопастями на суміжних роторах, $L_{\text{л}} = 400$ мм.

$$L = \frac{500+500}{2} + 400 = 900 \text{ мм.}$$

Амплітуду коливань решітки, з технологічних міркувань, приймаємо 50 мм.

Енергетичний розрахунок. Потужність, яка необхідна для приводу молотильного барабану і роторів можна визначити за формулою:

$$N_{\text{МП}} = N_{\text{б}} + N_{\text{р}} \quad (4.12)$$

де $N_{\text{б}}$ - потужність на привід барабана, кВт;

$N_{\text{р}}$ — потужність на привід роторів, кВт.

Потужність на привід барабана витрачається на обмолочування зерно стеблової маси $N_{\text{об}}$, і на холостий хід $N_{\text{хх}}$, тобто

$$N_{\text{б}} = N_{\text{об}} + N_{\text{хх}}. \quad (4.13)$$

Потужність на холостий хід визначимо по формулі:

$$N_{\text{хх}} = K\omega + K_{\text{п}}\omega^3, \quad (4.14)$$

де K - коефіцієнт враховуючий опір в підшипниках, для більшого барабана

$$K = 0,4 \text{ Нм};$$

$K_{\text{п}}$ - коефіцієнт, враховуючий опір повітря, $K_{\text{п}} = 0,9 \times 10^{-3}$ Нм.

$$N_{\text{хх}} = 0,4 \cdot 105 + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 105^3 = 1083,8 \text{ Вт або } 1,09 \text{ кВт.}$$

Потужність що витрачається на обмолот визначаємо по формулі Горячкіна:

$$N_{об} = \frac{q_c \times n_{\bar{o}}}{1-f} \quad (4.15)$$

де $n_{\bar{o}}$ — колова швидкість молотильного барабана, м/с;

f - коефіцієнт, враховуючий тип барабана, $f = 0,7$ [15].

Колова швидкість обертання барабана:

$$n_{\bar{o}} = \omega \times r \quad (4.16)$$

де r - радіус молотильного барабана, м, $r = 0,3$ м.

Тоді,

$$N_{об} = \frac{6,5 \times 105 \times 0,3}{1 - 0,7} = 22,7 \text{ кВт}.$$

Потужність на привід роторів дорівнює сумі потужностей на холостий хід роторів (N_{xp}) та на сепарацію зерна (N_{cen}), тобто

$$N_p = N_{cen} + N_{xx} \quad (4.17)$$

$$N_{xx} = 0,03[1 + 0,7(Z_p - 1)]n_p \quad (4.18)$$

де Z_p - число роторів, $Z_p = 2$;

n_p - колова швидкість ротора, $n_p = 20$ м/с.

$$N_{xx} = 0,03[1 + 0,7(2 - 1)]20 = 0,74 \text{ кВт}.$$

Витрати потужності на сепарацію зерна підраховуємо по формулі[13]:

$$N_{cen} = \sum_{t=1}^{t=Z_p} \frac{10^{-4} m_t n_p^2}{(1 - f_t)} \quad (4.19)$$

де m_t - секундна маса вороху, яка переробляється ротором,

$m_1 = 4,01$ кг/с, $m_2 = 3,92$ кг/с; f_1 - опір решітки під ротором, $f_1 = 0,5$, $f_2 = 0,3$.

$$N_{cen} = \frac{4,01 \times 20^2}{1-0,5} + \frac{3,92 \times 20^2}{1-0,3} = 5,9 \text{ кВт} .$$

$$N_p = 0,74 + 5,9 = 6,64 \text{ кВт} .$$

Загальна потужність двигуна комбайна необхідна для роботи молотильно-сепаруючого пристрою становить

$$N_{МП} = 22,7 + 1,09 + 6,64 + 0,5 = 30,94 \text{ кВт} .$$

Виконані розрахунки свідчать, що потужність, необхідна для роботи пропонованого молотильно-сепаруючого пристрою не перевищує потужності, що витрачається на обмолот і сепарацію зерна, серійного зернозбирального комбайна.

Обґрунтування і розрахунок приводу роторів. Клинопасова передача відрізняється безшумністю, плавністю роботи, може працювати як запобіжний елемент при перевантаженнях, дозволяє передавати великі потужності, проста у виготовленні та експлуатації. Виходячи з перерахованих переваг, приймаємо для приводу роторів клинопасову передачу. Вихідними даними для розрахунку параметрів передачі приймаємо: потужність, яка передається на перший ротор; потужність, яка передається на другий ротор; частота обертання головного приводного вала комбайна; частота обертання валів роторів.

Для передачі потужності на перший ротор приймаємо [15,17] пас перерізом В, а для передачі на другий ротор - перерізом Б. Швидкість паса визначаємо по формулі [15]:

$$n = \frac{\omega D}{2}, \quad (4.20)$$

де D - діаметр ведучого шківа валу ротора, м.

Для першого ротора приймаємо $D_1 = 0,315$ м, а для другого – $D_2 = 0,18$ м [15]. Тоді,

$$n_1 = \frac{79,6 \times 0,315}{2} = 12,5 \text{ м/с, а}$$

$$n_2 = \frac{79,6 \times 0,18}{2} = 7,8 \text{ м/с.}$$

Можливу, орієнтовну кількість пасів для приводу роторів визначаємо по формулі:

$$Z_p = \frac{10^4 \pi N K}{30 S D \omega_p}, \quad (4.21)$$

де N - потужність приводу вала ротора, кВт.

S - площа поперечного перерізу паса, см^2 .

K - коефіцієнт, враховуючий напруження в пасах від попереднього їх натягу, $K = 9$ [15].

Для першого ротора $N_1 = 6,64$ кВт, для другого - $N_2 = 3,05$ кВт. В паса типу В, $S = 2,3 \text{ см}^2$, а в паса типу Б - $S = 1,4 \text{ см}^2$.

$$Z_1 = \frac{10^4 \times 3,14 \times 6,64 \times 9}{30 \times 2,3 \times 0,315 \times 79,6} = 1,08.$$

$$Z_2 = \frac{10^4 \times 3,14 \times 3,05 \times 9}{30 \times 1,4 \times 0,18 \times 79,6} = 1,4.$$

Приймаємо, $Z_1 = 2$ і $Z_2 = 2$. Діаметри ведених шківів приймаємо такими ж як і діаметри ведучих, тобто $0,315$ і $0,18$ м. В цьому випадку, передаточне відношення передачі буде дорівнювати 1. Діаметр натяжного шківа визначаємо по формулі [15]:

$$D_n = (0,75 \dots 1,0) D \quad (4.22)$$

$$D_{n1} = (0,75 \dots 1,0) \times 0,315 = 0,215 \dots 0,375 \text{ м.}$$

$$D_{n2} = (0,75 \dots 1,0) \times 0,18 = 0,115 \dots 0,180 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_{H1} = 200$ мм, $D_{H2} = 100$ мм.

Міжосьова відстань для першої передачі $a_{\omega 1} = 0,60$ м, для другої передачі $a_{\omega 2} = 0,90$ м, а для третьої - $a_{\omega 3} = 0,45$ м. Розрахункову довжину паса визначимо по формулі:

$$L_{\Pi} = 2(a_{\omega} + 2h) + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2}, \quad (4.23)$$

де h - товщина паса, м.

$$L_{\Pi 1} = 2(0,9 + 2 \times 0,01) + \frac{3,14(0,18 + 0,18)}{2} = 2,4 \text{ м.}$$

$$L_{\Pi 2} = 2(0,6 + 2 \times 0,014) + \frac{3,14(0,315 + 0,315)}{2} = 2,24 \text{ м.}$$

Приймаємо $L_{\Pi 1} = 2,36$ м, $L_{\Pi 2} = 2,5$ м, $L_{\Pi 3} = 1,8$ м. Різницю в розрахунковій та дійсній довжині пасів можна ліквідувати з допомогою натяжних шківів.

Для визначення місця встановлення натяжних шківів підраховуємо величину міжосьових відстаней передач:

$$a_{\omega i} = (0,55 \dots 0,65)(D_i + D_{pi}) \quad (4.24)$$

де D_{pi} - діаметр натяжного шківа (ролика), м.

Для першої передачі $D_{p1} = 0,2$ м, для другої - $D_{p2} = 0,1$ м, тоді

$$a_{\omega 3} = (0,55 \dots 0,65) \times (0,315 + 0,20) = 0,28 \dots 0,34 \text{ м.}$$

$$a_{\omega 4} = (0,55 \dots 0,65) \times (0,18 + 0,10) = 0,095 \dots 0,182 \text{ м.}$$

приймаємо $a_{\omega 3} = 0,3$ м, $a_{\omega 4} = 0,18$ м.

Розрахунок вала лопаті ротора. Силу попереднього натягу паса визначимо по формулі:

$$F = \sigma_H S_t Z_t \quad (4.25)$$

де σ_H - напруження в пасі від попереднього натягу, МПа.

Z_t - кількість пасів, шт.

Для першої передачі $\sigma_{H1} = 1,78$ МПа, для другої $\sigma_{H2} = 2,6$ МПа.

$$F_1 = 1,78 \times 0,00023 \times 2 = 0,00082 \text{ МН} / \text{м} = 820 \text{ Н} .$$

$$F_2 = 2,0 \times 0,00014 \times 2 = 0,00056 \text{ МН} / \text{м} = 560 \text{ Н} .$$

Навантаження на вал визначимо з умови:

$$F_{ei} = 2F_{ni} \cos \frac{\gamma_i}{2}, \quad (4.26)$$

$$F_{e1} = 2 \times 820 \times 1 = 1640 \text{ Н}$$

$$F_{e2} = 2 \times 560 \times 1 = 1120 \text{ Н}$$

Навантаження на вал від маси оброблюваного продукту становить:

$$P = \frac{2N}{\omega D}, \quad (4.27)$$

$$P = \frac{2 \times 6,64}{79,6 \times 0,5} = 0,334 \text{ кН} .$$

Крутний момент на валу ротора визначимо по формулі

$$M_{kp} = \frac{N_p}{\omega} \quad (4.28)$$

$$M_{kp} = \frac{6,64}{79,6} = 0,083 \text{ кН} .$$

Діаметр вала визначимо для небезпечного перерізу по еквівалентному згинаючому моменту за формулою

$$M_{екв} = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}, \quad (4.29)$$

$$M_{екв} = \sqrt{182,5^2 + 83^2} = 20,5 \text{ Н} .$$

Підраховуємо діаметр вала

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{M_{екг}}{0,1[\sigma]_{зг}}}, \quad (4.30)$$

де $[\sigma]_{зг}$ - допустиме напруження при згинанні, $[\sigma]_{зг} = 28 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$.

Тоді,

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{200,5}{0,1 \times 28 \times 10^3}} = 0,06 \text{ м.}$$

Приймаємо $d_B = 60 \text{ мм}$.

Визначаємо силу діючу на ротор зі сторони оброблюваного матеріалу

$$F_{л} = \frac{N_p}{\omega_{л}} \quad (4.31)$$

де N_p - потужність, необхідна для подолання опору оброблюваного матеріалу, кВт, $N_p = 6,64 \text{ кВт}$;

$\omega_{л}$ - лінійна швидкість лопаті, с^{-1} , $\omega_{л} = 19,9 \text{ с}^{-1}$.

$$F_{л} = \frac{6,64}{19,9} = 0,33 \text{ кН}.$$

Складаємо розрахункову схему (рис. 4.6), з діючими на лопать силами. Будуємо епюри дотичної сили і крутного моменту.

Силу $F_{зп}$ визначаємо по формулі:

$$F_{зп} = \frac{M_{зг}}{r} \quad (4.32)$$

де r - радіус диска ротора, м. $r = 0,13 \text{ м}$.

$$F_{зп} = \frac{88}{0,13} = 677 \text{ Н}.$$

Силу F_p визначаємо з виразу

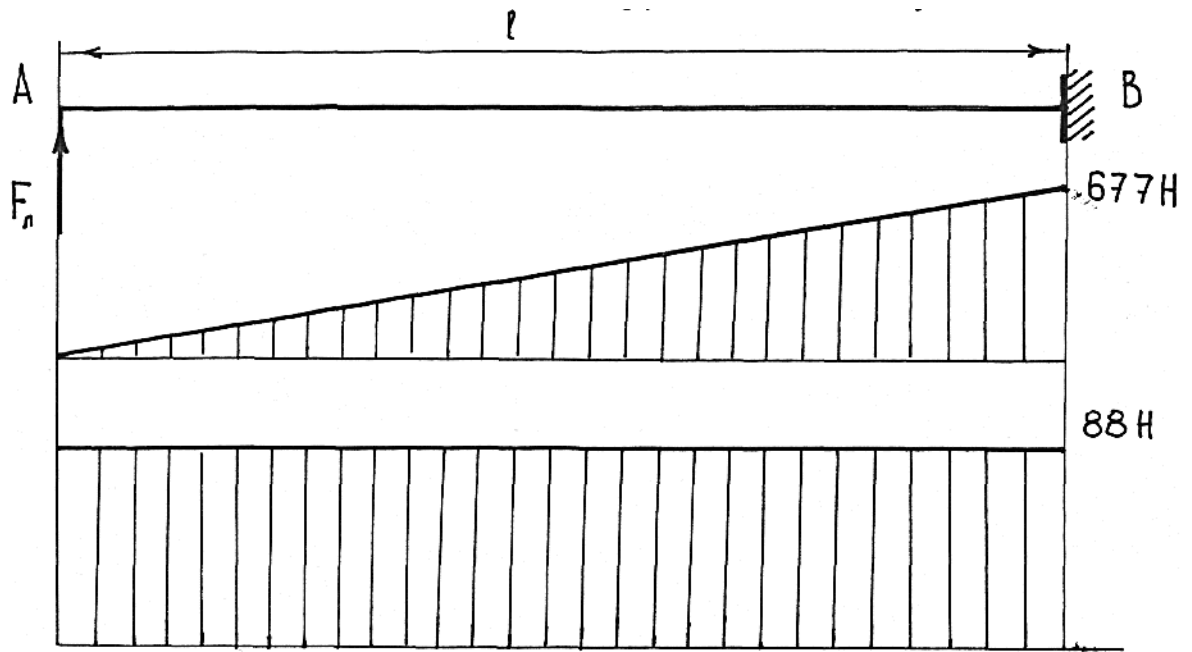


Рисунок 4.6 - Розрахункова схема лопаті вала

$$F_p = \frac{F \times I_1}{I_2} \quad (4.33)$$

$$F_p = \frac{330 \times 0,12}{0,01} = 3960 \text{ H}.$$

Визначаємо величину діючої на ротор відцентрової сили:

$$F_{\text{відц}} = m \times \omega^2 \times r, \quad (4.34)$$

де m - маса лопаті, $m = 26,2$ кг.

$$F_{\text{відц}} = 26,2 \times 79,6^2 \times 0,13 = 2158 \text{ H}.$$

Силу затяжки болта визначаємо по формулі:

$$F_{\text{зат}} = \frac{K \times F_{\text{зр}}}{r \times z_{\phi}} \quad (4.35)$$

де K - коефіцієнт, враховуючий запас надійності болтового з'єднання,

$$K = 1,5;$$

Z_6 - кількість болтів у з'єднанні, $Z_6 = 3$.

Тоді,

$$F_{зам} = \frac{677 \times 1,5}{0,13 \times 3} = 2600,4 \text{ Н} .$$

Сила діюча на болтове з'єднання дорівнює

$$F = 3960 + 21581 + 2600,4 = 28141,4 \text{ Н}.$$

Діаметр болта визначимо по формулі:

$$d_{\delta} = \sqrt{\frac{1,3 \times 4 \times F_{\delta s}}{\pi [\sigma]_p}} \quad (4.36)$$

де $[\sigma]_p$ - допустиме напруження на розтяг, $[\sigma]_p = 230 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$.

$$d_{\delta} = \sqrt{\frac{1,3 \times 4 \times 28141,4}{3,14 \times 230 \times 10^6}} = 0,0159 \text{ м} .$$

Приймаємо $d_{\delta} = 16 \text{ мм}$.

З врахуванням проведених розрахунків і отриманих результатів розробляємо конструкцію окремих вузлів і деталей удосконаленого молотильного апарату.

5 РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ГОРОХУ УДОСКОНАЛЕНИМ КОМБАЙНОМ

При визначенні технологічних показників приймаємо, що зернозбиральний комплекс складається з удосконаленого зернозбирального комбайна і причепа 2-ПТС-4-887А для збирання незернової частини врожаю.

Операційна карта на збирання основних зернових культур включає технологічні операції [22, 23, 24]:

- обкошування полів і розбивка їх на загінки;
- підбирання і обмолот прокосів і обкосів;
- оранка обкошених смуг;
- скошування хлібів в валки (роздільне збирання);
- підбирання і обмолочування валків (роздільне збирання);
- пряме комбайнування (однофазне збирання);
- транспортування зерна і соломи до місця зберігання.

До початку збирання проводяться роботи по підготовці поля – усувають або огороджують перешкоди, які заважають роботі агрегатів, усувають дрібне каміння і кущі, намічають під'їзди до поля. Грейдером в випадку необхідності вирівнюють дороги, які з'єднують транспортні магістралі з полями.

За 2-3 дні до збирання жнивваркою обкошують бокові сторони полів, поворотні смуги і ділять поле прокосами на загінки. Рекомендовані співвідношення сторін в загінках приведені в табл. 5.1 [22].

Для визначення ширини поворотної смуги необхідно знати кінематичну ширину і довжину зернозбирального комплексу. Кінематична довжина визначається за формулою:

$$L_3 = L_k + L_p, \quad (5.1)$$

Таблиця 5.1 - Оптимальні співвідношення сторін загінок

Довжина гонів, м	Співвідношення ширини і довжини загінки при ширині захвата жатки, м		
	10	6	5
600 - 1000	1 : 6	1 : 8	1 : 11
1000 - 1500	1 : 7	1 : 9	1 : 12
1500 - 2000	1 : 8	1 : 10	1 : 13

де L_k – кінематична довжина зернозбирального комбайна, м;

L_n – кінематична довжина причепа для збирання соломи, м.

$$L_3 = 12 + 6,1 = 18,1 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги для петлевого повороту визначається за формулою:

$$E_n = 3R + L_3, \quad (5.2)$$

де R – радіус повороту зернозбирального комплексу.

Ширина поворотної смуги буде дорівнювати:

$$E_n = 3 \cdot 8,9 + 18,1 = 54,0 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу при виконанні повороту при петльовому способі визначається за формулою:

$$L_x = 3R + 2(0,5 - 0,75)L_3, \quad (5.3)$$

$$L_x = 3 \cdot 8,9 + 2(0,5 \dots 0,75) 18,1 = 44,8 \dots 53,8 \text{ м.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо довжину холостого ходу при поворотах рівною 50 м. Довжина поля зернових становить 1000 м. Робоча довжина гонів визначається рівнянням:

$$L_p = L - 2 E_n. \quad (5.4)$$

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 54,0 = 892 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів збирального комплексу визначається за формулою:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}. \quad (5.5)$$

$$\varphi = \frac{892}{892 + 50} = 0,95.$$

Якщо прийняти, що швидкість руху комбайна на поворотах дорівнює робочій швидкості машини, то коефіцієнт тривалості поворотів визначається за формулою:

$$\tau_{нов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi}. \quad (5.6)$$

$$\tau_{нов} = \frac{1 - 0,95}{0,95} = 0,05.$$

Продуктивність зернозбирального комбайна визначається рівнянням:

$$W_z = 0,1 B_p V_p T_e, \quad (5.7)$$

де B_p – ширина захвату жатки, м;

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год.;

T_e – ефективна робота комбайна під навантаженням, год.

Баланс часу зміни роботи зернозбирального комбайна записується відомою формулою:

$$T_{зм} = T_e + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 \quad (5.8)$$

де T_1 – час маневрів і поворотів після робочого ходу;

T_2 – час технологічного обслуговування;

T_3 – час усунення технологічних відказів (усунення забивання робочих органів);

T_4 – час усунення технічних відказів;

T_5 – час на переведення комбайна в транспортне положення;

T_6 – час на переїзди;

T_7 – час на підготовку агрегату до роботи та отримання завдання;

T_8 – час на особисті потреби.

Ефективний час роботи зернозбирального комбайна:

$$T_e = T_{зм} - (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8); \quad (5.9)$$

Складові часу зміни визначаються або хронометражем, або по нормативних даних. Узагальнюючим показником впливу всіх факторів є коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{зм} = \frac{T_e}{T_{зм}} = \left(1 + \frac{V_p B_p \Pi_k}{V_x L_p} + \frac{W_{np} t_{техн}}{m_{ср}^B} + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \frac{\lambda_3}{\mu_3} + \frac{V_p B_p t_{нз}}{S_{зм}} \right) \quad (5.10)$$

де λ, μ - показники технологічної і технічної надійності;

S – змінний виробіток комбайна.

$$\tau_{зм} = \left(1 + \frac{7000 \cdot 6 \cdot 8,33}{6000 \cdot 1000} + \frac{10 \cdot 0,003}{5} + \frac{0,04}{0,166} + \frac{0,071}{2} + \frac{0,05}{0,5} + \frac{7000 \cdot 6 \cdot 1}{250000} \right)^{-1} = 0,059.$$

Оптимальна робоча швидкість комбайна, яка забезпечує ефективне використання молотарки через подачу хлібної маси визначається за формулою:

$$V_p = \frac{360 \cdot q_{он}}{B_p \cdot Q_3 \cdot (1 + \delta)}, \quad (5.11)$$

де Q_3 – урожайність;

δ - коефіцієнт солемистості.

Підставивши в (5.11), отримаємо:

$$V_p = \frac{360 \cdot 9}{6 \cdot 46 \cdot (1 + 1)} = 6,0 \text{ км/год.}$$

Підставляємо значення в (5.7) і визначаємо продуктивність збирального комбайна за годину:

$$W_r = 0,1 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 0,59 = 2,2 \text{ га/год.}$$

За зміну (7 год.) продуктивність зернозбирального комбайна становить:

$$W_{зм} = 2,2 \cdot 7 = 15,4 \text{ га/зм.}$$

Витрати палива на одиницю виконаної роботи визначаються за формулою:

$$g = \frac{G_T \cdot K_T}{W_z} \quad (5.12)$$

де G_T – витрати палива за годину при номінальній ефективній потужності двигуна;

K_T – поправочний коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна на холостих поворотах і переїздах і під час зупинки машини з працюючим двигуном.

Підставивши відповідні дані в (6.11), отримаємо:

$$g = \frac{36,3 \cdot 0,82}{2,2} = 13,53 \text{ кг/га.}$$

В базового зернозбирального комбайна КЗС-9 “Славутич” продуктивність на збиранні зернових в аналогічних умовах становить 1,9

га/год., а витрати палива:

$$g_{\delta} = \frac{41,2 \cdot 0,82}{1,9} = 17,8 \text{ кг/га.}$$

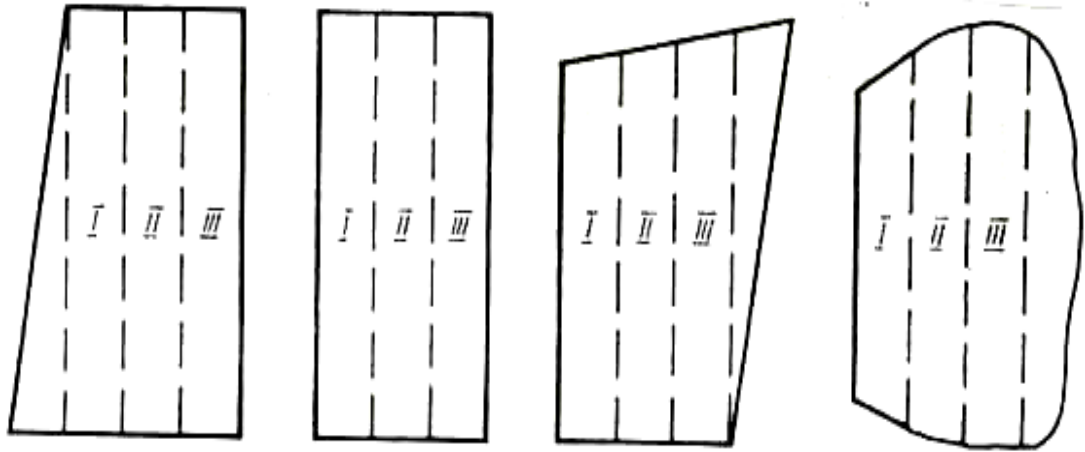


Рисунок 5.1 - Схеми доцільної орієнтації загінок в залежності від конфігурації полів

При збиранні напрямок руху агрегатів в загоні повинен співпадати з напрямком оранки і впоперек напрямку посівів. На нерівних полях довші сторони загінок слід орієнтувати так, щоб вони співпадали з напрямком схилів.

Поля з непаралельними протилежними сторонами розмічають так, щоб повздовжні сторони загінок були паралельні (рис. 5.1). Ділянка неправильної конфігурації, яка залишилась, повинна знаходитись на краю поля.

Поля гороху обкошують жатками з шириною захвата 6 і 10 м, які рухаються за часовою стрілкою. На збиранні приймають загінний або круговий спосіб руху. Загінним способом (рис. 6.2) збирають поля правильної (прямокутної) конфігурації з довжиною гонів більше 600 м. Якщо довжина поля менша і поле має неправильну конфігурацію, агрегати рухаються круговим способом.

Перед початком збиральних робіт комбайн регулюють відповідно умов збирання. Після цього агрегат робить заїзд вздовж гонів на 40 – 50 м, зупиняється і перевіряється якість роботи машини в цілому.

Молотильний апарат комбайна повинен забезпечити повноцінний вимолот і найбільшу сепарацію зерна через підбарання, а також мінімальне руйнування соломи. Найкраща якість обмолоту буде при допустимо низькій частоті обертання барабана і великих зазорах для даної культури.

Основними показниками якості роботи комбайна є втрати вільним зерном, а також зрізаним і незрізаним колосом; втрати зерна від недомолоту і невитрусу; пошкодження зерна і чистота бункерного зерна.

Якість роботи жнивarki визначають в п'яти місцях на ділянках площею 0,5 м², на яких збирають втрачене зерно. По цих замірах визначають середню кількість втрачених зерен і втрати розраховують за формулою:

$$C = \frac{n \cdot A}{50 \cdot Q}, \% \quad (5.13)$$

де n – кількість зерен, які зібрані на ділянці 0,5 м²;

Q – урожайність, ц/га;

A – маса 1000 зерен, г.

Втрати зерна за молотаркою комбайна визначаються за формулою:

$$\Pi = \frac{n \cdot A \cdot b_m}{50 \cdot Q \cdot B}, \quad (5.14)$$

де b_m – ширина молотарки комбайна, м;

B – ширина захвата комбайна, м.

Якість бункерного зерна визначають по кількості подрібненого зерна. Для цього в бункері беруть проби, зерно сортують на ціле і пошкоджене і кількість подрібнених зерен в бункері визначають за формулою:

$$Д = \frac{n_d}{K_n (n + K_n)} \cdot 100, \% \quad (5.15)$$

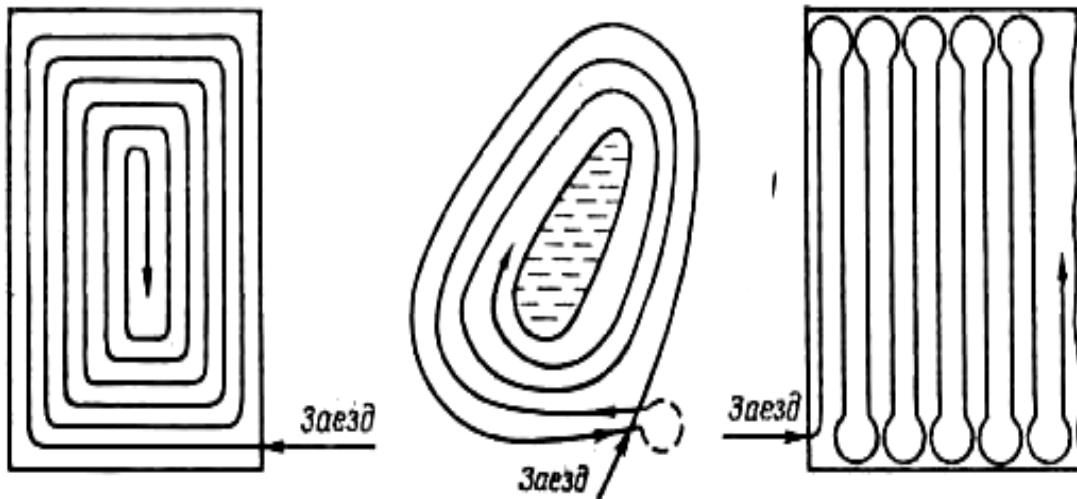


Рисунок 5.2 - Схеми руху агрегату загінним способом

де n_d – кількість подрібнених зерен;

n – кількість цілих зерен;

K_n – коефіцієнт переводу подрібнених зерен в цілі.

Чистоту зерна в бункері оцінюють візуально.

Проведені роботи по вдосконаленню молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна дозволили покращити і технологічні показники його роботи. Продуктивність машини зросла на 0,3 га/год., витрати пального знизилась на 4,9 кг/год., або на 4,33 кг/га.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

При організації охорони праці в господарстві слід керуватися оновленими «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [25].

6.1 Охорона праці при вирощуванні гороху

Крім загальних положень, стосовно к розглянутим умовам забороняється перебування людей на сівалках під час переїзду або розвороту останніх, на транспортних засобах при завантаженні та транспортування соломи та зерна. Робітникам зайнятим на ручних роботах, заборонено підштовхувати транспортні засоби, які буксують. Розміщають горох на полях з відхиленням: уздовж напрямку сівби 7^0 , поперек - 2^0 . Робоче місце сівача укомплектовують чистиками та гачками чи штирем для очищення сошників та висівних апаратів сівалок.

Під час роботи змішувача по приготуванні розчинів отрутохімікатів забороняється знаходитися стороннім особам біля агрегату для приготування розчину. При проведенні польових робіт після застосування пестицидів разом з мінеральними добривами (інсектициди + гербіциди + азотні добрива) дотримуються правил безпеки; при різкій зміні температури повітря на фоні високої вологості ґрунту, а також при великій росі та швидкості вітру не більш 2 м/с треба робити перерву в праці з 9 до 14 годин.

При появі травмо-небезпечної ситуації персонал повинен припинити роботу, прийняти заходи по її ліквідації та доповісти керівнику робіт. Працюючи з пестицидами повинні суворо дотримуватись правил особистої гігієни, приймати їжу, пити воду, палити, після зняття спецодягу та миття з

милом рук та лиця, полоскання рота.

За кожним працівником є відповідний комплект засобів особистого захисту, підібраний особисто (підбір проводить особа, яка відповідає за проведення робіт).

Загальне керівництво по охороні праці у виробничому процесі очолює керівник господарства.

При зарахуванні працівника на роботу необхідно проводити вступний інструктаж. На робочому місці, інструктаж з працівником проводить керівник підрозділу.

З метою визначення відповідності робочих місць, машин та механізмів, технічних процесів, будівель і споруд санітарним нормам, правилам охорони праці, одержання вихідних даних для планування працезохоронних заходів проводять паспортизацію об'єктів на відповідність вимогам охорони праці.

На полі, де проводять збирання гороху, обладнують місце для відпочинку (бажано пересувний вагончик), за 10 м від нього майданчик для куріння, пожежний майданчик з протипожежним інвентарем (ящик з піском, лопати, вогнегасники), майданчик для зберігання технологічних матеріалів (насіння, мінеральних добрив). З іншої сторони поля розміщують транспортний майданчик, автомобіль технічного обслуговування, майданчик для прийому їжі.

6.2 Охорона праці при збиранні гороху

Розроблені заходи по охороні праці направлені на попередження нещасних випадків обслуговуючого персоналу і запобігання пожежі при збиранні гороху удосконаленим зернозбиральним комбайном. Основні положення техніки безпеки заключаються в наступному:

6.1. Не допускаються до роботи особи без посвідчення на управління комбайном і які не пройшли інструктаж з техніки безпеки.

6.2. При роботі необхідно використовувати тільки справний інструмент і пристосування.

6.3. Необхідно працювати у зручній одежі, яка виключає можливість її попадання в рухому ланцюгові і пасові передачі і інші рухомі механізми.

6.4. Необхідно подавати звуковий сигнал перед пуском двигуна, включенням робочих органів і початком руху і впевнитися, що виконання указаних дій не несе небезпеку навколишнім працівникам.

6.5. Систематично необхідно перевіряти надійність роботи гальма і рульового управління.

6.6. Необхідно бути уважним поблизу неогороджених шківів, які обертаються, рухомих ланцюгів, пасів. Заборонено знімати огорожувальні щитки під час роботи механізмів. Необхідно бути особливо обережним при переміщенні по перехідних площадках і даху молотарки. Заборонено працювати без встановлених перил. При обслуговуванні двигуна необхідно триматись за поручень, розташований на капоті.

6.7. При виконанні крутих поворотів швидкість руху комбайна повинна бути не більше 2 - 3 км/год.

6.8. При переїздах через мости і греблі необхідно впевнитися в можливості переїзду і тільки потім продовжувати рух на першій передачі.

6.9. Допустимий схил під час роботи і транспортуванні зернозбирального комбайна – не більше 10^0 , при цьому швидкість руху не повинна перевищувати 3 - 4 км/год. Під час спуску або підйому забороняється виключати двигун і муфту зчеплення. Під час зупинок на схилах необхідно включити одну з передач і загальмувати комбайн за допомогою стояночного гальма.

6.10. Крім цього, необхідно дотримуватися наступних правил:

- не запускайте двигун при відкритому копнувачі, якщо поблизу знаходяться люди;
- не буксируйте комбайн з включеною передачею;
- не буксируйте комбайн за міст керованих коліс;
- не запускайте двигун способом буксирування;
- не переключайте передачі під час руху комбайна;

- не працюйте в нічний час без освітлення;
- не рухайтесь по вулицях і дорогах з включеними задніми фарами;
- не переганяйте в денний час транспорт, швидкість якого дорівнює або перевищує максимальну швидкість зернозбирального комбайна;
- не переганяйте в нічний час транспорт, який рухається;
- не перевозьте вантажі в камері копнувача або площадках комбайна;
- не проводьте будь-які роботи під комбайном або жаткою, якщо вони підняті і не прийняті попереджувальні заходи. Крім передбачуваних домкратів повинні бути встановлені стійкі підставки (наприклад козли, дерев'яні колодки), під колеса підставлені упори. Жатка, крім регулюємої гвинтової опори, також встановлюється на підставки, а запобіжний упор на правому гідроциліндрі підймання жатки повинен бути опущений. При слабкому ґрунті під домкрати ставляться міцні дошки.

6.11. Під час роботи механізмів комбайна:

- не відкручуйте гайки, штуцери і інші деталі гідросистеми;
- не проводьте змащення механізмів;
- не замінюйте паси і ланцюги;
- не проводьте ремонт і регулювання механізмів (крім дозволених випадків регулювання);
- не вивантажуйте зерно з бункера, проштовхуючи його руками, ногами, лопатою і іншими предметами.

6.12. Забороняється стороннім особам знаходитися на комбайні при роботі на полі і при транспортуваннях.

6.13. Постійно необхідно поповнювати комплект медикаментів в аптечці, яка знаходиться на комбайні.

Основні правила пожежної безпеки заключаються в наступному:

1. Необхідно постійно слідкувати за наявністю справних протипожежних засобів: вогнегасника, двох лопат, і двох швабр, які

встановлені на комбайні в окремих місцях (вогнегасник закріплено на бункері, лопати – на внутрішній стороні драбини, а швабри – на жатці).

2. Своєчасно очищайте від намотаної соломи вали, шків, зірочки, клавіші соломотрясу і інші частини комбайна, які рухаються.

3. Необхідно не допускати протікання з системи живлення і змащення, з гідравлічних систем. Своєчасно усувати підтікання мастил і палива, що виникають.

4. Своєчасно необхідно змащувати підшипники і інші частини комбайна, що обертаються, не допускати надмірного їх нагрівання.

5. Систематично перевіряйте справність електрообладнання і проводки, очищуйте їх від пилу, бруду і рослинної маси. При кожній зупинці двигуна від'єднайте акумуляторну батарею від електромережі комбайна за допомогою вимикача „маси”.

6. Очищення паливо проводів і трубок гідросистеми, що забилися, необхідно проводити при виключеному двигуні і після того, як двигун і інші частини комбайна охолонуть.

7. При буксуванні запобіжних муфт необхідно терміново зупинити комбайн, виключити двигун і усунути причину, яка викликала буксування.

8. При необхідності тривалого ремонту комбайн треба вивести з хлібного масиву на відстань не менше 30 м і зорати навколо комбайна смугу шириною не менше 4 м.

9. Щоб зняти електростатичні заряди необхідно закріпити на лівому кронштейні кожуха вентилятора молотарки у трафарету „заземлити” на спеціально встановлену скобу відрізок роликів ланцюга довжиною 550 - 600 мм з числа тих ланцюгів, які є в господарстві і відпрацювали свій строк.

10. Заправку паливного бака треба проводити за допомогою заправочних агрегатів при непрацюючому двигуні на дорозі або на зораному полі.

11. Запас паливо-мастильних матеріалів допускається зберігати на полі в закритих ємностях на відстані не менше 100 м від хлібних масивів, скірт, тюків. Місце зберігання повинно бути оборане смугою не менше 4 м.

12. В випадку загорання бензину або дизельного пального вогонь необхідно засипати піском або землею, накрити мокрим рядном або брезентом. Заливати вогонь водою категорично забороняється.

13. Під час роботи комбайна в полі необхідно слідкувати за станом хлібних масивів з метою своєчасного виявлення пожежі.

14. При сильному вітрі, коли створюються небезпечні умови швидкого розповсюдження пожежі, робота комбайнів тимчасово повинна бути зупинена.

15. Всі механізатори повинні бути навчені на випадок виникнення пожежі і знати, як викликати пожежні служби.

16. Необхідно строго дотримуватись наступних правил:

- не паліть, не проводьте зварювальні роботи, не застосовуйте всі види відкритого полум'я на комбайні, хлібних масивах і в зоні на відстані менше 30 метрів від них;
- не залишайте заповнений соломою копнувач на час тривалих зупинок;
- не спалюйте пожнивні залишки ближче 200 метрів від хлібних масивів;
- не застосовуйте відра і інші відкриті ємності для заправки паливних баків;
- не починайте збирання поля великої площі, не розбивши його на ділянки денної виробки (розділіть поле поздовжніми і поперечними прокосами шириною не менше 8 метрів, які необхідно проорати смугою шириною не менше 4 метрів);
- не починайте збиральних робіт, якщо відсутній трактор з плугом для швидкого оборювання непередбаченого вогнища пожежі;
- не працюйте на комбайні з не відрегульованими системами живлення і запуску двигуна, а також при відсутності на двигуні капота і протипожежних екранів;

- не працюйте з невідрегульованими привідними пасами, які допускають пробуксовку;
- не вивантажуйте зерно з комбайна в автомашини, вихлопні труби яких не обладнані іскрогасниками.

Виконання приведених вище правил техніки безпеки і протипожежної безпеки дозволить обслуговуючому персоналу експлуатувати зернозбиральний комбайн без травм і трагічних випадків, а також попередити виникнення пожеж на полі.

7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

У степовій зоні України дедалі ширше поширюється вирощування гороху. Економічна ефективність його вирощування може бути підвищена за рахунок впровадження сучасних технологій і відповідного парку сільськогосподарської техніки, чіткої організації польових робіт і ефективного використання ресурсів.

Вихідні дані для проведення економічних розрахунків доцільності робіт, приведених в дипломній роботі, представлені в табл. 7.1.

Основними економічними показниками процесу збирання базовим і вдосконаленим зернозбиральним комбайном є затрати праці, прямі експлуатаційні затрати, питомий і річний економічний ефект, строк окупності затрат на модернізацію.

Затрати праці на збиранні пшениці зернозбиральним комбайном визначаються за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{M}{W_{\text{Г}}}, \quad (7.1)$$

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W_{\text{Г}}$ – продуктивність зернозбирального комбайна за годину, га/год.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий комбайн	Модернізований
Продуктивність, га/год.	1,9	2,3
Питомі витрати палива, л/га	17,8	13,5
Балансова вартість комбайна, грн.	455000	458500
Врожайність гороху, ц/га	4	40

Затрати праці при збиранні пшениці базовим комбайном будуть дорівнювати:

$$Z_{п.б} = \frac{1}{1,9} = 0,53 \text{ люд.год./га}$$

Затрати праці при збиранні врожаю вдосконаленим комбайном будуть дорівнювати:

$$Z_{п.м} = \frac{1}{2,3} = 0,43 \text{ люд.год./га}$$

Зниження затрат праці при збиранні зернових модернізованим комбайном становить 0,1 люд.год./га.

Розрахунок прямих експлуатаційних затрат на збиранні проводиться за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{пмм}, \quad (7.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{пмм}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору проводиться за виконану норму по 6-му розряду тарифної сітки і з врахуванням мінімальної заробітної плати, яка становить 8000 грн., становить 348 грн./зміну [27]. За 1 га зібраного поля основна оплата праці становить:

$$C'_o = \frac{C^T}{W_{зм}} \quad (7.3)$$

де C^T - оплата праці за норму виробітку по тарифній сітці.

При роботі на базовому комбайні оплата праці механізатору за 1 га зібраної площі становить:

$$C'_{об} = \frac{348}{13,3} = 26,2 \text{ грн./га.}$$

При цьому на основну оплату механізатору проводять нарахування:

- за інтенсивність праці – до 12 % тарифної ставки;
- за високу професійну майстерність – для робітників 6-го розряду до 24 %;
- за виконання особливо важливих робіт – до 50 % окладу;
- за класність механізатору 1-го класу – до 20 % від тарифної ставки.

Для механізатора, який працює на базовій машині, ці доплати відповідно становлять: 3,1 грн./га; 6,3; 13,1 і 5,2 грн./га. Загальна зарплата з доплатами для механізатора на збиранні зернових базовим комбайном становить:

$$C''_{o.б} = 26,2 + 3,1 + 6,3 + 13,1 + 5,2 = 53,9 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 51 % соціального страхування і інше, що становить 27,5 грн./га. Тоді загальна зарплата з нарахуваннями для механізатора, який працює на базовому зернозбиральному комбайні, становить:

$$C_{o.б} = 53,9 + 27,5 = 81,4 \text{ грн./га.}$$

При роботі на модернізованому зернозбиральному комбайні оплата праці механізатора за 1 га зібраної площі буде дорівнювати:

$$C'_{om} = \frac{348}{16,1} = 21,6 \text{ грн./га.}$$

Вказані вище доплати для цієї основної оплати праці будуть відповідно дорівнювати: 2,6 грн./га; 5,2; 10,8 і 4,3 грн./га. Основна оплата праці з доплатами буде дорівнювати:

$$C''_{o.m} = 21,6 + 2,6 + 5,2 + 10,8 + 4,3 = 44,5 \text{ грн./га.}$$

Нарахування на соціальне страхування і інше становить 22,7 грн./га.

Загальна оплата праці з нарахуваннями для механізатора, який працює на модернізованому зернозбиральному комбайні, становить:

$$C_{o.m} = 44,5 + 22,7 = 67,2 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на амортизацію зернозбирального комбайна визначаються по формулі:

$$C_a = \frac{S_m \cdot j}{100 \cdot T_K \cdot W_T}, \quad (7.4)$$

де S_m – балансова вартість зернозбирального комбайна, грн.

j – норма річних відрахувань на амортизацію комбайна, %;

T_K – річне завантаження комбайна, год. (приймаємо за нормативами 160 год.).

За нормативами [27] річна норма відрахувань на амортизацію для зернозбиральних комбайнів складає 21,93%. Витрати на амортизацію для в випадку застосування базового зернозбирального комбайна будуть дорівнювати:

$$C_{a.б} = \frac{455000 \cdot 21,93}{100 \cdot 160 \cdot 1,9} = 324,62 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні витрати для модернізованого комбайна будуть становити:

$$C_{ам} = \frac{458500 \cdot 21,93}{100 \cdot 160 \cdot 2,3} = 265,38 \text{ грн./га.}$$

Витрати на ремонт і технічне обслуговування зернозбирального комбайна визначаються аналогічно, тільки норма річних відрахувань становить 10 % від вартості комбайна. Для базової машини вони становлять:

$$C_{р.б} = \frac{455000 \cdot 10}{100 \cdot 160 \cdot 1,9} = 149,7 \text{ грн./га.}$$

Для модернізованого комбайна витрати на ремонт і технічне обслуговування будуть дорівнювати:

$$C_{p.m} = \frac{458500 \cdot 10}{100 \cdot 160 \cdot 2,3} = 124,59 \text{ грн./га.}$$

Питомі витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються рівнянням:

$$C_{пмм} = g_{га} Ц_{т}, \quad (7.5)$$

де $g_{га}$ – витрати палива на збиранні 1 га зернових культур, кг/га;

$Ц_{т}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і залежить від марки двигуна, машини і ціни на ринку (постачальника). Норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива для зернозбиральних комбайнів становлять:

- дизельне мастило – 5 %;
- автотракторне мастило – 3,7 %;
- солідол – 0,5 %;
- трансмісійне мастило – 0,8 %.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'єму закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоденних цін приймаємо комплексну ціну ПММ 59,8 грн./кг. Питомі витрати палива на 1 га зібраної площі беремо з технічної характеристики комбайна. Тоді питомі затрати на паливо і мастильні матеріали для базового комбайна будуть дорівнювати:

$$C_{пмм.б} = 17,8 \cdot 59,8 = 1064,4 \text{ грн./га.}$$

Для модернізованого зернозбирального комбайна:

$$C_{пмм.м} = 13,5 \cdot 59,8 = 807,3 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі затрати на збиранні зернових культур базовим зернозбиральним комбайном становлять:

$$C_6 = 81,4 + 324,62 + 149,7 + 1064,4 = 1620,1 \text{ грн./га.}$$

Аналогічні затрати на збиранні модернізованим комбайном:

$$C_m = 67,2 + 265,38 + 124,59 + 807,3 = 1264,5 \text{ грн./га.}$$

Економічний ефект при впровадженні розробок в виробництво в порівнянні з базовою машиною буде становити:

$$E = C_6 - C_m = 1620,1 - 1264,5 = 355,6 \text{ грн./га.} \quad (7.6)$$

При впровадженні на площі 700 га річний економічний ефект становить:

$$E_{p.1} = 355,6 \cdot 700 = 248920 \text{ грн.}$$

Впровадження в господарстві удосконаленої технології збирання зернових і модернізованого зернозбирального комбайна дозволить також знизити втрати і пошкодження зерна на 5 – 10 % в порівнянні з базовою машиною. При врожайності гороху 40 ц/га 5 % втрат становить 2,0 ц/га. При вартості гороху 13300 грн./т економічний ефект від запобігання втрат становить 26600,0 грн./га, а річний економічний ефект при впровадженні на площі 700 га:

$$E_{p.2} = 26600,0 \cdot 700 = 18620000 \text{ грн.}$$

Загальний річний економічний ефект від впровадження в виробництво модернізованого комбайна становить:

$$E = 248920 + 18620000 = 18868920 \text{ грн.}$$

Основні економічні показники проекту представлені в табл. 7.2.

Строк окупності затрат на модернізацію зернозбирального комбайна визначається за формулою:

$$O_3 = \frac{C_M}{E} \quad (7.7)$$

$$O_3 = \frac{3500}{18868920} = 0,0002 \text{ року.}$$

Таблиця 7.2 - Основні економічні показники проекту

Назва показників	Базовий комбайн	Модернізований
1. Продуктивність, га/год.	1,9	2,3
2. Затрати праці, люд.год./га	0,53	0,43
3. Економія затрат праці, люд.год./га	-	0,1
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	1620,1	1199,49
В т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	81,4	67,2
амортизаційні відрахування	324,6	265,4
витрати на ремонт і ТО	149,7	124,6
витрати на паливо і мастила	1064,4	807,3
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	355,6
6. Економічний ефект від зменшення втрат зерна при збиранні, грн./га	-	26600
7. Річний економічний ефект, грн.	-	18868920
8. Затрати на модернізацію машини, грн.	-	3500
9. Строк окупності затрат, років	-	0,0002

Проведені розрахунки показали, що вдосконалення молотильного апарату зернозбирального комбайна дає відчутний економічний ефект – 18868920 грн. в рік. Затрати на модернізацію машини окупаються на протязі першого року експлуатації комбайна.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в господарстві необхідно впроваджувати сучасні технології і удосконалені комплекси машин. Удосконалена в даній роботі технологія вирощування гороху для умов господарства і конструкція зернозбирального комбайна дасть можливість зменшити собівартість і покращити якість збиральних робіт.

2. Основним напрямком вдосконалення зернозбиральної техніки є різні комбінації роторних і бильних молотильних робочих органів, тангенціального і аксіального типу, які дають змогу більшою мірою розосередити, інтенсифікувати і сумістити робочі процеси обмолоту і сепарації вороху, а також оптимізація параметрів і режиму роботи основних вузлів і робочих органів зернозбиральних машин.

3. Розроблений модернізований вузол молотарки дозволяє покращити якість сепарації і знизити втрати зерна. Проведені розрахунки дозволили визначити оптимальні параметри і режим роботи, які були взяті за основу при конструкторських розробках вузла.

4. Проведені роботи дозволили підвищити продуктивність машини на 0,4 га/год, а витрати пального знизились на 4,3 кг/га.

5. Розроблені заходи з техніки безпеки можуть бути використані при проведенні інструктажів з механізаторами на робочому місці перед початком збиральних робіт.

6. Економічний ефект від впровадження розробок становитиме 18868920 грн за рік. Затрати на модернізацію зернозбирального комбайна окупаються на протязі першого року експлуатації машини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Орлов О. Технологія вирощування гороху// <https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/tekhnolohiya-vyroshchuvannya-horokhu>.
2. Сучасна технологія вирощування гороху// <https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-gorohu/>.
3. Технологія вирощування гороху на зерно в Україні на 2025// <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyiraschivaniya-goroha>.
4. Прищепо М. М., Сергєєв Л. А. Конащук О. П., Вирощування насінневого гороху на Півдні України// <https://www.agronom.com.ua/vyroshhuvannya-nasinnyevogo-gorohu-na-pivdni-ukrayiny/>.
5. Чекалін М.М., Тищенко В.М. Технологія вирощування посівного гороху// <https://grain.in.ua/tehnologiya-viroshhuvannya-posivnogo-goroxu.html>.
6. Чому варто вирощувати горох в Україні// <https://agro-e.com.ua/chomu-varto-vyroshchuvaty-horokh-v-Ukrayini>.
7. Значення гороху// <https://agrosience.com.ua/plant/znachennya-gorokhu>.
8. Виробництво гороху в Україні значно скоротилось через війну// 8 травня, 2023. - <https://superagronom.com/news/17124-virobnitstvo-gorohu-v-ukrayini-znachno-skorotilos-cherez-viynu>.
9. Лиса А. Український горох: як змінилося виробництво за період повномасштабної війни// <https://landlord.ua/news/ukrainskyi-horokh-iak-zminylosia-vyrobnytstvo-za-period-povnomasshtabnoi-viiny/>.
10. Через війну Україна втратила значні посіви гороху // <https://agropolit.com/news/25576-cherez-viynu-ukrayina-vtratila-znachni-posivi-gorohu>.
11. 7. Тимчук В., Кириченко В., Петренкова В., Бондаренко Є., Цехмейструк М., Буряк Ю. Рекомендації до збирання ранніх зернових та зернобобових// <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/582-rekomendatsii-do-zbyrannia-rannikh-zernovykh-ta-zernobobovykh.html>

12. Ботанічна характеристика та біологічні особливості гороху// https://ukrsoja.at.ua/index/botanichni_vlastivosti_gorokhu/0-72.
13. Марченко В.В., Опалко В.Г. Пропозиції на ринку зернозбиральних комбайнів//Аграрна техніка та обладнання. - №2 (7), 06. 2009. - с. 26-31.
14. Войтюк Д., Надточій О., Войтюк В., Демко А., Демко О. Аналіз ринку зернозбиральних комбайнів України// Пропозиція, 2008. №12. – с. 17-20.
15. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 2, кн. 1) Зернозбиральні машини. – Х.: Око, 2003. – 376 с.
16. Бондар О. Зернозбиральний голод//Пропозиція. -№ 4, 2006.–с.108 – 110.
17. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 1 і 2): Зернозбиральні машини. – Харків.: Око, 2004.
18. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
19. Погорілий Л.В., Коваль С.М. Напрямки розвитку конструкцій і узагальнені технологічні показники зернозбиральних комбайнів / Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип.. 9. – 1998. – с. 107 – 117.
20. Погорілий Л., Коваль С. Порівняльний аналіз конструкцій і експлуатаційних показників сучасних зернозбиральних комбайнів// Техніка в землеробстві. - №5, 2002. – с. 8 – 10.
21. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський держ. аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
22. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос, та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1995. – 384 с.
23. Демко А.А., Демко С.А. Дослідження фонду часу зміни при роботі зернозбиральних комбайнів через показники технічної і технологічної надійності// Науковий вісник НАУ. – Вип. 9, 1997. – с. 245 – 255.

24. Демко С.А. Реалізація продуктивності зернозбиральних комбайнів за допустимий агротехнологічний строк жнив/Збірник наукових праць Національного аграрного університету “Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том VI. “Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин”.- Київ: НАУ, 1999. – с. 234-239.

25. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

26. Целинський В.П. Охорона праці в рослинництві. – К.: Урожай, 1991. – 80 с.

27. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.