

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту ”
в.о. зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Вдосконалення технології вирощування озимої пшениці з
дослідженням обладнання для подрібнення незернової частини
врожаю зернозбирального комбайна»

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи AI-21M
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Горбачевський Олександр Григорович
« ____ » _____ 20__ р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
« ____ » _____ 20__ р.
Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти _____

Галузь знань _____

Спеціальність _____

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2022 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

2. Керівник роботи (проекту)

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

(проекту) _____

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__ р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__ р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Технологічна частина	7
3. Наукова частина	40
4. Охорона праці	64
5. Економічна частина	66
6. Висновок	68
Список використаної літератури	69
Додатки.....	72

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Складана ситуація в нашій державі не мала суттєвого впливу на подальший пріоритет розвитку аграрного виробництва, а військові дії, загрози безпеці населення та значні руйнування лише підтвердили необхідність забезпечення продовольчої безпеки і доцільність підвищення продуктивності вирощування рослинницької продукції.

Україна здавна вважалася аграрною державою, що входить до лідируючих світових позицій по вирощуванню цілого ряду сільськогосподарських культур. Чільне місце у агровиробництві місцевих господарств займає вирощування озимих зернових. Такі озимі культури є досить цінними культурами сівозмін, їх вирощування характеризується стабільними відносно високими врожайми, та й на світовому ринку сільськогосподарської продукції завжди користуються попитом і високою вартістю.

Однією із найбільш відповідальних операцій вирощування зернових культур, зокрема і озимої пшениці, є кінцева операція збирання врожаю, яка в господарських умовах проводиться методом прямого комбайнування. Варто зазначити, що досить часто питання обмолоту, транспортування, очищення і відвантаження зібраного збіжжя вирішено достатньо повно, в той час, як етап збирання чи переробка незернової частини врожаю залишається не вирішеним, а в комбайнах застарілих конструкцій цьому етапу технології збирання приділено недостатньо уваги. За таких умов, після проведення прямого комбайнування фермери вимушені проводити додаткові операції по доробці незернової частини врожаю.

Виходячи з цього, питання інтенсифікації роботи обладнання для подрібнення незернової частини врожаю зернозбиральних комбайнів є актуальним і в розрізі даної кваліфікаційної роботи робиться спроба вирішити окреслене коло проблем.

					ТВПК 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Горбачевський			Пояснювальна записка	Лім.	Арк.
Перевір.		Леценко					6
Реценз.						ЦНТУ, гр. АІ-21М	
Н. Контр.		Мачок					
Затверд.		Леценко					

2. Технологічна частина

2.1. Характеристика і значення озимої пшениці

Однією із найбільш поживних, цінних та найпоширеніших сільськогосподарських злаків, які вирощуються майже на всіх континентах, де можна виробляти продукцію рослинництва є озима пшениця. Варто зазначити, що її популярність та поширеність має прямий зв'язок із її гарними харчовими властивостями, дуже високою харчовою і поживною цінностями, вмістом широкого спектру корисних речовин і мікроелементів, що дуже позитивно впливають на організм в цілому та сприяють його повноцінному і якісному функціонуванню.

З біологічної точки зору – озима пшениця – це злакова однолітня культура, що є цінною культурою будь-якої сівозміни та має обов'язково висіватися восени до періоду настання холодів. В зернівках озимої пшениці комплексно поєднуються ряд мікроелементів та багато поживних речовин, причому у такій формі, що є доступною для людського організму і повністю закривають потреби людського організму у вітамінах В, Е та РР, жирах, білках, каротину, крохмалю тощо.

Важливою характерною особливістю вирощування озимої пшениці є те, що і в аграрному виробництві і в промисловості широко використовуються не лише самі зернівки а і побічні продукти вирощування та переробки, такі як солома, полова, збоїна, дерть, висівки і т.д. Так, наприклад солома та висівки є найкращим підстилковим матеріалом в тваринництві та гарним кормом для худоби. Знову ж, з висівки та дерті, готують повноцінні раціони для тварин і птиці, ці ж продукти є незамінними інгредієнтами для приготування поживних комбікормів. Широке впровадження та мода на органічне виробництво дали поштовх до виготовлення із соломи предметів побуту і інтер'єру, корзин, коврів, шляпок та ін. Пошук альтернативних джерел енергії призвів до того, що рослинні рештки після вирощування озимої пшениці почали

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуватися для виробництва пілетів, паливних гранул, а у складі інших речовин – використовуються для виробництва біогазу і біодизеля.

Займаючись вирощуванням пшениці варто мати на увазі, що існує суттєва відмінність між ярими та озимими сортами пшениці, причому ця відмінність є не лише у агротехнічних термінах її посіву і збирання, але й у властивостях зібраного збіжжя. Виробники озимої пшениці відмічають, що її вирощування характеризується високою врожайністю та стабільністю отримання врожаю, самі зернівки вміщують значно більше білка, ніж зернівки ярої пшениці. Крім переліченого, вирощуючи озиму пшеницю виробники збирають більш якісні тверді зернівки, які є більш цінними для виробництва не лише хліба і хлібопродуктів а й іншої продукції харчової промисловості. Однак, більшість виробників зазначають, що вирощування озимої пшениці супроводжується і рядом негативних моментів, серед яких виділяється висока схильність цієї сільськогосподарської культури до зараження хворобами а посівів – до засмічення карантинними бур'янами, крім того, за умов несприятливих зим, коли морози змінюються відлигами, а після розтавання снігу і тепла настає період сильного промерзання посівів без снігового покриву, має місце загибель рослин аж до необхідності проведення пересіву поля іншою культурою.

За ботанічними характеристиками озима пшениця (рис. 1) є культурою родини тонконогових (Poaceae) а роду *Triticum*. Широкого розповсюдження знайшли два види цієї культури – пшениця м'яка (*Triticum aestivum*) та пшениця тверда (*Triticum durum*). Безпосередньо озима пшениця є трав'яною злаковою однорічною рослиною, яка повинна сіятися на полі восени та до настання заморозків повинен сформуватися стійкий рослинний покрив сходів, який після зимівлі відновлює вегетацію після того, як встановлюються сприятливі ґрунтово-кліматичні умови весною. Ця культура є спеціальним штамом звичайної ярої пшениці, потенційно може виростати до довжини стебла 150 см, а терміни її дозрівання та збирання є суттєво ранішими за ярі

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

культури. За будовою стебло пшениці – пустотіла тонкостінна соломина, товщина та довжина якої залежить від сорту самої культури. За забарвленням солома озимої пшениці буває широкого спектру кольорів від фіолетового до яскраво жовтого. Листки рослини озима пшениця – звичайні плоскі лінійні, що мають ширину від 3 до 20 мм і які ростуть знизу вгору. Рослини мають класичну мичкувату кореневу систему із чітко вираженими розгалуженнями корініців в боки (рис. 1).

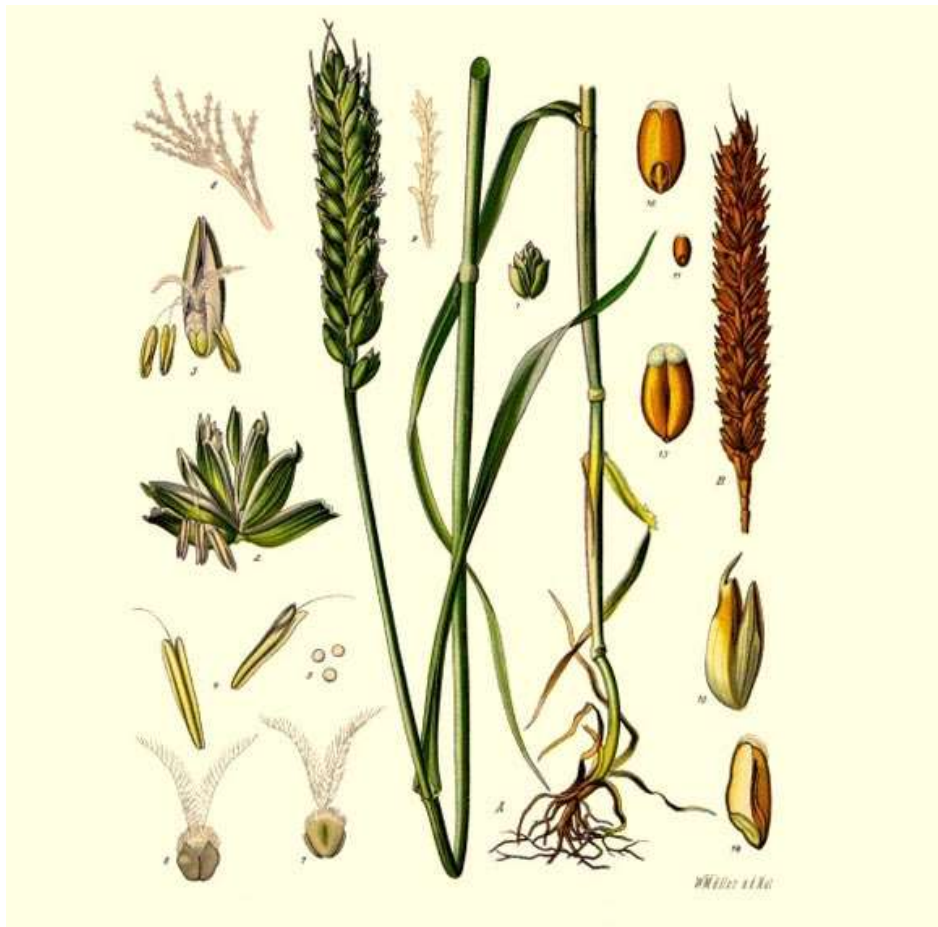


Рис. 1. Ботанічна характеристика та біологічні властивості озимої пшениці

Під час росту озимої пшениці зернівки формують суцвіття, що утворюють класичний колосок із розміщенням зернівок у два рядки. Загалом озиму, як і яру пшеницю вирощують з основною метою – отримання зерна, а кожна окрема зернівка цієї культури вкрита міцною плівкою, на якій утворено заглиблення у вигляді поздовжньої борізки. Зернівка до колоска пшениці

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

кріпиться за допомогою лузгочок. Зерно озимої пшениці може мати різний колір і теж визначається сортовими характеристиками, умовами вирощування тощо та має забарвлення від брудно червоного до майже білого.

Незалежно від того, до якого сорту належить пшениця, зерно поділяється на дві категорії – тверду і м'яку. Зернівки твердої пшениці вміщують дуже багато клейковини і порівняно малу кількість крохмалю, що робить цей тип озимої пшениці найкращою сировиною для виробництва макаронних та хлібних виробів. В свою чергу зернівки м'якої пшениці – навпаки містять багато крохмалю і мало клейковини, що дозволяє використовувати таку пшеницю як сировину для виробництва муки найбільш тонкого помелу та використовувати її у якості інгредієнтів для випічки, кондитерських виробів та ін.

Варто пам'ятати, що озима пшениця є такою сільськогосподарською культурою, яка вимагає забезпечення достатньо жорстких умов до умов її росту. З метою отримання стабільних врожаїв, насамперед за досить складних чи не дуже сприятливих умов вирощування, потрібно комплексно і повноцінно дотримуватися кожного із етапів технологічного процесу виробництва цієї культури. Озима пшениця є вимогливою культурою до складу ґрунту, а найкращими ґрунтами для вирощування цієї культури є вільні від бур'янів родючі добре оброблені ґрунти. Протягом тривалого вирощування пшениці доведено, що найвищі та стабільні врожаї цієї культури вдається отримати на якісно оброблених чорноземах, які повинні бути достатньо зволженими і комплексно підготовленими до вирощування як з точки зору обробітку ґрунту так і з точки зору удобрення. За потреби вирощувати озиму пшеницю на інших типах ґрунтів, непогані результати досягаються на слабкопідзолистих, середньосуглинкових або ж сірих лісових ґрунтах. Несприятливим для вирощування озимої пшениці є низовини і заболочені місцевості, вирощування на яких призводить до вимокання рослин та стрімкого зниження врожайності.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Є ряд і температурних вимог, що мають бути забезпеченими під час вирощування озимої пшениці. Хоч озима пшениця здатна давати сходи при температурі від $+1^{\circ}\text{C}$ все ж за таких температур процес росту відбувається дуже повільно а нормальний режим росту відновлюється тільки після достатнього прогрівання посівного матеріалу. Достатньою ж температурою для стійкого росту рослин озимої пшениці є прогрівання оточуючого повітря до $+15^{\circ}\text{C}$, але при цьому має бути достатня і вологість. Саме за наведених умов озима пшениця ефективно росте і розвивається, а її проростання із ґрунту відбувається протягом тижня після посіву.

Слід пам'ятати, що озима пшениця є тією культурою, що дуже погано переносе велику різницю між нічною та денною температурою, а найбільш загрозливою така різниця є на початкових етапах вегетації восени та після відновлення активної фази росту весною. Процес куціння рослин можливий тільки після того, як температура оточуючого середовища прогріється до $+10^{\circ}\text{C}$ а кожне наступне зниження температури нижче наведеної забезпечує сповільнення куціння. Також до погіршення процесу куціння призводить значний дефіцит вологи у ґрунті. Отже і загальна вологість ґрунту є важливим фактором, що впливає на розвиток цієї культури та її врожайність, так доведено, що лише за вологості поля на рівні 70...75% досягаються оптимальні врожаї.

Врожайність озимої пшениці в конкретному господарстві та якість зібраного збіжжя залежить від умов вирощування, обраної технології та ефективності і вчасності реалізації кожного із етапів технологічного процесу вирощування, посівного матеріалу тощо. За наведеною вище інформацією можна чітко стверджувати, що найбільш високі врожаї можна досягти на родючих підготовлених належним чином чорноземних ґрунтах, які повинні містити достатню кількість поживних речовин, вологи та за м'яких кліматичних умов оточуючого середовища. Крім того, перелічені фактори ще є й запорукою отримання і стабільного врожаю. Якщо ж на полях господарств

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

при вирощуванні озимої пшениці мають місце окремі природні аномалії, наприклад зниження температури повітря нижче -18°C у поєднанні із відсутністю при цьому достатнього сніжного покриву для захисту рослин, посіви можуть вимерзнути і повністю загинути.

Під час росту на полі господарства озима пшениця послідовно проходить певні етапи, які у вигляді стадій розвитку наведені на схемі ортогенезу озимої пшениці (рис. 2). Кожен етап супроводжується окремими яскраво вираженими особливостями та ознаками, що дають змогу провести комплексну оцінку ефективності культивування озимої культури виходячи із тривалості вирощування та візуальних ознак самих рослин. Ефективний та повноцінний ріст і розвиток рослин озимої пшениці на кожному із етапів ортогенезу безпосередньо впливають на кінцевий результат вирощування – врожай культури.

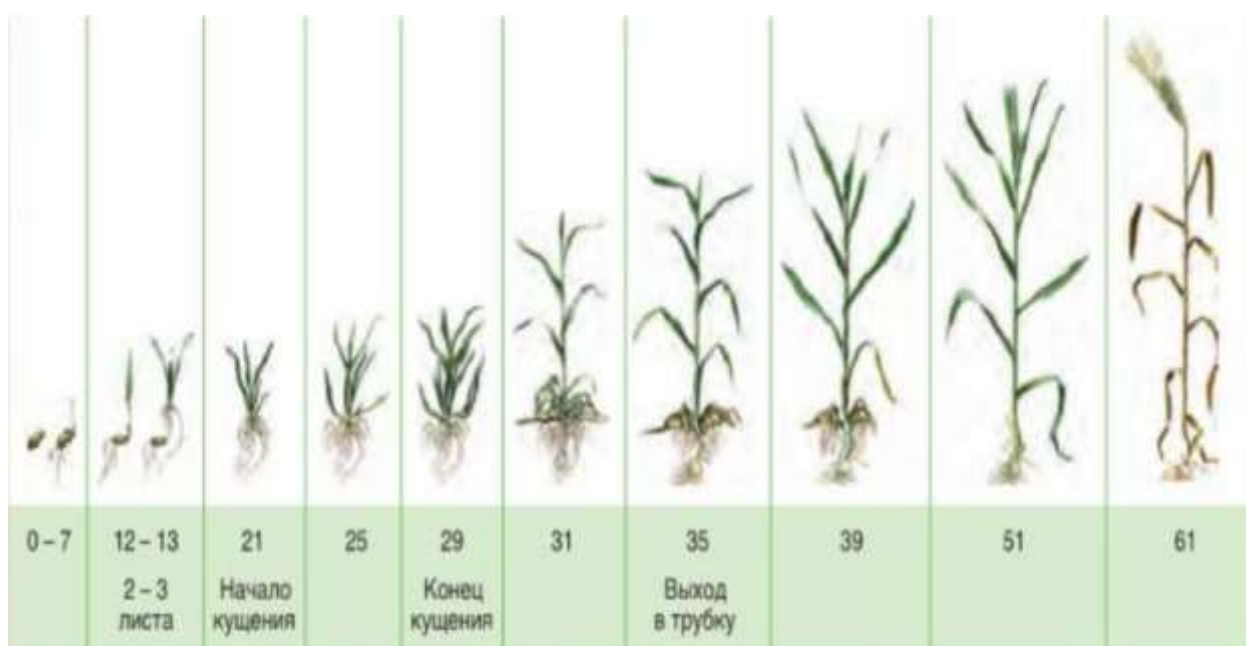


Рис. 2. Етапи ортогенезу озимої пшениці:

Першим етапом розвитку озимої пшениці (рис. 2) є поява сходів та формування у рослини 2...3 листка. Цей етап у більшості сортів цієї культури має тривалість до 18...21 дня і протягом цього періоду має відбутися поява сходів до того часу, поки на полі не з'явиться сніжний покрив. Якщо ж молоду

рослину накриває покрив сніга, то ріст пшениці призупиняється і спостерігається ефект зимової «сплячки» рослини. Якщо за певних умов до настання опадів у вигляді снігу озима пшениця не повністю встигла сформуватися, а сніжним покривом накривається рослина із кількома листочками, за інших сприятливих умов етап сходження відновлюється рано весною після того, як встановиться сприятливий температурний режим для цього процесу.

Другим відповідальним етапом ортогенезу є етап кушіння, який забезпечує формування якісного і повноцінного куща озимої пшениці і характеризується початком і кінцем кушіння конкретної рослини. Третій етап – етап виходу рослини в трубку, що визначається появою на рослині під час певної фази її розвитку першого вузла. В більшості випадків етап виходу в трубку безпосередньо має прямий зв'язок із процесом відновлення розвитку рослини весною та настає приблизно через місяць після повноцінного весняного відновлення вегетаційного процесу. Етап колосіння рослин візуально визначається появою на стеблі озимої пшениці колосків, які фактично потенційно закладають майбутній врожай зернових культур. Етап цвітіння характеризується тим, що сформовані колоски зацвітають і здебільшого приходить через 4...6 днів після того, як колоски на стеблї з'являються. Загальна тривалість етапу цвітіння озимої пшениці знаходиться в межах 6...7 днів, причому колосок починає цвісти з низу і продовжується весь процес до гори сформованого колоска. На наступному етапі дозрівання відбувається повне формування зернівок озимої пшениці, що поєднується із поетапною втратою вологи у сформованому врожаї. Близько двох тижнів потрібно для того, щоб озима пшениця досягла етапу молочної стиглості а потім відбувається поступовий перехід у фази воскової та повної стиглості. На етапі повної стиглості озимої пшениці на дотик сформовані зернівки стають твердими із вологістю зерна на рівні 18...20%.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Отже, в результаті наведеного аналізу представлені окремі ботанічні та біологічні особливості такої важливої сільськогосподарської культури як озима пшениця, наведені деякі умови, що висуваються до ефективного вирощування цієї культури і проаналізовані потенційні можливості використання отриманого врожаю як основного так і побічного. Цілком очевидно, що на врожай і якість отриманого збіжжя найбільший вплив має вірна організація кожного з етапів технології вирощування, що у поєднанні із сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами дозволяє отримувати високі показники. Для аналізу існуючої технології в господарстві та окресленні напрямків її поліпшення з метою підвищення економічної ефективності вирощування озимої пшениці наведемо перелік основних операцій із технічним їх забезпеченнями.

2.2. Опис базової технології вирощування озимої пшениці та пропозиції по її вдосконаленню

Аналізуючи статистичні дані вирощування культур по роках, можна підтвердити, що саме озима пшениця є однією із найбільш масово вирощуваних культур базового господарства, а щорічні її посіви коливаються в межах ± 300 га загальної площі. Зважаючи на організацію у господарстві семипільної сівозміни саме ця культура в розрізі цієї сівозміни застосовується для часткового відновлення та підтримання родючості.

Вихідними даними для проектування технологічного процесу вирощування озимої пшениці, як і кожного окремого етапу загальної технології є агротехнологічні вимоги. Очевидно, що в господарстві прагнуть реалізувати ресурсозберігаючі технології вирощування продукції агровиробництва, що підтверджується застосуванням енергонасичених сільськогосподарських агрегатів для найбільш енергозатратних операцій та використанням мінітехніки на операціях де це можливо. Це підтверджує, що комплектуванню агрегатів, ефективній організації роботи в полі приділяється достатня увага. Під час обґрунтування і підбору найбільш доцільних

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

сільськогосподарських агрегатів для конкретних робіт прагнуть забезпечити високу потоковість процесів, намагаються забезпечити повне узгодження показників швидкості, продуктивності і оперативності суміжних із поточною операцій.

Існуюча у господарстві базова технологія вирощування озимої пшениці, що реалізується протягом досить тривалого періоду часу наведена нижче.

Лущення стерні попередника

Першим етапом технології вирощування озимої пшениці є лушення стерні тієї культури, що була попередником. Для реалізації цих робіт в господарстві використовують дисковий лушильник ЛДГ-10А в агрегаті із трактором Т-150К. Виконуючи операції лушення потрібно виконати базові агротехнічні вимоги до означених робіт, а саме – можливий час між закінченням операції збирання попередника і початком лушення не має бути більшим за 24 години; відхилення глибини лушення агрегатом від встановленої має знаходитися в межах $\pm 1,5$ см.; при лушенні дисковим лушильником рослини бур'янів мають зрізатися повністю, а залишок стерні попередньої культури на поверхні поля має не бути більшим за 4%; реальна висота гребенів та глибина западин після проходження дискового лушильника має знаходитися в діапазоні ± 4 см; при роботі агрегату повинне забезпечуватися перекриття проходів на рівні 15 см із недопущенням огріхів і необроблених ділянок поля. Робоча швидкість дискового лушильника має не перевищувати 2,8 м/с.

Операція основного обробітку ґрунту

Під більшу кількість культур, які вирощуються в господарських умовах, основний обробіток ґрунту реалізують у вигляді полицевої оранки, ця ж тенденція є дійсною і для вирощування озимої пшениці. Основним агрегатом для оранки є трактор Т-150К у поєднанні із плугом ПЛН-5-35.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реалізуючи оранку намагаються забезпечити наступні основні агротехнічні вимоги: поверхня поля, на якому заплановано вирощування, після оранки має бути вирівняним без глибоких борозен і високих гребенів; пропуски і необроблені ділянки поля не допускаються; в результаті операції оранки всі рослинні рештки, насіння бур'янів, органічні добрива та ін. мають бути закриті ґрунтом повністю на задану глибину; глибина обробітку кожним корпусом орного агрегату має відповідати заданій по всій ширині захвату агрегату та для вирощування озимої пшениці повинна бути в межах 25...27 см.; реальне значення допустимого відхилення глибини оранки від встановленої знаходиться в діапазоні ± 2 см. Агротехнічно допустима швидкість основного обробітку у вигляді оранки скомпонованого агрегату не перевищує 7 км/год. Крім того, під час проведення оранки на одному полі весь обсяг робіт потрібно провести за кілька днів, а реалізуючи класичну полицеву оранку в межах господарства варто всі роботи завершити протягом 15 днів.

Поверхневий обробіток ґрунту

Поверхневий обробіток ґрунту під посів озимої пшениці проводять у вигляді культивуації, яку намагаються проводити комбінованими агрегатами з метою комплексної підготовки ґрунту під посів за один прохід агрегату по полю. Для цього в господарстві комплектують агрегат у складі двох культиваторів КПС-4, які на універсальній зчіпці СП-11 приєднуються до трактора ДТ-75М, для покращення вирівнювання поверхні поля до культиваторів додають вісім зубових борін БЗСС-1.0. При проведенні суцільної культивуації швидкість робіт має бути в межах 5...8 км/год, при цьому повинні повністю виконуватися агротехнічні вимоги до означених робіт. На одному полі операції суцільної культивуації мають бути проведеними за 3 робочих дні.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операції посіву озимої пшениці

Посів озимої пшениці в господарстві проводять агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та зернової сіялки СЗ-3,6А. При повному виконанні агротехнічних вимог до посіву зернових швидкість руху посівного агрегату не повинна перевищувати 11 км/год. Проводячи посівні роботи в господарстві вирівнюють поверхню поля шлейф-боронами, а якщо обробіток ґрунту проводився нещодавно, то реалізують прикочування посівів, для покращення контакту зернівок із ґрунтовим середовищем. Для означених цілей у господарстві використовують кільчасто-зубчасті або ж кільчасто-шпорові катки. З метою створення умов, які сприяють високій дружності сходів посівні операції в межах поля потрібно виконувати максимально швидко, а загальна тривалість посівних робіт озимої пшениці за сприятливих умов не повинна перевищувати семи робочих днів.

Підживлення посівів озимої пшениці

Сьогодні важко уявити господарство, у якому б не проводили підживлення озимих культур, що пов'язано із рядом причин, серед яких виділяються кліматичні зміни, зараженість посівів великою кількістю хвороб і шкідників, низькою якістю посівного матеріалу тощо. Саме для усунення всього комплексу проблем, або хоча б частини із них та створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин і проводять підживлення посівів озимої пшениці. Це є досить важливим етапом технології, якому в господарстві відводиться одна із вагомих ролей.

Під час проведення підживлення посівів озимої пшениці відбувається стимуляція рослин та забезпечується прискорення вегетації рослин весною після потепління, вирішується питання із забезпеченням молодих рослин достатньою кількістю поживних речовин, яких не вистачає для повноцінного росту і розвитку, відбувається обробка посівів хімією з ціллю боротьби із шкідниками та профілактикою хвороб. Для підживлення посівів озимої

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

пшениці в базовому господарстві використовується агрегат у складі трактора МТЗ-80 та відцентрового розкидача добрив МВУ-0,5.

З метою вірної організації операції підживлення посівів озимої пшениці потрібно за стандартною методикою для кожного конкретного поля розрахувати норми внесення та режими роботи агрегату. Для цього потрібно повністю та комплексно врахувати стан молодих посівів озимої пшениці, агрохімічний склад, наявність хвороб та шкідників, стан поля та ґрунту тощо. Важливо під час підживлення посівів ретельно дотримуватися розрахованих норм, а відхилення норм внесення хімічних сполук від розрахованих не має перевищувати $\pm 5\%$. Скомплектовані в господарстві агрегати для підживлення посівів озимих мають забезпечувати стабільні норми внесення в діапазоні 50...300 кг/га із кроком ± 25 кг/га.

При наведених операціях підживлення посівів висуваються жорсткі вимоги до рівномірності розподілу по полю азотних добрив. Передбачено, що при ширині захвату 10,8 м дійсна нерівномірність внесення добрив за шириною захвату має бути не більшою за 15%, в той час як за напрямком ходу агрегату ця нерівномірність має бути не більше 10%. Швидкість скомплектованого агрегату під час підживлення озимих посівів має бути до 4,5 км/год.

Боронування посівів озимих

Боронування посівів озимої пшениці проводять для того, щоб заробити в ґрунт агрохімічні засоби, що внесенні розкидним способом на поверхню поля для підживлення рослин. Ще одним завданням цієї операції є руйнування поверхневої кірки, що дозволить суттєво знизити випаровування вологи із поверхні поля. Цю операцію в господарстві реалізують агрегатом до складу якого входить трактор ДТ-75М, до якого за рахунок зчіпки СГ-21 приєднується певна кількість зубових борін БЗСС-1,0. Під час проведення означеної операції даним агрегатом варто дотримуватися швидкості не більше

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

11,5 км/год, адже доведено, що за таких швидкісних режимів забезпечується мінімальне травмування посіву озимих культур.

При боронуванні посівів озимих потрібно забезпечити перекриття проходу агрегатів на рівні 10...15 см. Варто уникати обробітку ґрунту із огріхами та іншими пропусками, крім того, проводячи цю операцію необхідно правильно вибрати напрямок руху, що має відбуватися під кутом або ж перпендикулярно до рядів озимої пшениці.

Збирання озимої пшениці

Збирання озимої пшениці в господарських умовах проводять методом прямого комбайнування на етапі воскової стиглості зерна. Реалізують збирання врожаю зернозбиральним комбайном класичної схеми обмолоту ДОН-1500Б. Під час роботи комбайна в полі збираючи озиму пшеницю регулюють висоту підрізання стебел, яка залежить від висоти колосків, густини та полеглості хлібів та інших факторів, при цьому діапазон регулювання висоти зрізання хлібостою повинна знаходитися в діапазоні значень 13...35 см. Якщо в господарстві розвинене тваринництво, то висота зрізання хлібостою в більшості випадків зменшується до 10 см., таку ж висоту зрізання стебел забезпечують при збиранні низькорослої пшениці, висота якої під час дозрівання не перевищує 70 см. У випадку необхідності збирати полеглі та направлені в різні сторони пшениці має забезпечуватися висота зрізання рослин в діапазоні 8...12 см.

Існують певні проблеми із збиранням та обробкою незернової частини врожаю. Так, за існуючими технологічними картами при прямому комбайнуванні соломі після обмолоту зернівок копнуноти після чого скиртують або ж подрібнюють із подальшим розкиданням по поверхні поля.

Швидкість комбайна, з якою збирають озиму пшеницю методом прямого комбайнування комбайном ДОН-1500Б дорівнює 6...7 км/год, що забезпечує втрати зерна за жаткою на рівні до 0,5%.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія післязбирального очищення зерна пшениці

Післязбиральне очищення потрібно проводити для того, щоб забезпечити сприятливі умови для зберігання зібраного збіжжя, адже наявні у зерні після прямого комбайнування сміттєві домішки часто забезпечують зниження класності зібраного врожаю та навіть приводять до псування зерна. Для очищення зерна в базовому господарстві застосовують самопересувну зерноочисну машину ОВС-25. Ця машина, працюючи на току під час первинного очищення зерна із продуктивністю до 25 т/год із вологістю зібраного збіжжя на рівні 20%. За таких вихідних умов роботи зерноочисної машини засміченість вихідного вороха домішками не повинна перевищувати 20%. Привід робочих органів зерноочисної машини ОВС-25 здійснюється від трифазного електродвигуна, а обслуговує її один оператор.

Зерно, що вирощувалося для продовольчого використання має бути очищене від домішок з допустимим їх вмістом у збіжжі до 5%, а його вологість не повинна перевищувати 16...19%. Якщо ж відбувається очищення посівного матеріалу, то додатково зерно має бути відсортованим за розмірними характеристиками та питомою вагою.

В базовому господарстві проводять тільки попереднє очищення, адже господарство не займається заготовкою посівного матеріалу. Попереднє очищення проводять для швидкого виділення із зернового збіжжя переважну більшість крупних домішок та домішок із підвищеною вологістю, що дозволяє зменшити загальну вологість зібраного врожаю та забезпечує створення сприятливих умов для подальшого зберігання зерна. Загальний вміст домішок у зібраному збіжжі озимого зерна повинна знизитися на 50% від початкового вмісту домішок.

2.2. Вдосконалення існуючої технології вирощування озимої пшениці

Ретельний аналіз існуючого технологічного процесу вирощування озимої пшениці в господарських умовах дозволяє відмітити слабкі і сильні сторони комплексної технології. Очевидно, що однією із слабких ланок

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технології є робота із незерновою частиною врожаю при його прямому комбайнуванню, адже існуючі зернозбиральні комбайни класичної схеми обмолоту більш ранніх років випуску не повністю адаптовані до виконання операцій із соломою, половиною, збійною, що вимагає проведення додаткових робіт по подрібненню чи збиранню із поля даних незернових частин врожаю. Таким чином, в ході виконання даної кваліфікаційної роботи спробуємо вдосконалити технологію вирощування озимої пшениці шляхом дослідження і вдосконалення обладнання для подрібнення незернової частини врожаю зернозбирального комбайна класичної схеми обмолоту.

Розрахунок технологічних параметрів для розробки операційної технологічної карти прямого комбайнування

Наведемо вихідні дані, які використовували для подальших розрахунків:

- загальна площа поля на якому реалізується процес вирощування озимої пшениці – $F = 100$ га;
- планова врожайність зерна пшениці – $h_z = 3,5$ т/га;
- усереднена довжина поля $L = 1000$ м;
- значення коефіцієнту збирання незернової частини врожаю озимої пшениці – $\partial_2 = 0,75$;
- розрахункові значення нерівності поля, на якому вирощується озима пшениця – $\alpha_{cp} = 3^\circ$; $\alpha_{max} = 9^\circ$;

Зернозбиральний агрегат у господарстві працює в складі одного комбайна ДОН-1500Б із пристосуванням для подрібнення і розкидання незернової частини врожаю по поверхні поля.

Для вибору швидкості роботи зернозбирального комбайну під час прямого комбайнування потрібно врахувати ряд чинників, серед яких:

- чинні агротехнічні вимоги, які висуваються до операції прямого комбайнування;

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дійсна пропускна здатність молотарки комбайна, яка приймається за інструкцією по експлуатації;
- фактичні технічні та експлуатаційні характеристики двигуна комбайна;
- пропускна здатність та інші показники продуктивності подрібнювача незернової частини врожаю.

Зведена характеристика зернозбирального комбайна ДОН-1500Б представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Окремі технічні показники зернозбирального комбайна ДОН-1500Б

Параметри	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Значення робочих швидкостей руху зернозбирального комбайна (до):		
- I діапазон	км/год.	5
- II діапазон	км/год.	10
- III діапазон (транспортний)	км/год.	20
Розрахункова вага зернозбирального комбайна, яка припадає на ведучий міст агрегату	кН.	125
Ємкість бункера	л	6000
Швидкість обертання барабану	об/хв	від 450 до 900
Продуктивність молотарки	кг/с	8...9
Марка двигуна комбайна		ЯМЗ-238
Номінальна потужність двигуна	кВт.	173
Експлуатаційна потужність двигуна	кВт.	165,6

Згідно із чинними агротехнічними вимогами до збирання зернових робоча швидкість агрегату під час прямого комбайнування повинна знаходитися в межах наступного діапазону швидкостей – $V_p = 0,8...2,8$ м/с.

Проведемо розрахунок максимально допустимої швидкості $V_{p \max}^0$, що виходить із максимальної пропускної здатності молотарки і описується рівнянням:

$$V_{p\max}^{\partial} = \frac{10 \cdot g_n}{B_p \cdot H_{\partial}},$$

де g_n – паспортне значення пропускної здатності молотарки комбайна, кг/с;

B_p – паспортне значення ширини захвату жатки комбайна, м;

H_{∂} – очікуване значення врожайності озимої пшениці, т/га.

За наведеними технічними показниками в таблиці 1 паспортне значення пропускної здатності молотарки $g_n = 8...9$ кг/с, його приймаємо після врахування коефіцієнту завантаження молотарки комбайна, яка дорівнює $k = 0,97$.

Розрахуємо робоче значення ширини захвату жатки зернозбирального агрегату із врахуванням обов'язкового перекриття проходів по полю:

$$B_p = 0,9 \cdot B_k,$$

де B_k – паспортна ширина захвату жатки зернозбирального комбайна, для комбайна ДОН-1500Б $B_k = 8,6$ м.

Враховуючи це маємо:

$$B_p = 0,9 \cdot 8,6 = 7,7 \text{ м.}$$

Знайдемо розрахункове значення сумарного врожаю озимої пшениці в дійсних господарських умовах за формулою

$$H_{\partial} = h_3(1 + \partial_2),$$

де h_3 – загальна врожайність зерна озимої пшениці, $h_3 = 3,8$ т/га;

∂_2 – частка незернової частини врожаю відносно загальної врожайності озимої пшениці, $\partial_2 = 0,7$.

Таким чином отримали

$$H_{\partial} = 3,8(1 + 0,7) = 6,46 \text{ т/га.}$$

Розраховані та отримані значення підставимо до виразу, що наведено вище і знайдемо розрахункове значення максимальної швидкості збирання озимої пшениці, маємо

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{p\max}^{\partial} = \frac{10 \cdot 8,5}{7,7 \cdot 6,46} = \frac{85}{49,742} = 1,7 \text{ м/с} = 6,12 \text{ км/год.}$$

Варто зазначити, що вибирати швидкість руху комбайну слід враховуючи рельєф місцевості, загальну врожайність зернових та співвідношення зернової-незернової частини, фізико-механічних властивостей збіжжя, що збирається, інших зовнішніх умов, а отже враховуючи існуючі практичні рекомендації при збирання зернових колосових подібними агрегатами максимально допустима швидкість прямого комбайнування не перевищує значення І діапазону швидкостей (за табл. 1), яка знаходиться в діапазоні швидкостей до 5 км/год.

З врахуванням значення дійсної потужності двигуна комбайна та його номінального завантаження оцінимо здатність зернозбирального агрегату працювати із розрахованою максимальною швидкістю збирання $V_{p\max}^{\partial}$. Такий розрахунок можна провести за відомою залежністю

$$N_{ep} = \frac{R_a \cdot V_{p\max}^{\partial}}{\eta_{tr} \cdot \eta_{\partial}} + \frac{N_{вом}}{\eta_{вом}},$$

де N_{ep} – зведена узагальнена потужність, яка виражається сумарною потужністю на роботу всіх робочих органів та переміщення комбайна по полю, кВт.;

R_a – розрахункове значення опору зернозбирального комбайна, кН.;

η_{tr} – сумарний ККД трансмісії збирального агрегату;

$N_{вом}$ – потужність, яка витрачається на привід всіх робочих органів зернозбирального комбайна, кВт.;

$\eta_{вом}$ – ККД, що передається через ВВП зернозбирального агрегату.

Проведемо визначення загального опору зернозбирального комбайна, для чого скористаємося залежністю

$$R_a = G_m \cdot (f_{об} + \sin \alpha),$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де G_m – паспортна вага зернозбирального комбайна із врахуванням ваги додаткових пристосувань, що працюють під час конкретної операції та вага зерна у бункері, кН.;

$f_{об}$ – значення коефіцієнту опору перекочування коліс комбайна;

α – значення кута підймання зернозбирального агрегату при його роботі в полі.

Користуючись довідниковими даними [10...12] сумарна вага комбайна ДОН-1500Б при його роботі із жаткою, що має ширину захвату 8,6 м дорівнює $G_k = 134$ кН, а якщо разом із комбайном ще й працює причіп для збирання незернової частини врожаю, його вага $G_m = 20$ кН. Із врахуванням цього, зчіпна вага зернозбирального агрегату $G_{сч_а}$ за умови повного завантаження бункера комбайна зібраним зерном шукається за формулою

$$G_{сч_а} \leq 0,7 \cdot G_k + G_m.$$

Враховуючи останню залежність розрахуємо загальну зчіпну вагу зернозбирального агрегату

$$G_{сч_а} = 0,7 \cdot 134 + 20 = 113,8 \text{ кН.}$$

Цілком логічно, що опір переміщення зернозбирального агрегату є випадковою величиною, яка залежить від ряду факторів, найбільш впливові із яких є повнота заповнення всіх технологічних бункерів і ємкостей; агрофон поля, на якому збирання виконується $f = 0,08...0,15$; нерівності поля, а саме – кут підймання агрегату в полі – $\alpha = 0...3...8^\circ$.

Щоб розрахувати опір зернозбирального агрегату разом із причепом скористаємося наступною залежністю:

$$R_a = G_{сч_к} (f_k + \sin \alpha) + (G_T (f_T + \sin \alpha)),$$

де $G_{сч_к} \cdot G_T = G_{сч_а}$ – зчіпна вага зернозбирального комбайна та причепа для збирання незернової частини врожаю, що в сукупності складає зчіпну вагу зернозбирального агрегату, кН;

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

f_k і f_T – коефіцієнт опору перекочування по поверхні поля зернозбирального комбайна та причепу;

α – нахил поля, на який зернозбиральний агрегат повинен підійматися під час прямого комбайнування озимої пшениці, град.

Отже, проведемо розрахунки і визначимо, що при $\alpha < 0^\circ$ а фактичний нахил поверхні поля складає $\alpha = 0...1^\circ$ маємо:

$$R_{a_o} = 113,8(0,08 + 0) + 20(0,08 + 0) = 9,1 + 1,6 = 10,7 \text{ кН};$$

Аналогічним чином розрахуємо при $\alpha = 3^\circ$, але не враховуючи коефіцієнт використання зчіпної ваги агрегату, яка розвивається при русі на підйом

$$R_{a_3o} = 113,8(0,08 + 0,13) + 20(0,08 + 0,13) = 23,9 + 4,2 = 28,1 \text{ кН}.$$

Для врахування коефіцієнту використання зчіпної ваги зернозбирального агрегату, що залежить від нахилу поля, на якому відбуваються роботи, варто скористатися залежністю

$$\varphi_a = \frac{R_{a(\kappa+m)}}{G_{c\mu(a)}} = \frac{P_{f_k}}{G_{c\mu_k}} + \frac{P_{a_k}}{G_{c\mu_k}} + \frac{P_{f_T}}{G_{c\mu_T}} + \frac{P_{a_T}}{G_{c\mu_T}},$$

якщо останнє рівняння виразити через функцію кутів отримаємо

$$\varphi_a = f_k + \varphi_{a_k} + f_m + \varphi_{a_m}.$$

Оскільки діапазон значень коефіцієнтів агрофону поля знаходиться в діапазоні значень $f_a = 0,08...0,15$, а значення кута підймання агрегату становить $\varphi_{a_a} = 0,03...0,14$ можна знайти розрахункові значення коефіцієнту використання зчіпної ваги зернозбирального комбайна для різних кутів його підйому α в полі

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_o} = 0,08 + 0,03 = 0,11 \text{ – за умови, що } f_a = 0,08;$$

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_3o} = 0,08 + 0,07 = 0,15 \text{ – за умови, що } f_a = 0,08;$$

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_8o} = 0,08 + 0,14 = 0,22 \text{ – за умови, що } f_a = 0,08.$$

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_o} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ – за умови, що } f_a = 0,15;$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_3o} = 0,15 + 0,07 = 0,22 \text{ – за умови, що } f_a = 0,15;$$

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_o} = 0,15 + 0,14 = 0,29 \text{ – за умови, що } f_a = 0,15.$$

Доведено, що опір зернозбирального агрегату, як і будь-якого іншого агрегату, що працює в полі змінюється, причому на цю зміну впливає і просідання шин в ґрунті в міру завантаження ємностей і сталість руху під час технологічної операції. За довідниковими даними [12] прийняли, що $\Delta P = 104 \text{ кг/см}^2 \approx 10,2 \text{ МПа}$; $\tau = 91 \text{ кг/см}^2$.

Знайдемо опір зернозбирального агрегату R_a , за умови, що $\alpha = 0...8^\circ$ та $f_a = 0,08...0,15$:

якщо $f_a = 0,08$, маємо розрахункові значення опорів

$$R_{a_0} = 113,8(0,08 + 0,03) + 20(0,08 + 0,03) = 12,52 + 2,2 = 14,72 \text{ кН.};$$

$$R_{a_3} = 113,8(0,08 + 0,07) + 20(0,08 + 0,07) = 17,07 + 3 = 20,07 \text{ кН.};$$

$$R_{a_8} = 113,8(0,08 + 0,14) + 20(0,08 + 0,14) = 25,04 + 4,4 = 29,44 \text{ кН.}$$

якщо $f_a = 0,15$, маємо розрахункові значення опорів

$$R_{a_0} = 113,8(0,15 + 0,03) + 20(0,15 + 0,03) = 20,48 + 3,6 = 24,08 \text{ кН.};$$

$$R_{a_3} = 113,8(0,15 + 0,07) + 20(0,15 + 0,07) = 25,04 + 4,4 = 29,44 \text{ кН.};$$

$$R_{a_8} = 113,8(0,15 + 0,14) + 20(0,15 + 0,14) = 33 + 5,8 = 38,8 \text{ кН.}$$

Розрахуємо опір зернозбирального агрегату R_a , що працює із завантаженими ємностями не враховуючи просідання у ґрунт шин для різних кутів підіймання комбайна

$$R_{a_0} = 113,8(0,15 + 0) + 20(0,15 + 0) = 17,07 + 3 = 20,07 \text{ кН.};$$

$$R_{a_3} = 113,8(0,15 + 0,05) + 20(0,15 + 0,05) = 22,76 + 4 = 26,76 \text{ кН.};$$

$$R_{a_8} = 113,8(0,15 + 0,13) + 20(0,15 + 0,13) = 31,86 + 5,6 = 37,46 \text{ кН.}$$

Для визначення значень $\eta_{тр}$, η_{δ} , $\eta_{вом}$ скористаємося довідниковими даними [20, 21], виходячи з чого маємо:

$$\eta_{тр} = 0,70; \eta_{\delta} = 0,965; 0,931; 0,860; \eta_{вом} = 0,93,$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи, що $\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100\%}$, якщо $\alpha = 0 \sim \delta = 3,5\%$; якщо $\alpha = 3 \sim \delta = 7\%$;

якщо $\alpha = 8 \sim \delta = 14\%$; тоді з врахуванням цього $\eta_{\delta_0} = 0,965$; $\eta_{\delta_3} = 0,931$;

$\eta_{\delta_8} = 0,860$.

Знайдемо сумарну потужність контрприводу, яка є фактично є потужністю на валу відбору потужності і визначається за залежністю

$$N_{\text{в.ом}} = N_{\text{y}\delta_6} \cdot g_{\delta} + N_{\text{y}\delta_{\text{из}}} \cdot g_c + N_{\text{в.ом}_\delta} + N_{\text{в.ом}_x},$$

де $N_{\text{y}\delta_6}$ – питомі енерговитрати, що витрачаються на процес прямого комбайнування озимої пшениці, кВт·с/кг;

$N_{\text{y}\delta_{\text{из}}}$ – питомі енерговитрати, що потрібні для роботи із незерною частиною врожаю, кВт·с/кг;

$N_{\text{в.ом}_\delta}$ – витрати потужності під час обертання валу відбору потужності комбайна вхолосту, кВт.;

g_c – значення пропускної здатності подрібнювача соломи, кг/с;

g_{δ} – значення пропускної здатності молотарки комбайна, кг/с.

За даними, що наведені в довідниках [9]: $N_{\text{y}\delta_6} = 7,2$ кВт·с/кг; $g_{\delta} = 7,6$ кг/с; $N_{\text{y}\delta_{\text{из}}} = 7,2$ кВт·с/кг; $g_c = 2,8$ кг/с; $N_{\text{в.ом}_x} = 10$ кВт; $N_{\text{в.ом}_\delta} = 3,4$ кВт.

Таким чином сумарна потужність контрприводу є рівною:

Отже, сумарна потужність складає

$$N_{\text{в.ом}} = 7,2 \cdot 7,6 + 7,2 \cdot 2,8 + 10 + 3,4 = 54,72 + 20,16 + 10 + 3,4 = 88,28 \text{ кВт.}$$

Отже, кінцеві затрати потужності при роботі зернозбирального комбайна ДОН-1500Б при прямому комбайнуванні зерна озимої пшениці із одночасним подрібненням і розкиданням по поверхні поля незернової частини врожаю є рівною:

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, N_{e_p} = \frac{10,7 \cdot 1,35}{0,7 \cdot 0,965} + \frac{88,28}{0,930} = \frac{14,445}{0,6755} + 94,92 = 116,3 \text{ кВт;}$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 3^\circ, N_{e_p} = \frac{16,52 \cdot 1,27}{0,7 \cdot 0,93} + \frac{88,28}{0,930} = \frac{20,98}{0,651} + 99,92 = 133,7 \text{ кВт;}$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\text{за умови, що } \alpha = 8^\circ, N_{ep} = \frac{38,1 \cdot 1,19}{0,7 \cdot 0,86} + \frac{88,28}{0,930} = \frac{45,34}{0,602} + 94,92 = 170,24 \text{ кВт.}$$

Наведені вище розрахунки були проведені із врахуванням того, що забезпечувалося стабільне завантаження молотарки, що у своїй сукупності дозволяє забезпечити стабілізацію режимів роботи основних робочих органів зернозбирального агрегату.

Під час прямого комбайнування озимої пшениці агрегат витрачає потужність, яка знаходиться в діапазоні тієї потужності, що є експлуатаційною для двигуна комбайна. Оскільки на комбайні ДОН-1500Б встановлюється двигун ЯМЗ-238 маємо:

$$\text{при } \alpha = 0^\circ, N_{ep} \leq N_{\text{э}} \quad 116,3 \leq 176 \text{ кВт;}$$

$$\text{при } \alpha = 3^\circ, N_{ep} \leq N_{\text{э}} \quad 133,7 \leq 176 \text{ кВт;}$$

$$\text{при } \alpha = 8^\circ, N_{ep} \leq N_{\text{э}} \quad 170,24 \leq 176 \text{ кВт.}$$

Враховуючи те, що робоча швидкість зернозбирального комбайна на I робочому діапазоні під час прямого збирання хлібів становить 5 км/год. = 1,39 м/с. А отже, фактична робоча швидкість зернозбирального агрегату за різних умов роботи розраховується за відомою залежністю:

$$V_{\phi} = \eta_m \cdot V_p,$$

після підстановки значень для різних умов роботи отримаємо:

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, V_{\phi} = 0,97 \cdot 1,39 \approx 1,35 \text{ м/с;}$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 3^\circ, V_{\phi} = 0,91 \cdot 1,39 \approx 1,27 \text{ м/с;}$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 8^\circ, V_{\phi} = 0,86 \cdot 1,39 \approx 1,19 \text{ м/с.}$$

Проведемо розрахунок експлуатаційних показників зернозбирального агрегату при прямому комбайнуванні озимої пшениці. Знайдемо максимальну продуктивність, що може бути досягнута на означеній операції за умови роботи на допустимій швидкості за залежністю:

$$W_{\text{мех}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p^g \cdot \tau,$$

де τ – коефіцієнт, що показує ефективність використання часу робочої зміни,

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = \frac{T_p}{T_{змін}}$$

T_p – час чистої роботи зернозбирального комбайна в полі, год.;

$T_{змін}$ – тривалість зміни роботи агрегату в полі, під час збирання врожаю тривалість зміни прямого комбайнування в базовому господарстві подовжують і вона становить $T_{змін} = 8,5$ год.

Час чистої роботи агрегату під час прямого комбайнування знаходять за наступною емпіричною залежністю:

$$T_p = \frac{2 \cdot L_p}{60 \cdot V_p} \cdot n_u,$$

де L_p – довжина поля на ділянці на якій відбувається збирання врожаю, м

$$L_p = L_y - 2E,$$

L_y – довжина гонів поля, на якому відбувається збирання озимої пшениці, м;

$2E$ – подвоєне значення ширини поворотної смуги зернозбирального агрегату, м.

За загальноприйнятою залежністю розрахуємо значення ширини поворотної смуги, що можна зробити за формулою:

$$E = 1,1 \cdot R_{\min} + 0,5 \cdot d_k + l_k,$$

де $R_{\min}$ – фактичне значення мінімального радіусу повороту зернозбирального агрегату в полі, $R_{\min} = 4,81$ м;

d_k – значення кінематичної ширини захвату зернозбирального комбайна, $d_k = 4,5$ м;

l_k – значення кінематичної довжини зернозбирального комбайна, $l_k = 6$ м.

У числовому вираженні маємо:

$$E = 1,1 \cdot 4,81 + 0,5 \cdot 4,5 + 6,0 = 13,55 \text{ м.}$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таким чином, враховуючи приведені вище розрахунки порахуємо фактичну довжину гону поля на ділянці збирання врожаю:

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 13,55 = 972,9 \approx 972 \text{ м.}$$

Приймемо довжину гону на полі озимої пшениці $L_p = 972 \text{ м.}$

Для розрахунку кількості циклів, що реалізуються за зміну роботи зернозбирального агрегату маємо скористатися залежністю:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{см}} - T_{\text{пз}} - T_{\text{обс}} - T_{\text{отл}}}{t_{\text{ц}}},$$

де $T_{\text{пз}}$ – час, що витрачається під час реалізації підготовчо-заклучних робіт зернозбирального комбайна, хв.;

$T_{\text{обс}}$ – час, що потрібен для організаційно-технологічного обслуговування комбайна при його русі в загінці, хв.;

$T_{\text{отл}}$ – час, відведений на відпочинок і регламентовані перерви, які потребує обслуговуючий персонал для особистих потреб при комбайнуванні зернових, хв.

Для знаходження часу підготовчо-заклучних робіт під час операції прямого комбайнування скористаємося рівнянням

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{ето}} + T_{\text{пн}} + T_{\text{пн}} + T_{\text{зк}},$$

де $T_{\text{ето}}$ – час, що витрачається на щодення Т.О. зернозбирального агрегату, хв.;

$T_{\text{пн}}$ – час, що потрібно затратити для підготовки комбайна до переїзду, хв.;

$T_{\text{пн}}$ – час, який витрачає комбайнер для отримання наряду на роботу і здачі виконаної роботи, хв.;

$T_{\text{зк}}$ – час, що потрібен для обслуговування комбайна після реалізації технологічного процесу збирання зернових, хв.

Скориставшись відомими даними [5] можемо для розрахунків прийняти наступне: $T_{\text{ето}} = 60 \text{ хв.}; T_{\text{пн}} = 3 \text{ хв.}; T_{\text{пн}} = 4 \text{ хв.}; T_{\text{зк}} = 16 \text{ хв.}$

Таким чином, сумарне тривання робіт, які затрачаються на підготовку агрегату та по закінченні збирання врожаю дорівнює:

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{nz} = 60 + 3 + 4 + 16 = 83 \text{ хв.}$$

За довідниковими даними прийmemo і час, який потрібен для організаційно-технічного обслуговування комбайна при його роботі в загінці, за даними, наведеними в [5] цей час дорівнює $T_{обс} = 25 \text{ хв.}$

Знайдемо тривалість робочого циклу при прямому комбайнуванні пшениці за наступною залежністю:

$$t_y = \frac{2 \cdot L_p}{60 \cdot V_p^g} + \frac{2 \cdot L_x}{60 \cdot V_{xx}} + t_{оц},$$

де t_y – тривалість робочого циклу зернозбирального агрегату в полі, хв.;

L_x – значення довжини повороту і холостого ходу комбайна при його холостих рухах, м;

V_{xx} – швидкість із якою рухається комбайн під час холостих ходів,
 $V_{xx} = 1,35 \text{ м/с.};$

$t_{оц}$ – час, що потрібен для зупинок агрегату на його технологічне обслуговування протягом робочого циклу, хв.

Щоб розрахувати фактичне значення довжина холостого ходу скористаємося відомим виразом

$$L_x = 2 \cdot R_{\min} \cdot \frac{c}{2} \cdot 2 \cdot l_k,$$

де c – фактична ширина загінки на конкретному полі, м.

$$c = 8 \cdot R_{\min},$$

$$c = 8 \cdot 4,81 = 38,4 \text{ м.}$$

Отже, в числовому вигляді шлях, що потребує зернозбиральний агрегат для здійснення поворотів становить:

$$L_x = 2 \cdot 4,81 \cdot \frac{38,4}{2} \cdot 2 \cdot 6 = 48,8 \text{ м.}$$

$L_x = 70 \text{ м}$ – дійсний шлях переїздів комбайна враховуючи значення усередненої ширини загінки.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо розрахунок часу, протягом якого відбуваються зупинки зернозбирального комбайну для проведення його технічного обслуговування за один робочий цикл агрегату. Для цього скористаємося формулою:

$$t_{oc} = \frac{2 \cdot L_p}{L_{техн}} \cdot t_{oc},$$

де L_p – розрахункова довжина гону поля, на якому вирощується озима пшениця, м;

$L_{техн}$ – довжина шляху зернозбирального комбайну, протягом якого бункер заповниться зібраним зерном, м;

t_{oc} – час, що потрібний для однієї технологічної зупинки комбайна, хв.

Тоді запас робочого ходу зернозбирального комбайна до заповнення бункера зібраним врожаєм дорівнює:

$$L_{техн.} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot 10^4}{g \cdot B_p},$$

де V – конструктивний об'єм бункера для зерна комбайна ДОН-1500Б, м³;

γ – дійсне значення насипної ваги зібраного збіжжя, в даному випадку – озимої пшениці, т/м³;

λ – коефіцієнт, що показує наскільки заповнений бункер для зерна комбайна;

g – значення середньої врожайності зернових, що має місце на даному полі, т/га.

Аналогічно, як і в попередніх випадках для отримання певних величин скористаємося довідниковими даними. Так, за [23, 25] маємо: $g = 3,5$ т/га; $V = 6$ м³; $\gamma = 0,85$ т/м³; $\lambda = 0,91$.

Розрахуємо значення запасу робочого ходу комбайна із врахуванням наведених величин

$$L_{техн} = \frac{6 \cdot 0,85 \cdot 0,91 \cdot 10^4}{3,5 \cdot 9,0} = 1521 \text{ м.}$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадку збирання незернової частини врожаю у причіп, розрахуємо запас ходу скомплектованого агрегату із врахуванням заповнення кузова причепа 2ПТС-4-887А

$$L_{техн_n} = \frac{V_T \cdot \gamma_e \cdot \lambda \cdot 10^4}{0,191 \cdot g_c \cdot B_p},$$

де V_T – конструктивний об’єм кузова для незернової частини врожаю,

$$V_T = 45 \text{ м}^3;$$

γ_e – значення насипної ваги рослинних решток зернових, що завантажуються у причеп, $\gamma_e = 0,04 \text{ т/м}^3$;

λ – значення коефіцієнту заповнення об’єму причепа 2ПТС-4-887А, $\lambda = 0,804$;

g_c – сумарна врожайність подрібнених частин решток незернової частини врожаю озимої пшениці, $g_c = 2,69 \text{ т/га}$.

$$L_{техн_n} = \frac{45 \cdot 0,04 \cdot 0,804 \cdot 10^4}{0,191 \cdot 2,69 \cdot 9} = 3244 \text{ м.}$$

Для заміни заповненого причепа рослинними рештками проводять заміну причепів використовуючи механізм автонавіски на ходу без зупинки зернозбирального агрегату при переїзді комбайном поворотної смуги.

$$L_{техн_n} = L_p = \frac{3244}{972} = 3,3 \text{ робочих хода зернозбирального агрегату.}$$

Таким чином, враховуючи коефіцієнт заповнення технологічних ємкостей зернозбирального агрегату та необхідність забезпечення мінімального запасу цієї величини можна прийняти 3 робочих ходи скомплектованого агрегату.

Розрахуємо час, що потрібно затратити на технологічну зупинку зернозбирального комбайна за наступною залежністю:

$$t_{oc} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda}{0,06 \cdot W_{ин}},$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $W_{\text{ин}}$ – фактична продуктивність шнеку-вивантажувача зібраного зерна комбайна ДОН-1500Б, за даними, що наведені в [16], ця продуктивність $W_{\text{ин}} = 25$ кг/с.

$$t_{oc} = \frac{6 \cdot 0,6 \cdot 0,79}{0,06} = 1,58 \text{ хв.}$$

Розрахуємо час, який потрібен для здійснення зупинок комбайна для проведення його технологічного обслуговування протягом одного циклу роботи зернозбирального агрегату. Для цього використаємо відоме рівняння:

$$t_{oc} = \frac{2 \cdot 972 \cdot 1,58}{2382} = 1,2 \text{ хв.}$$

де $2382 \text{ м} = \frac{(1521 + 3244)}{2}$ – значення середньої довжини ходу зернозбирального агрегату між проведенням розвантаженням зібраного в бункер зерна та зібраної в причеп незернової частини врожаю.

Тривалість циклу роботи комбайна при збиранні озимої пшениці дорівнює:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 972,9}{60 \cdot 1,35} + \frac{2 \cdot 40,8}{60 \cdot 1,35} + 1,2 = 26,2 \text{ хв.}$$

Розрахуємо кількість циклів роботи збирального агрегату з врахуванням того, що тривалість зміни під час збирання врожаю $T_{\text{зм}} = 8,5$ год.:

$$n_{\text{ц}} = \frac{510 - (83 + 25 + 25)}{26,2} = 14,3 \text{ циклів;}$$

Тоді, відповідно чистий робочий час зміни комбайна при прямому комбайнуванні озимої пшениці у числовому вигляді дорівнює

$$T_p = \frac{2 \cdot 972,9 \cdot 14,3}{60 \cdot 1,27} = 365,1 \text{ хв.}$$

Загальний коефіцієнт використання часу зміни на операцію прямого комбайнування озимої пшениці становить $\tau = \frac{365,1}{510} = 0,72$.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо технічну продуктивність комбайна ДОН-1500Б в залежності від рельєфу поля та обраного маршруту по загінці

за умови, що $\alpha = 0^\circ$, маємо $W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,35 \cdot 0,72 = 3,14$ га/год.;

за умови, що $\alpha = 3^\circ$, маємо $W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,27 \cdot 0,72 = 2,96$ га/год.;

за умови, що $\alpha = 8^\circ$, маємо $W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,19 \cdot 0,72 = 2,77$ га/год.

Проведемо розрахунок і змінної продуктивності зернозбирального комбайна при прямому комбайнуванні врожаю залежно від рельєфу поля

$$W_{cm} = W_{tex} \cdot T_{cm},$$

за умови, що $\alpha = 0^\circ$, маємо $W_{cm} = 3,14 \cdot 8,5 = 26,69$ га/зміну;

за умови, що $\alpha = 3^\circ$, маємо $W_{cm} = 2,96 \cdot 8,5 = 25,16$ га/зміну;

за умови, що $\alpha = 8^\circ$, маємо $W_{cm} = 2,77 \cdot 8,5 = 23,54$ га/зміну.

За відомою методикою приймемо, що середня продуктивність зернозбирального комбайна $W_{cm_{cp}} = 25,1$ га/зміну. Це прийнято на основі того, що усереднена продуктивність зернозбирального комбайна напряму пов'язана із ходовим навантаженням під час робочого ходу, кутів нахилу рельєфу поля, та загалом може контролюватися тиском мастила в робочій магістралі.

Знайдемо витрати палива на кожен гектар роботи зернозбирального агрегату із врахуванням всіх зовнішніх чинників

$$g_{za} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{W_{cm_a}},$$

де G_p , G_x , G_o – дійсні значення витрат пального під час години роботи комбайна на робочому ході, холостому ході та при зупинках агрегату, що відповідно складає: $G_p = 48,6$ кг/год.; $G_x = 25,5$ кг/год.; $G_o = 12,5$ кг/год.

T_p , T_x , T_o – час чистої роботи агрегату в полі, час холостого ходу та тривалість зупинок зернозбирального агрегату, год.

Розрахунок часу холостого ходу комбайна під час збирання озимої пшениці проведемо таким чином:

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_x = \frac{2 \cdot L_{x_{\text{обц}}}}{3600 \cdot V_x} \cdot n_u,$$

$$T_x = \frac{2 \cdot (40 + 70)}{3600 \cdot 1,35} \cdot 14,3 = 0,64 \text{ год.}$$

Для розрахунку часу зупинок з ціллю розвантаження зібраного врожаю варто скористатися формулою:

$$T_o = 0,5T_{\text{ето}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}} + T_{\text{то}},$$

де $T_{\text{то}}$ – час, протягом якого має відбутися розвантаження бункерів зернозбирального комбайна, год.

$$T_{\text{то}} = \frac{t_{\text{оц}} \cdot n_u}{60},$$

$$T_{\text{то}} = \frac{1,2 \cdot 14,3}{60} = 0,3 \text{ год.}$$

З врахуванням наведеного вище, отримаємо загальну тривалість зупинок зернозбирального агрегату:

$$T_o = 0,5 \cdot 1 + 0,42 + 0,42 + 0,30 = 1,64 \text{ год.}$$

Розрахуємо і витрати палива на один гектар збирання врожаю, що теж залежить від змінної продуктивності комбайна та рельєфу поля, на якому вирощується озима пшениця

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, \text{ маємо } g_{\text{за}} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{26,69} = 12,4 \text{ кг/га;}$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 3^\circ, \text{ маємо } g_{\text{за}} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{25,16} = 13,3 \text{ кг/га;}$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 8^\circ, \text{ маємо } g_{\text{за}} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{23,54} = 14,1 \text{ кг/га.}$$

Проведемо розрахунок затрат праці під час здійснення операції прямого комбайнування озимої пшениці за формулою:

$$z_{\text{mn}} = \frac{m + m_g}{W_{\text{mex}_a}},$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m – фактична чисельність персоналу, який потрібен для повноцінного функціонування зернозбирального комбайна, осіб;

m_g – фактична чисельність допоміжного персоналу по обслуговуванню комбайна, осіб.

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, \text{ маємо } Z_{mn} = \frac{1+1}{3,14} = 0,63 \text{ люд} \cdot \text{год/га.};$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 3^\circ, \text{ маємо } Z_{mn} = \frac{1+1}{2,96} = 0,67 \text{ люд} \cdot \text{год/га.};$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 8^\circ, \text{ маємо } Z_{mn} = \frac{1+1}{2,77} = 0,72 \text{ люд} \cdot \text{год/га.}$$

Знайдемо значення витрат енергії на технологічний процес прямого комбайнування врожаю враховуючи рельєф поля, маємо

$$\alpha = \frac{N_{epa}}{W_{mexa}},$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, \text{ маємо } \alpha_m = \frac{116,3}{3,14} = 37,04 \text{ кВт} \cdot \text{год/га.};$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 3^\circ, \text{ маємо } \alpha_m = \frac{133,7}{2,96} = 45,17 \text{ кВт} \cdot \text{год/га.};$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 8^\circ, \text{ маємо } \alpha_m = \frac{170,24}{2,77} = 61,46 \text{ кВт} \cdot \text{год/га.}$$

Розрахуємо сумарну продуктивність праці того обслуговуючого персоналу, який має працювати на скомплектованому зернозбиральному агрегаті під час основної технологічної операції прямого комбайнування

$$П = \frac{W_{mexa}}{m + m_g},$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 0^\circ, \text{ маємо } П = \frac{3,14}{2} = 1,57 \text{ га/люд} \cdot \text{год.};$$

$$\text{за умови, що } \alpha = 3^\circ, \text{ маємо } П = \frac{2,97}{2} = 1,48 \text{ га/люд} \cdot \text{год.};$$

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

за умови, що $\alpha = 8^\circ$, маємо $P = \frac{2,77}{2} = 1,38$ га/люд.·год.

Проведені розрахунки у технологічній частині дозволяють побудувати операційно-технологічну карту прямого комбайнування озимої пшениці враховуючи зовнішні умови та технологічні параметри і режими роботи комбайна. Розроблена операційно-технологічна карта наведена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

3. Наукова частина

3.1. Загальний опис комбайна ДОН-1500Б та обґрунтування запропонованого вдосконалення

Зернозбиральний комбайн класичної схеми обмолоту ДОН-1500Б призначено для збирання методом прямого комбайнування та роздільним методом всього спектру зернових та круп'яних культур та після його дообладнання спеціальними пристосуваннями його ж використовують для збирання кукурудзи, соняшнику, рапсу, гречки, бобових та ряду інших культур. Працюючи в полі із озимою пшеницею зернозбиральний комбайн реалізує послідовно наступні операції: скошування або ж підбирання із поверхні поля хлібів, із наступним звуженням і транспортуванням хлібної маси до молотарки, обмолочування зерна із його наступним очищенням від домішок і транспортуванням в бункер-накопичувач, відділення і транспортування незернової частини врожаю із її подальшим копнуванням в копнувач або ж подрібненням і розкиданням по поверхні поля.

Зернозбиральний комбайн ДОН-1500Б (рис. 3, 4), що використовується в базовому господарстві для збирання озимої пшениці є за схемою роботи класичним зернозбиральним комбайном, який складається із жатки, проставки, похилої камери, молотарки, зернового бункера, трансмісії, двигуна, гідросистеми, ходової системи, електрообладнання, кабіни та органів керування.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

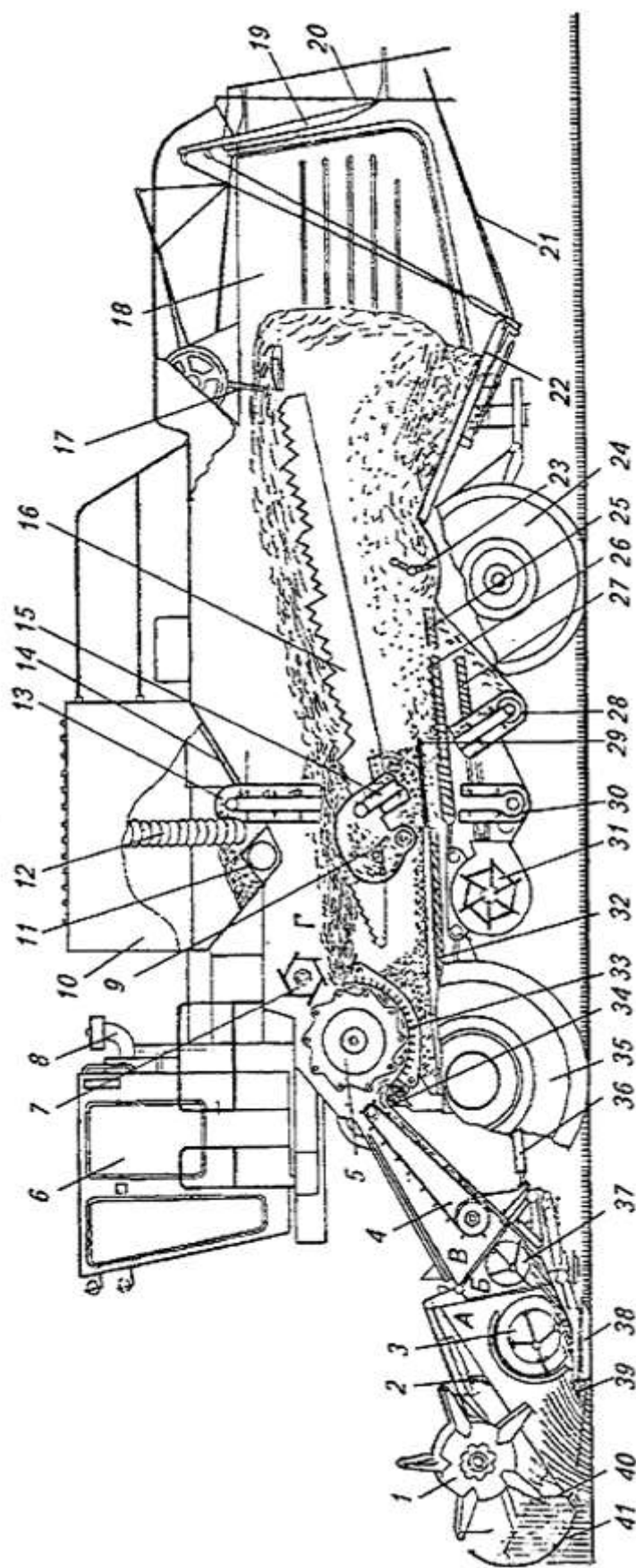


Рис. 3. Принципова схема зернозбирального комбайна ДОН-1500Б:

А – жатна частина; Б – проставка; В – похила камера; Г – молотарка;

1 – моторило; 2, 36 – гідроциліндри; 3 – шнек жатки; 4 – плаваючий транспортер; 5 – молотильний барабан; 6 – кабіна; 7 – відбійний бітер; 8 – двигун; 9 – домолочуючий пристрій; 10 – бункер; 11 – відвантажувальний шнек; 12 – завантажувальний шнек; 13 – зерновий елеватор; 14 – вібробудувач; 15 – колосовий елеватор; 16 – соломотрус; 17 – соломонабивач; 18 – копнувач; 19 – клапан копнувача; 20 – доводчик; 21 – пальці;

22 – днище копнувача; 23 – половонабивач; 24, 35 – колеса; 25 – подовжувач верхнього решета; 26 – верхнє решето; 27 – нижнє решето; 28 – колосовий шнек; 29 – пальцева решітка; 30 – зерновий шнек; 31 – вентилятор; 32 – транспортна дошка; 33 – підбарання; 34 – каменевловлювач; 37 – бітер проставки; 38 – копіючі башмаки; 39 – різальний апарат; 40 – граблини; 41 – подільник



Рис. 4. Фото зернозбирального комбайна ДОН-1500Б

Жатка комбайна ДОН-1500Б (рис. 3) через похилу камеру В навішується на раму молотарки Г. Жатка навішується на фронтальну навіску та з'єднується шарнірно із проставкою Б, що дозволяє їй здійснювати коливальні рухи в просторі в обох площинах і у поздовжній і у вертикальній. Саме таке специфічне кріплення жатки до проставки, забезпечує під час переміщення комбайна по полю копіювання рельєфу за рахунок пересування башмаків 38, що в кінцевому варіанті забезпечує необхідну висоту зрізання стебел озимої пшениці сегментно-пальцевим різальним апаратом 39.

На жатці комбайна ДОН-1500Б встановлюється мотовило 1, шнек 3, подільники 41, сегментно-пальцевий різальний апарат 39 та копіюючі башмаки 38. Відповідно в проставці встановлюється бітер, а у похилій камері комбайна – встановлено транспортер хлібної маси 4. У випадку роботи комбайна в режимі підбирання попередньо скошених на полі валків, в жатці встановлюють підбирач, при цьому демонтуючи різальний апарат та мотовило.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

До молотарки комбайна ДОН-1500Б входить молотильно-сепаруючий пристрій (МСП), до складу якого входить барабан молотильний 5 та підбарабання 33, що безпосередньо виконують обмолот зерна. Крім перелічених елементів МСП включає відбійний бітер 7, соломотрус 16, транспортну дошку 32, зерновий та колосовий шнеки (30 і 28 відповідно), зерновий та колосовий елеватори (13 і 15 відповідно), домолочуючий пристрій 9. Системи комбайна, що проводять очистку розміщуються під соломотрусом та конструктивно складаються із верхнього жалюзійного 26 та нижнього жалюзійного решіт 27, вентилятора 31 і подовжувача решета очистки 25. Крім того, до кришки молотарки приєднують бункер 13 у якому монтують вивантажувальний шнек 11 і завантажувальний шнек 12.

Комбайн ДОН-1500Б пересувається по полю на пневматичних колесах із приводом на передню вісь 35, а функцію керування зернозбирального агрегату виконують задні колеса 24. Привід на всі робочі органи комбайна відбувається від дизельного двигуна 8. Керує комбайном комбайнер, для чого використовує органи керування та допоміжні системи, що розташовуються в кабіні зернозбирального агрегату, гідравлічну систему та систему автоматичного керування за технологічним процесом.

Працює зернозбиральний комбайн класичної схеми обмолоту ДОН-1500Б таким чином (рис. 3). Граблини, що розміщені на мотовилі 1 підводять хлібну масу до різального апарату 39, який зрізає стебла і вкладає зрізані хліба на платформу. Далі шнек 3, що розміщений в жатці звужує потік зрізаної маси до ширини молотарки та спрямовує це матеріал на бітер проставки 37, що в подальшому подає стебла разом із колосками на плаваючий транспортер 4. За рахунок роботи нижньої ланки плаваючого транспортера 4 відбувається переміщення зрізаних з поля хлібів до молотильного апарату. Обертаючись із високою швидкістю молотильний барабан 5 своїми бичами б'є по соломисто-колосковій масі, за рахунок чого відбувається розтягування потоку матеріалу,

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

що потрапляє на обмолот, його протягування по підбарабанню 33, що забезпечує виділення зерна від стебел, соломи, збоїни, колосків.

Після обмолоту хлібна маса, крім повноцінного зерна озимої пшениці, вміщує значну кількість домішок, таких як частки соломи, колосків, збоїну, насіння інших культур і бур'янів, домішки інших походжень. Традиційно для прямого комбайнування ці дрібні частки разом із повноцінним зерном носять назву дрібний зерновий ворох. Варто розуміти, що під час роботи комбайна класичної схеми обмолоту більша частина цього дрібного зернового вороху проходить через отвори, які виконанні в підбарабанні 33 та далі просипаються на транспортну дошку 32.

Та солома і необмолочене зерно, що пройшло крізь молотильний барабан 5 відкидаються ним із великою швидкістю до відбійного бітера 7, який суттєво сповільнює швидкість руху матеріалу та спрямовує цю солому із недомолотом до соломотрусу 16. Під час контакту із бітером теж із матеріалу відділяються зернівки, які потім переміщуються по встановленій під бітером 7 пальцевій решітці, що сприяє якіснішому виділенню із соломистого матеріалу повноцінного зерна озимої пшениці. Крім цього, саме бітер 7 забезпечує неперервне транспортування матеріалу та відведення хлібної маси після її обмолоту молотильним барабаном 5, при цьому повністю усуває ймовірність намотування на молотарку хлібної маси при його роботі.

Далі до роботи підключаються клавіші соломотруса 16, які здійснюючи кругові циклічні рухи сприяють дуже інтенсивному струшуванню та перемішуванню соломи. Ті зернівки озимої пшениці і інші дрібні включення під час цього перемішування проходять через отвори і по похилому коробу спрямовуються до транспортної дошки 32. Під час цього процесу гребунки клавіш соломотрусу забезпечують транспортування соломи до місця її виходу із молотарки комбайна.

Те зерно, що пройшло крізь отвори підбарабання та виділилося на соломотрусу спрямовується транспортною дошкою 32 до верхнього

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

жалюзійного решета 26, просипаючись крізь отвори якого, зерно озимої пшениці відправляється на нижнє жалюзійне решето очистки 27. Ці решета продуваються повітряним потоком, що створюється вентилятором 31, а це в своїй сукупності забезпечує винесення цим повітрям легких домішок до копнувача комбайна. Те зерно, яке пройшло на просів крізь нижнє жалюзійне решето накопичується в жолобі шнека 30, після чого транспортується скребками транспортера елеватора 13 на шнек 12, а цей шнек відвантажує очищене зерно в бункер 10 зібраного збіжжя.

При проведенні технологічного процесу прямого комбайнування озимої пшениці спостерігається обламування певної частини колосків, та їх подача в такому стані на очистку. Ці необмолочені колоски на схід рухаються по верхньому решеті та спрямовуються на подовжувач 25 і просипаючись через отвори якого потрапляють до жолоба колосового шнека 28. Саме цей колосовий шнек і відправляє необмолочені колоски до похилого транспортеру 15, який за своїм призначенням повинен направити колоски на обмолот у домолочуючий пристрій 9.

Всі крупні домішки, які були в зібраному збіжжі, що залишилися на подовжувачі разом із легкими домішками спрямовуються на вихід із молотильного пристрою. Із зернового бункера комбайна накопичене зерно озимої пшениці вивантажувальним шнеком 11 спрямовується в кузов автомобіля для подальшого транспортування обмолоченого врожаю. Причому звільнення зернового бункера комбайна ДОН-1500Б може відбуватися як під час проведення робочого ходу або ж під час зупинки агрегату.

Для роботи із незерновою частиною врожаю у серійному комбайні ДОН-1500Б встановлюють гідрофікований копнувач 18, або ж як у нашому варіанті – подрібнювач соломи. У такому випадку зернозбиральний комбайн забезпечує під час роботи подрібнення незернової частини врожаю із подальшим розподіленням подрібненого матеріалу по поверхні поля або ж збирати цей матеріал у візок чи вкладати у валок.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деякі базові технічні характеристики зернозбирального комбайна ДОН-1500Б наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Базові технічні характеристики зернозбирального комбайна ДОН-1500Б

Показник	Значення
1	2
Загальне маркування зернозбирального комбайна	PCM-10
Габарити комбайна із стандартною жаткою, що має ширину захвату 6 м:	
- ширина	не більше 9 м
- довжина	до 12 м
- висота	не більше 4,2 м
Дорожній просвіт	370 мм
Ширина колії передніх коліс	2800 мм
Ширина колії задніх коліс	2900 мм
Встановлена конструктивна вага зернозбирального комбайна без жатки	12590 кг
Діапазон робочої швидкості руху комбайна I діапазон	до 5 км/год
Діапазон робочої швидкості руху комбайна II діапазон	до 10 км/год
Діапазон транспортної швидкості комбайна	0...20 км/год
Ширина молотарки комбайна	1500 мм
Тип молотильного барабану	класичний, бильний із десятима бичами рифів
Діаметр молотильного барабану	800 мм
Частота обертання молотильного барабану	445...900 об/хв
Механізм, з допомогою якого регулюється частота обертання молотильного барабану	варіатор клинопасовий
Кут охоплення барабану	130°
Сумарна площа підбарабання	1,38 м ²
Загальна площа сепарації збіжжя	6,15 м ²
Сумарна площа решіт	4,74 м ²
Об'єм бункера для врожаю	6 м ³
Швидкість відвантаження очищеного зерна	42 л/секунду
Висота відвантаження зерна з комбайна	2,9 м
Двигун, що встановлюється на комбайн	ЯМЗ-238АК
Максимальна потужність двигуна	173 кВт 235 к.с.

Сьогодні існує тенденція, коли під час збирання врожаю, на основі принципів ресурсозбереження та відновлення родючості, намагаються забезпечити і ефективно використання незернової його частини. Цілком відомо, що варто звернути увагу на принципи збирання врожаю, що реалізуються у закордонних виробників чи реалізуються на принципах закордонних технологій вирощування, за яких при збиранні зернових колосових вся незернова частина врожаю інтенсивно і якісно подрібнюється до розмірів 3...5 см та рівномірно розподіляється по поверхні поля. Це дозволяє під час наступних операцій заробити рослинні залишки попередника на задану глибину чи залишити їх на поверхні поля у якості мульчуючого шару. У першому випадку забезпечується перегнивання рослинних решток та часткове відновлення органічного удобрення за рахунок перегнивання соломи, полови, збоїни тощо. У другому випадку – мульчуючий шар виконує роль захисту ґрунту від надмірного випаровування вологи із поверхні ґрунту та теж є стабілізаційним заходом для забезпечення сталого врожаю у наступний період вирощування рослин. Конструкція комбайнів закордонних виробників доволі непогано вирішує задачі подрібнення незернової частини та її розподілення по поверхні поля, в той час, як комбайн ДОН-1500Б має досить низькопродуктивний і не повністю адаптований до умов роботи подрібнювач соломи, конструкція якого вимагає подальшого дослідження і вдосконалення. Варто зауважити, що незернова частина врожаю повинна бути оброблена в дуже стиснуті терміни, щоб певна кількість поживних речовин залишилася в рослинних рештках, так подрібнення і заробка в ґрунт рослинних решток озимої пшениці повинна відбутися не пізніше ніж через 3 години після збирання, а тому подрібнення всього матеріалу зернозбиральним комбайном із подальшою його заробкою в ґрунт луцильниками чи дисковими боронами дозволяє комплексно вирішити весь спектр наведених проблем, особливо коли у господарстві не займаються тваринництвом. Багаторічна реалізація таких технологій роботи із незерновою частиною врожаю, дозволяє відмітити, що

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

такий спосіб вирощування культур забезпечує зниження витрат до 30% добрив у наступні періоди сівозміни, оскільки значна кількість поживних речовин повертається в ґрунт із перегнившими рештками незернової частини врожаю.

Таким чином, актуальною задачею для інтенсифікації технологічного процесу вирощування озимої пшениці є дослідження і вдосконалення подрібнювача незернової частини врожаю зернозбирального комбайна ДОН-1500Б з метою підвищення продуктивності роботи, рівномірності подрібнення і розкидання рослинних решток по поверхні поля.

З метою вирішення переліченого кола проблем, а саме інтенсифікації роботи подрібнювача соломи зернозбирального комбайна ДОН-1500Б потрібно намагатися забезпечити процес подрібнення із зменшеним розміром часток та їх рівномірності розподілення по поверхні поля. Виходячи із функціональної схеми цього зернозбирального комбайна (рис. 3) та принципу його роботи подрібнювач соломи повинен встановлюватися в задній його частині якомога нижче над поверхнею поля, що в результаті дозволить знизити ймовірність забивання соломотрусів комбайна та забезпечить можливість суттєвого збільшення довжини заслінки, яка має бути ще й саморегулювальною. Саме це повинно забезпечити стабілізацію технологічного завантаження барабану подрібнювача та буде сприяти більш рівномірній подачі рослинних решток на подрібнення конфузоровим зернозбиральним комбайном.

Вдосконалення конструкції подрібнювача рослинних решток комбайна ДОН-1500Б

За класичною схемою роботи зернозбирального комбайна вся незернова частина, після обмолоту із неї зерна в молотарці та очистці на соломотрусу і решетах транспортується до виходу із комбайна через конфузори у задній частині збирального агрегату. Для того, щоб реалізувати процес ефективного подрібнення незернової частини врожаю із подальшим розподілом цих подрібнених часток по поверхні поля запропоновано до

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання модернізовану конструкцію подрібнювача соломи, функціональна схема якого наведена на рис. 5.

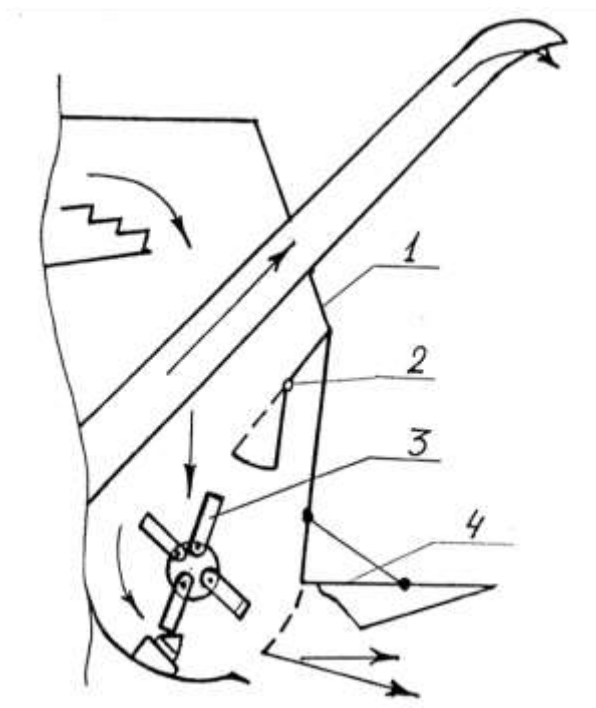


Рис. 5. Функціональна схема модернізованого подрібнювача соломи зернозбирального комбайна ДОН-1500Б:

1 – задня стінка зернозбирального комбайна, яка є подовженою порівняно із серійним агрегатом; 2 – регулювальна заслінка для зміни інтенсивності потоку соломистої маси; 3 – барабан-подрібнювач, що має збільшену кількість молотків; 4 – дефлектор регулювальний

Працює вдосконалений подрібнювач незернової частини врожаю так. Соломиста маса, після обмолоту та виділення із неї зерна сходячи із соломотрясу підводиться до корпусу 1 (рис. 5), після чого під власною вагою подається на заслінку 2, яка регулює інтенсивність захоплення матеріалу молотками барабану-подрібнювача 3. Цей барабан подрібнювач 3, що конструктивно виконується із збільшеною кількістю молотків під час свого обертання підводить рослинні рештки до бруса на якому закріплені протирізальні ножі. Молотки, протягуючи матеріал крізь зазори між протирізальними ножами забезпечують процес подрібнення незернової частини врожаю та спрямовують масу після подрібнення до регулювального

підпружиненого дефлектора 4. Підпружинений дефлектор 4 подрібнювача соломи забезпечує за рахунок пружини вирівнювання подрібненої маси та після усталеності тиску рослинних решток забезпечує відкриття дефлектору і розсіювання соломи по поверхні поля із стабільним винесенням подрібнених часток назовні.

З метою обґрунтування працездатності модернізованого подрібнювача соломи розрахуємо нероз'ємного зварного з'єднання кріплення регулювальної заслінки для зміни інтенсивності потоку соломистої маси (рис. 6), яка кріпиться на тягах, до жорстко закріплених провущин із обох боків. Такі зварні з'єднання проводять вручну за рахунок проведення ручного напівавтоматичного зварювання електродом. Для таких дій у випадку виготовлення подрібнювача рослинних решток пропонуємо використовувати електрод Е-42, який відповідає ГОСТ 5264-69. Параметри зварного шва наступні: тип шва – двосторонній тавровий; катет зварного шва – $k = 0,006$ м; сумарна довжина зварного шва – $l = 0,14$ м. Слід зазначити, що з боку рами заслінки прикладається сила, що становить $P = 12$ кН (рис. 6).



Рис. 6. Схема зварного з'єднання кріплення регулювальної заслінки подрібнювача соломи зернозбирального комбайна ДОН-1500Б

Знайдемо значення зусилля розтягу на зварному шві. Для цього використаємо відому залежність:

$$\varepsilon'_{cp} = \frac{P}{0,7 \cdot k \cdot l},$$

де ε'_{cp} – значення напруженості нероз'ємного з'єднання (зварного шва) на його зрізання, МПа;

P – зусилля яке діє на елемент кріплення, Н;

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

k – значення катету шва (рис. 6), м;

l – фактична довжина шва, м.

$$\varepsilon'_{cp} = \frac{1200}{0,7 \cdot 0,006 \cdot 0,14} = \frac{1200}{0,000588} = 20,4 \text{ МПа.}$$

Відомо, що умова міцності в такому випадку повинна мати вигляд:

$$\tau'_{cp} \leq [\tau_{cp}].$$

Пропонується деталі, що будуть зварюватися виготовляти із однієї із найбільш простих і поширених сталей Ст3, яка має наступні характеристики: $[\sigma_p] = 160$ МПа. Тоді $[\tau_{cp}] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 160 = 96$ МПа, що дозволяє пересвідчитись у повному виконанні із значним запасом умови міцності для обраного матеріалу.

Наступний етап розрахунку працездатності модернізованого подрібнювача соломи зернозбирального комбайна ДОН-1500Б полягає у перевірці надійності кріплення ножа. Для цього проведемо розрахунок на зрізання осі, яка забезпечує фіксацію ножа подрібнювача (рис. 7). Працюючи ніж подрібнювача створює силу P , яка приводить до того, що з'являються напруженості зрізання та зминання на довжині l . Умова працездатності ножа подрібнювача враховуючи необхідність забезпечення міцності як на зминання так і на зрізання описується наступною нерівністю:

$$\tau'_{cp} \leq [\tau_{cp}]; \quad \tau'_{cm} \leq [\tau_{cm}].$$

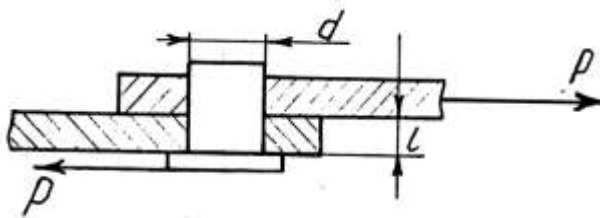


Рис. 7. Схема до розрахунку осі кріплення ножа подрібнювача

У нашому випадку теж приймемо, що матеріалом виготовлення осі є Ст3, яка має наступні характеристики: $[\tau'_{cp}] = 50$ МПа, $[\tau'_{cm}] = 135$ МПа.

З метою визначення розрахункового значення напруги на зрізання, яка виникає при роботі ножа на осі його фіксації варто використати відому формулу:

$$\tau'_{cp} = \frac{P}{\left(2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)},$$

де P – фактичне значення сили, яка діє на точку з'єднання осі і ножа, Н;
 d – значення діаметру осі, якою фіксують ніж-подрібнювач, м.

$$\tau'_{cp} = \frac{10000}{2 \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4}} = 15,9 \text{ МПа.}$$

Таким чином, отримані розрахунки підтверджують, що умови міцності на зминання і зрізання виконуються, а отже ніж подрібнювач може повноцінно працювати із віссю, що виготовляється із Ст3 та має діаметр 0,02 м.

Барабан подрібнювача незернової частини врожаю своїм валом спирається на підшипникові опори, що і забезпечує вільне обертання цього барабану. Ці підшипникові опори мають бути надійно зафіксованими до боковин зернозбирального комбайна, що пропонуємо робити фіксацією опор за допомогою гайки М12. Для закручування таких гайок (рис. 8) потрібно прикладати зусилля $P_p = 250$ Н, при цьому використовувати стандартний гайковий ключ із $l = 0,2$ м. При цьому на стержень різьбового з'єднання буде діяти осьова сила розтягу F , а безпосередньо закручування гайки супроводжується моментом сил тертя в різьбовому з'єднанні T_p . Слід розуміти, що зазначений момент сил тертя буде діяти на стержень різьбового з'єднання навіть після того, як гайка повністю затягнута.

Для проведення розрахунків різьбового з'єднання наведемо вихідні дані:

- діаметр різьби (внутрішній) – $d_p = 0,010$ м;
- значення середнього діаметру різьби – $d_2 = 0,011$ м;

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

- усереднений діаметр опорної поверхні гайки – $d_m = 0,0206$ м;
- значення коефіцієнту тертя на торцях гайки – $f = 0,15$;
- робочий кут профілю різьбового з'єднання – $\alpha = 60^\circ$;
- значення зведеного кута тертя в різьбі – $\varphi' = 10^\circ 91'$;
- дійсний кут підймання різьби – $\beta = 3^\circ 12'$.

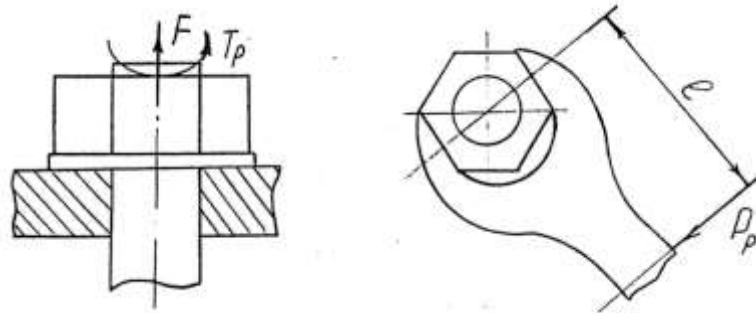


Рис. 8. Схема до розрахунку різьбового з'єднання кріплення підшипникових опор

Щоб різьбове з'єднання працювало повинна забезпечуватися наступна умова:

$$\sigma_{екв} \leq [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p]$ – значення допустимої напруженості розриву, що має прямий зв'язок із границею міцності матеріалу, МПа

$$[\sigma_p] = 0,6 \cdot \sigma_T,$$

σ_T – значення дійсної границі міцності того матеріалу з якої виготовлена деталь, у випадку виробництва гайки із матеріалу Сталь 40Х ця границя міцності становить – $\sigma_T = 784$ МПа.

В такому випадку допустима напруженість на розрив в числовому вигляді має вигляд

$$[\sigma_p] = 0,6 \cdot 784 = 470 \text{ МПа.}$$

З тією метою щоб знайти нормальну напруженість стержня різьбового з'єднання потрібно використати стандартну залежність:

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$\sigma = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_p^2},$$

де F – фактичне значення сили, що виникає вздовж осі різьбового з'єднання, Н. Її можна знайти за формулою:

$$F = \frac{M_3}{\frac{d_2}{2} [tg(\beta + \varphi) + f \cdot \frac{d_m}{d_2}]};$$

$$M_3 = P_p \cdot l;$$

$$M_3 = 250 \cdot 0,2 = 50 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$F = \frac{50}{\frac{0,010}{2} [tg(3,72 + 10,91) + 0,15(\frac{0,0206}{0,0110})]} = 18181 \text{ Н}.$$

$$\sigma = \frac{4 \cdot 1818}{3,14 \cdot 0,010^2} = 231 \text{ МПа}.$$

Для того, щоб визначити значення дотичного напруження в різьбовому з'єднанні використаємо емпіричну формулу

$$\tau = \frac{0,5F \cdot d_2 \cdot tg(\beta + \varphi)}{0,2 \cdot d_p^3};$$

У числовому вираженні це дотичне напруження

$$\tau = \frac{0,5 \cdot 18181 \cdot 0,011 \cdot tg(3,72 + 10,91)}{0,2 \cdot 0,01^3} = 131 \text{ МПа}.$$

А значить, еквівалентне напруження становить:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2};$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{231^2 + 4 \cdot 131^2} = 349 \text{ МПа}.$$

За таких умов роботи і обраних матеріалів умова міцності $\sigma_{екв} \leq [\sigma_p]$ у розрахунковому вигляді має такий вигляд $349 \text{ МПа} \leq 470 \text{ МПа}$, та є повністю виконуваною. Таким чином і матеріали і параметри з'єднання обрані вірно.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Характеристика експериментальних досліджень модернізованого подрібнювача соломи комбайна ДОН-1500Б

Протягом тривалого періоду часу науковці та практики провели значну кількість досліджень щодо пошуку та обґрунтування раціональних параметрів подрібнювачів соломи зернозбиральних комбайнів різних конструкцій та принципів дії. Ці дослідження дали змогу підтвердити, що в реальних польових умовах зробити конкретні висновки щодо конструкції та режимів роботи подрібнювачів зернозбиральних комбайнів досить проблемно і сьогодні до кінця це питання залишається не визначеним, адже на якісні показники роботи подрібнювачів соломи крім їх будови і технологічних параметрів значно залежать від ряду зовнішніх чинників таких як фізико-механічні властивості рослинних решток, енергетичних показників процесу подрібнення тощо. Дане питання є дуже актуальним для комбайнів більш ранніх років випуску, адже раніше це питання взагалі не розглядалося. На основі приведеної інформації можна стверджувати, що дослідження та пошук раціональних параметрів подрібнювача соломи комбайна ДОН-1500Б є актуальною прикладною задачею, а адаптація цього механізму до умов роботи та характеристик вихідної суміші дозволить комплексно вирішити складну проблему із рослинними рештками зернових культур за умови ґрунтозахисного землеробства.

Метою досліджень в даній кваліфікаційній роботі є підвищення якості та рівномірності подрібнення рослинних решток зернозбиральним комбайном за рахунок дослідження та модернізації конструкції подрібнювача незернової частини врожаю та обґрунтування технологічних режимів роботи вдосконаленого механізму.

Об'єкт дослідження: технологічний процес подрібнення соломи зернозбиральним комбайном, що працює за класичною схемою обмолоту збіжжя.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є закономірності, які визначають конструктивні і технологічні параметри та режими роботи подрібнювача соломи зернозбиральним комбайном, що працює за класичною схемою обмолоту збіжжя.

На основі проведених пошукових досліджень та окремих розрахунків деяких параметрів подрібнювача соломи, які проведено вище, можна поставити задачі майбутніх досліджень, які полягають у наступному:

- провести огляд і аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів незернової частини врожаю із відміткою їх переваг і недоліків, та окреслення напрямків подальшого вдосконалення подібних технічних систем;
- провести обґрунтування окремих конструктивних елементів модернізованого подрібнювача соломи барабанного типу, що може працювати в комбайні класичної схеми обмолоту ДОН-1500Б;
- на основі проведених експериментів встановити раціональні параметри ножів подрібнювачів на барабані та частоти обертання подрібнювача і подачі незернової частини врожаю на подрібнення виходячи із агротехнічних вимог до означеної операції та вимоги забезпечення заданої продуктивності модернізованої технічної системи.

Порядок реалізації експериментів

Для проведення експериментальних досліджень використовували поля базового господарства, на який проводили пряме комбайнування зернозбиральним комбайном ДОН-1500Б озимої пшениці. Для дослідження ефективності роботи подрібнювача соломи його конструкцію виготовляли такою, що б можна було змінювати конструкцію ножів і відстань між ножами на протирізальному брусі та змінювати в широкому діапазоні частоту обертання подрібнюючого барабану.

Перед початком проведення експерименту проводяться всі стандартні налаштування зернозбирального комбайна ДОН-1500Б та проводиться перевірка ефективності його роботи і лише після цього переходять до

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

проведення експерименту. Для подрібнювача соломи проводять теж ряд регулювань, які опишемо окремо. Основні із них:

- запуск подрібнювача соломи без навантаження, як і решти робочих органів і механізмів зернозбирального комбайна;
- відрегулювати основні елементи подрібнювача, зокрема встановити протирізальний брус і з потрібною кількістю ножів, закріпити та перевірити надійність кріплення молотків на диску подрібнювача, перевірити легкість та плавність обертання валу подрібнювача, виставити потрібну частоту обертання подрібнювача та ін.;
- провести пробний прохід по полю комбайна в робочому режимі, оцінити якість роботи подрібнювача незернової частини врожаю як з точки зору розміру часток так і рівномірності їх розподілення по поверхні поля, якщо існує така необхідність, то провести додаткові налаштування і регулювання.

За класичною методикою проведення експериментів всі дослідження реалізовувалися із трикратною повторністю, а їх результати оброблялися та самі дослідження планувалися за загальноприйнятою методикою планування багатофакторного експерименту. Обробку результатів експериментальних досліджень із оцінки ефективності роботи подрібнювача соломи комбайна ДОН-1500Б проводили в пакеті програм STATISTICA 12, а результати експерименту представлені нижче.

Результати експериментальних досліджень роботи подрібнювача незернової частини врожаю комбайном ДОН-1500Б

Використовуючи стандартні методи планування багатофакторного експерименту проведемо підбір факторів, що впливають на процес роботи подрібнювача соломи і рівні їх варіювання

- зазор між ножами барабану та протирізальної пластини, b , мм;
- подача соломи на подрібнення, Q , кг/с;

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- частота обертання барабану подрібнювача соломи комбайна ДОН-1500Б, n , об/хв.

Фізичні значення наведених факторів та рівні їх варіювання, які і були використані при проведенні експериментальних досліджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Значення факторів із рівнями їх варіювання при експериментальних дослідженнях ефективності роботи подрібнювача незернової частини врожаю

№	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Зазор між ножами барабану та протирізальної пластини b , мм	x_2	44,0	8,0	18
2	Подача соломи на подрібнення, Q кг/с	x_1	5	0,5	2,25
3	Частота обертання валу подрібнювача n , об/хв.	x_3	1000	200	400

Результати побудови матриці експериментальних досліджень

Побудову матриці планування експерименту проводили в пакеті програм STATISTICA 12. Враховуючи наявність трьох факторів, які є найбільш впливовими на ефективність подрібнення незернової частини врожаю комбайном реалізували стандартну статистичну модель $n = 2^3 = 8$. Порядок проведених операцій моделювання в системі STATISTICA 12 та візуалізація послідовно проведених процедур наведені на рис. 9.

Наступний етап роботи – введення в пакеті програм рівнів варіювання найбільш впливових на процес факторів, що представлені в таблиці 2, що в кінцевому результаті дозволило отримати матрицю планування експерименту (рис. 10), у якій залишається ввести в четверту колонку середнє значення результатів експериментів за трикратною повторюваністю. У якості результатів експериментальних досліджень приймалася якість подрібнення

рослинних решток подрібнювачем, яка виражалася відсотком одержання часток заданого чи меншого розміру за умов відсутності забивань барабану подрібнювача та протирізального бруса. Результати реалізації експерименту представлені у вигляді рис. 10.

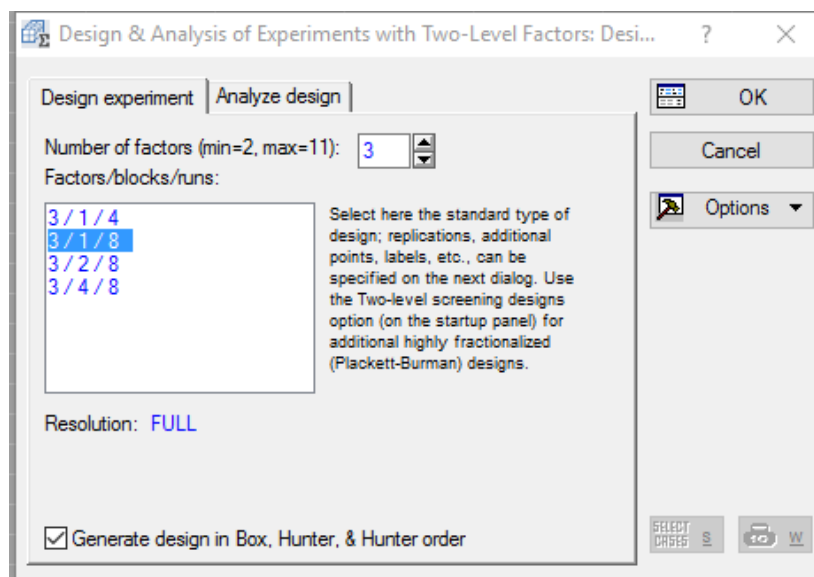
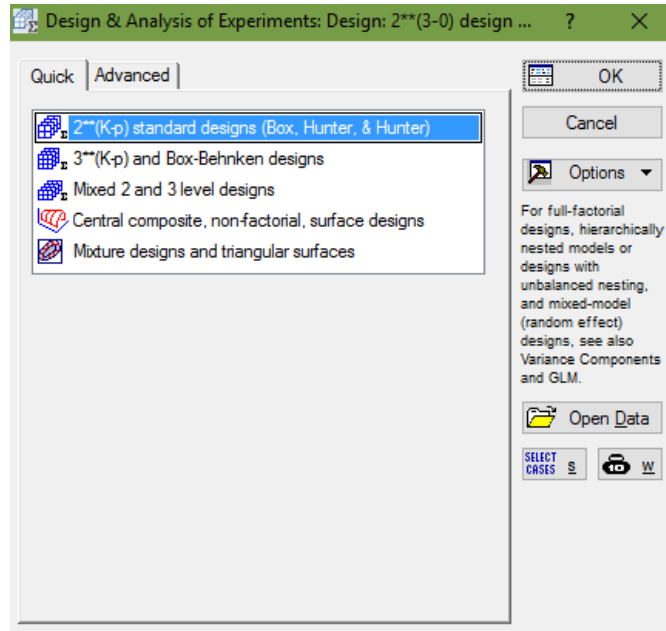


Рис. 9. Загальний вигляд вікон планування багатфакторного експерименту в системі STATISTICA 12

	1	2	3	4
	b, мм	Q, кг/с	n, об/хв	Y
1	8	0,5	200	80
2	44	0,5	200	78
3	8	5	200	70
4	44	5	200	67
5	8	0,5	1000	91
6	44	0,5	1000	87
7	8	5	1000	83
8	44	5	1000	79

Рис. 10. Табличний результат багатофакторного експерименту оцінки впливу факторів на ефективність роботи подрібнювача незернової частини врожаю

Результати реалізації планування багатофакторного моделювання та створена статистична модель наведена у вигляді таблиці, яка сформована шляхом обробки введених даних у програмі STATISTICA 12 (рис. 11).

Effect Estimates; Var.: Y; R-sqr=.99972; Adj.:99806 (Spreadsheet1) 2**(3-0) design; MS Residual=.125 DV: Y										
Factor	Effect	Std. Err.	t(1)	p	-95.% Cnf. Limit	+95.% Cnf. Limit	Coeff.	Std. Err. Coeff.	-95.% Cnf. Limit	+95.% Cnf. Limit
Mean/Interc.	79.37500	0.125000	635.0000	0.001003	77.7867	80.96328	79.37500	0.125000	77.78672	80.96328
(1)b, мм	-3.25000	0.250000	-13.0000	0.048875	-6.4266	-0.07345	-1.62500	0.125000	-3.21328	-0.03672
(2)Q, кг/с	-9.25000	0.250000	-37.0000	0.017202	-12.4266	-6.07345	-4.62500	0.125000	-6.21328	-3.03672
(3)n, об/хв	11.25000	0.250000	45.0000	0.014145	8.0734	14.42655	5.62500	0.125000	4.03672	7.21328
1 by 2	-0.25000	0.250000	-1.0000	0.500000	-3.4266	2.92655	-0.12500	0.125000	-1.71328	1.46328
1 by 3	-0.75000	0.250000	-3.0000	0.204833	-3.9266	2.42655	-0.37500	0.125000	-1.96328	1.21328
2 by 3	1.25000	0.250000	5.0000	0.125666	-1.9266	4.42655	0.62500	0.125000	-0.96328	2.21328

Рис. 11. Результат реалізації факторного експерименту ефективності роботи подрібнювача соломи

Ретельний аналіз наведених результатів дозволяє записати статистичну математичну модель у зручному для сприйняття формульному вигляді. Ця статистична модель оцінки якості роботи подрібнювача рослинних решток від факторів, що наведені вище наступна:

$$Y = 79,375 - 1,625x_1 - 4,625x_2 + 5,625x_3 - 0,125x_1x_2 - 0,375x_1x_3 + 0,625x_2x_3$$

Дане рівняння регресії системою перевірено на адекватність та відтворюваність, а коефіцієнти наведеного рівняння за стандартною методикою але знову ж програмно перевірено на значимість. Наведена статистична математична модель впливу факторів на ефективність

подрібнення соломи дозволяє побудувати графіки попарного впливу факторів на критерій оптимізації, які наведені на рис. 12, 13, 14.

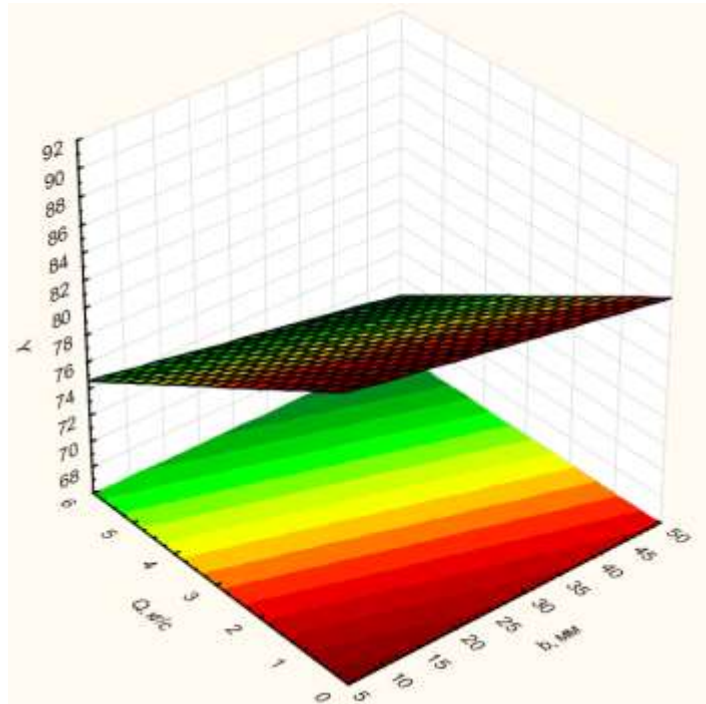


Рис. 12. Графіки попарного впливу зазору між ножами барабану та протирізальної пластини b і подачі соломи на подрібнення Q на ефективність подрібнення незернової частини врожаю Y

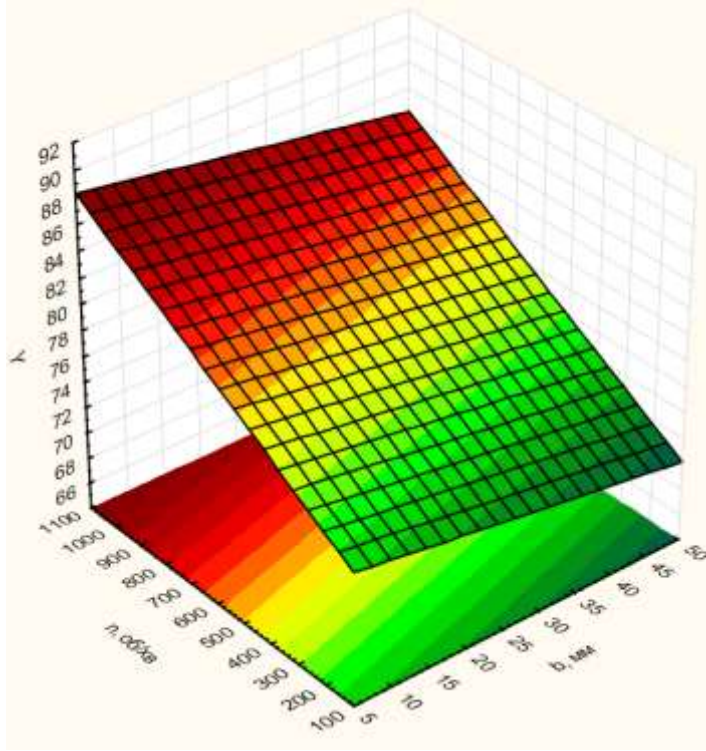


Рис. 13. Графіки попарного впливу зазору між ножами барабану та протирізальної пластини b і частоти обертання валу подрібнювача n на ефективність подрібнення незернової частини врожаю Y

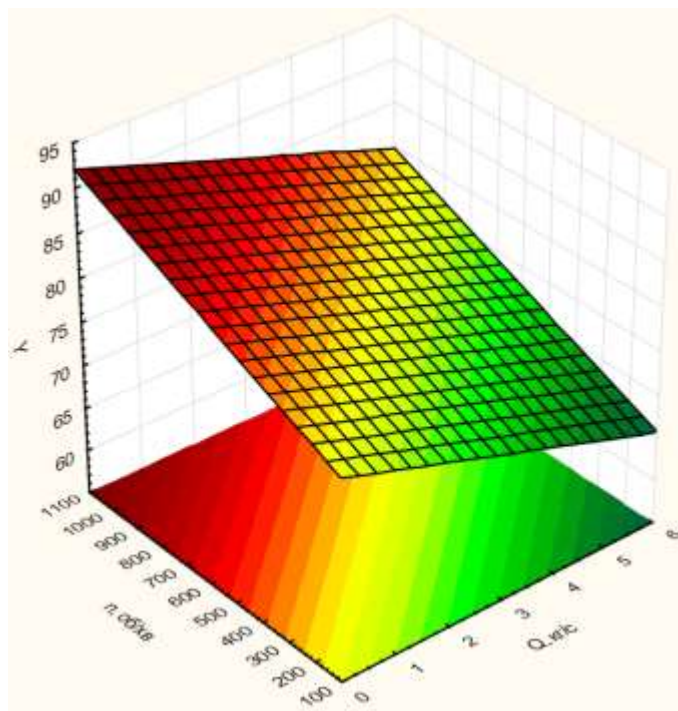


Рис. 14. Графіки попарного впливу подачі соломи на подрібнення Q і частоти обертання валу подрібнювача n на ефективність подрібнення незернової частини врожаю Y

Аналіз отриманого рівняння регресії та графіків попарного впливу факторів на критерій оптимізації дозволяє зробити висновок, що найбільше на якість та ефективність подрібнення соломи впливає частота обертання валу подрібнювача та подача соломи на подрібнення. Цілком логічно, що підвищення частоти обертання валу подрібнювача має позитивний вплив на критерій оптимізації, поряд із тим із подачею соломи на подрібнення існує зворотна тенденція, адже збільшення подачі соломи на подрібнення має обернений вплив на ефективність процесу. Наведені результати дозволяють встановити діапазони раціональних значень зазначених параметрів, а саме – частота обертання валу подрібнювача повинна знаходитися в діапазоні значень $n = 800 \dots 900$ об/хв, подача соломи на подрібнення, враховуючи необхідність забезпечення потрібної продуктивності за умови забезпечення агротехнічних вимог до процесу знаходиться в межах $Q = 0,9 \dots 1,5$ кг/с.

Досить сильно впливає на процес подрібнення соломи зазор між ножами барабану та протирізальної пластини. Поряд з тим варто зазначити,

що на даному діапазоні значень зменшення вказаного фактору призводить до погіршення якості подрібнення соломи, що пояснюється можливим забиванням ножів на барабані та протирізальної пластини. Для пошуку раціональних значень цього зазору керуються заданим розміром частин, до яких рослинні рештки мають подрібнюватися та зменшенням ймовірності забивання барабану подрібнювача. Раціональні значення цього фактору знаходяться в діапазоні значень $b = 20...25$ мм.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження дозволили встановити області раціональних значень факторів, що впливають на подрібнення незернової частини врожаю подрібнювачем соломи. Доведено, що при зазору між ножами барабану та протирізальної пластини $b = 20...25$ мм., частоті обертання валу подрібнювача $n = 800...900$ об/хв та подачі соломи на подрібнення $Q = 0,9...1,5$ кг/с вдається досягти сумарної ефективності роботи подрібнювача соломи $Y = 90...94$ %. Досягнутий показник ефективності подрібнення соломи є значно вищим, ніж у серійного подрібнювача подібної конструкції, що встановлюється на зернозбиральному комбайні ДОН-1500Б, що за протоколами випробувань та досвідом роботи у базовому господарстві не перевищує 70...75%.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

4. Охорона праці

При роботі із зернозбиральним комбайном під час прямого комбайнування зернових культур виділяються наступні шкідливі і небезпечні виробничі чинники:

- велика кількість рухомих елементів конструкцій, таких як мотовило, різальний апарат, молотильний апарат, транспортери, вентилятор, очистка комбайна та ін;
- наявність механізмів і елементів конструкції, які обертаються із великою швидкістю, наприклад двигун, елементи трансмісії, колеса, транспортери, інші пристосування і механізми;
- високий рівень шуму як на місці комбайнера так і поруч в зоні виконання операції, джерелами якого виступає двигун, швидкообертаючі механізми, наприклад молотарка, вентилятор, соломотрус, подрібнювач соломи та ін;
- підвищений порівняно із нормативним рівень вібрації в зоні роботи комбайнера та під час обслуговування і налаштування комбайна, джерелами вібрації виступають робочі органи, силова установка, механізми трансмісії та гідроприводу тощо;
- перевищений рівень запиленості і загазованості робочого місця як в зоні роботи комбайнера так і під час проведення налаштувань, перевантаження зібраного збіжжя, очищення робочих органів і елементів тощо;
- перебіг технологічного процесу прямого комбайнування зернових супроводжує певна кількість шкідливих речовин, серед яких паливно-мастильні матеріали, охолоджуюча рідина, рідина трансмісії, система кондиціонування та ін;
- підвищена пожежонебезпека, через роботу двигуна і інших механізмів із підвищеними температурами, можливість виникнення іскор,

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

короткого замикання в електромережі, підтікання пального та інших займистих речовин, необхідністю збирання сухої хлібної маси та ін;

- ймовірність ураження працівників струмом під час роботи зернозбирального агрегату, що особливо має місце під час роботи комбайна в безпосередній близькості до високовольтних ліній електропередач, трансформаторів, виникнення і збурення статичного струму, ураження блискавкою тощо;
- високе розміщення над поверхнею ґрунту робочого місця комбайнера та необхідність проведення робіт по налаштуванню і обслуговуванню комбайна на значній висоті;
- велика кількість гострих країв та неогороджених елементів конструкцій зернозбирального комбайна, що можуть нанести травму працюючому;
- суттєва нерівномірність температурного режиму та інших параметрів мікроклімату в кабіні комбайна;
- необхідність роботи зернозбирального агрегату в умовах недостатнього освітлення (рано вранці, пізно ввечері), що вимагає дообладнання агрегату достатньою кількістю освітлювальних приладів, причому не лише фар, які будуть освітлювати поле попереду чи позаду агрегату, але й додаткових підсвіток в зоні роботи відповідальних конструктивних елементів.

Перелічені шкідливі і небезпечні виробничі фактори можуть бути легко усунені і не завдавати загроз життю і здоров'ю працюючих за умови повноцінного використання норм і правил техніки безпеки і охорони праці, що є обов'язковими до виконання при роботі із зернозбиральними агрегатами

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Економічна частина

У повній відповідності до завдання на кваліфікаційну роботу та узгодженням вдосконалення технології вирощування озимої пшениці в базовому господарстві до існуючого процесу внесені зміни, а саме – зернозбиральний комбайн ДОН-1500Б обладнано подрібнювачем соломи вдосконаленої конструкції. Вихідні дані, по яким відбувалася оцінка економічної ефективності запропонованих вдосконалень, що взяті на основі проведених розрахунків та дійсних даних базового господарства наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Вихідні дані оцінки економічної ефективності запропонованих змін до технології вирощування озимої пшениці в господарських умовах

Показники	Одиниця виміру	Базова ДОН-1500Б із серійним подрібнювачем соломи	Проектна ДОН-1500Б із вдосконалим подрібнювачем соломи
Обсяг робіт	га.	100	100
Витрати палива	кг/га	8,76	8,96
Норма виробітку	га/год	15,42	16,15
Витрати праці	люд-год/га	0,67	0,54
Ціна	грн	934150	

Економічна доцільність запропонованих розробок оцінювалася за стандартною методикою, а результати економічної ефективності впровадження технології вирощування озимої пшениці із подрібненням незернової частини врожаю модернізованим подрібнювачем зернозбирального комбайном ДОН-1500Б зведені до таблиці 4.

Таким чином, впровадження запропонованих вдосконалень технології вирощування озимої пшениці із модернізацією подрібнювача незернової частини врожаю комбайна ДОН-1500Б дозволить підвищити на 18,6% норму

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

виробітку під час операції прямого комбайнування та зменшити собівартість збирання збіжжя на 27%. Реалізація запропонованих змін на полях господарства дозволить отримати річну економію в розмірі 31654 грн. Варто зауважити, що оцінка економічної ефективності розробок в роботі не враховує позитивний вплив на ґрунт подрібнених рослинних решток та можливий приріст врожаю на наступні періоди.

Таблиця 6

Показники економічної ефективності вдосконалень, запропонованих в кваліфікаційній роботі

Показник	Технології		Відхилення	
	Базова	Проектна	+ -	%
Площа, га	100	100	-	-
Капітальні вкладення, грн./га	9750,0	10200,0	+450,0	+4,6
Продуктивність комбайна, га/зміну	14,1	17,28	+3,18	+22,5
Витрати комбайном палива, кг/га	7,98	8,75	+0,77	+9,6
Норма виробітку зернозбиральним агрегатом, га/год	14,57	17,28	+2,71	+18,6
Собівартість одиниці роботи по збиранню озимої пшениці, грн./га	1875,78	1370,16	-505,62	-27,0
Річна економія	-	31654,0	-	-

6. Висновок

Отже, в ході виконання даної кваліфікаційної роботи оцінено важливість вирощування та цінність готової продукції озимої пшениці, вивчено існуючу технологію її вирощування та технічне забезпечення технологічного процесу вирощування цієї культури в базовому господарстві. Визначено переваги та недоліки базового технологічного процесу, наголошено на проблемних етапах технології та напрямки її вдосконалення. Основну увагу приділено роботі із незерновою частиною врожаю, а саме запропоновано провести певні вдосконалення подрібнювача соломи зернозбирального комбайна ДОН-1500Б, що дозволить інтенсифікувати процес роботи із рослинними рештками та запровадити в господарстві ресурсо- та ґрунтозахисні системи землеробства.

Під час розробки заходів із модернізації зернозбирального агрегату запропоновано поліпшену конструкцію подрібнювача соломи із збільшеною кількістю молотків та ножів на протирізальному брусі. Ці вдосконалення дозволяють суттєво покращити подрібнення соломи, що подається із більшим навантаженням (товщиною шару), зволоженого матеріалу та забезпечує виконання агротехнічних вимог щодо розміру подрібнених рослинних решток та рівномірності їх розподілення по поверхні поля. Для доведення доцільності внесених конструктивних змін наведені всі необхідні обґрунтування.

В науковій частині роботи керуючись методикою планування факторного експерименту реалізовані класичні експериментальні дослідження. Після комп'ютерної обробки дослідних даних та отримання статистичної моделі і тримірних графіків попарного впливу факторів на якість подрібнення незернової частини врожаю, отримані раціональні параметри деяких найбільш впливових факторів на процес. Так, доведено, що при зазорі між ножами барабану та протирізальної пластини $b = 20...25$ мм., частоті обертання валу подрібнювача $n = 800...900$ об/хв та подачі соломи на подрібнення $Q = 0,9...1,5$ кг/с вдається досягти сумарної ефективності роботи подрібнювача соломи $Y = 90...94$ %.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 208 «Агроінженерія» / Васильковський О.М., Петренко Д.І., Васильковська К.В., Лещенко С.М., Мороз С.М. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 38 с.
2. Сільськогосподарські машини / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко, М.М. Косінов.-К.: Урожай, 1996. – 240 с.
3. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування / Під ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.
4. Сисолін П.В . та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підручник для студентів вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання с.-г. виробництва» Кн. 2. Машини для рільництва / Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М.; За ред. Черновола М.І. – Київ, Урожай, 2002. – 364 с.
5. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
6. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
7. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.
8. Кочев В.І., Кушнар'ов А.С., Роговий В.Д. та ін. Довідник по регулюванню сільськогосподарських машини / За ред. В.І.Кочева. – 2-е видання, перероблене і доповнене – К.: Урожай, 1993. – 264 с.
9. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 334 с.
11. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / Бондаренко М.Г., Демещук В.А. – К.: Вища школа, 1995. – 237 с.
12. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова – Харків: Веста, 2001. – 347 с.
13. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2009. – 284 с.
14. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. / [Бендера І. М. та ін.] ; за ред. І. М. Бендери, А. В. Рудя, Я. В. Козія. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. – 640 с.
15. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / [Войтюк Д. Г. та ін.]; за ред. С. С. Яцуна. – [2-ге вид., перероб. і допов.]. – Суми: Сумський нац. аграр. ун-т, 2011. – 444 с.
16. Машини для збирання зернових та технічних культур : навч. посіб. / за ред. В. І. Кравчука, Ю. Ф. Мельника. – Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 296 с.
17. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В. В. Адамчука, М. І. Грицишина. – Київ : Аграрна наука, 2012. – 416 с.
18. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю. – Київ: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
19. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
20. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
22. Шелюк Л.Ю. Організація і планування діяльності аграрних формувань: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 324 с.
23. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003.– 408 с.
24. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

					ТВПК 00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Презентація графічної частини магістерської
кваліфікаційної роботи на тему:

Вдосконалення технології виращування озимої пшениці з дослідженням обладнання для подрібнення незернової частини врожаю зернозбирального комбайна

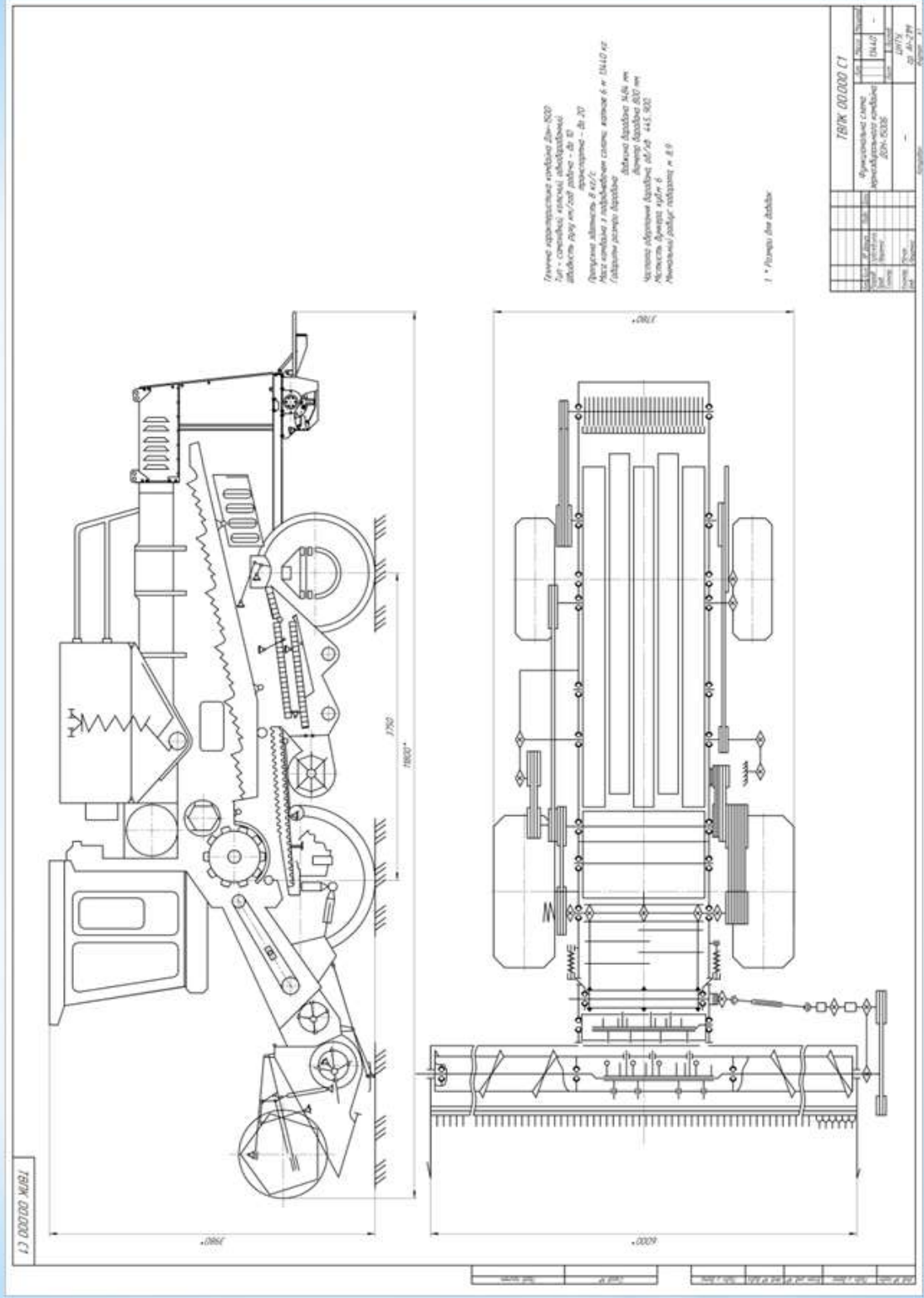
Виконав: ст. гр. АІ-21М Горбачевський Олександр Григорович
Керівник роботи: доц. Сергій Лещенко

Кропивницький, 2022 р.

Операційно-технологічна карта на збирання озимої пшениці

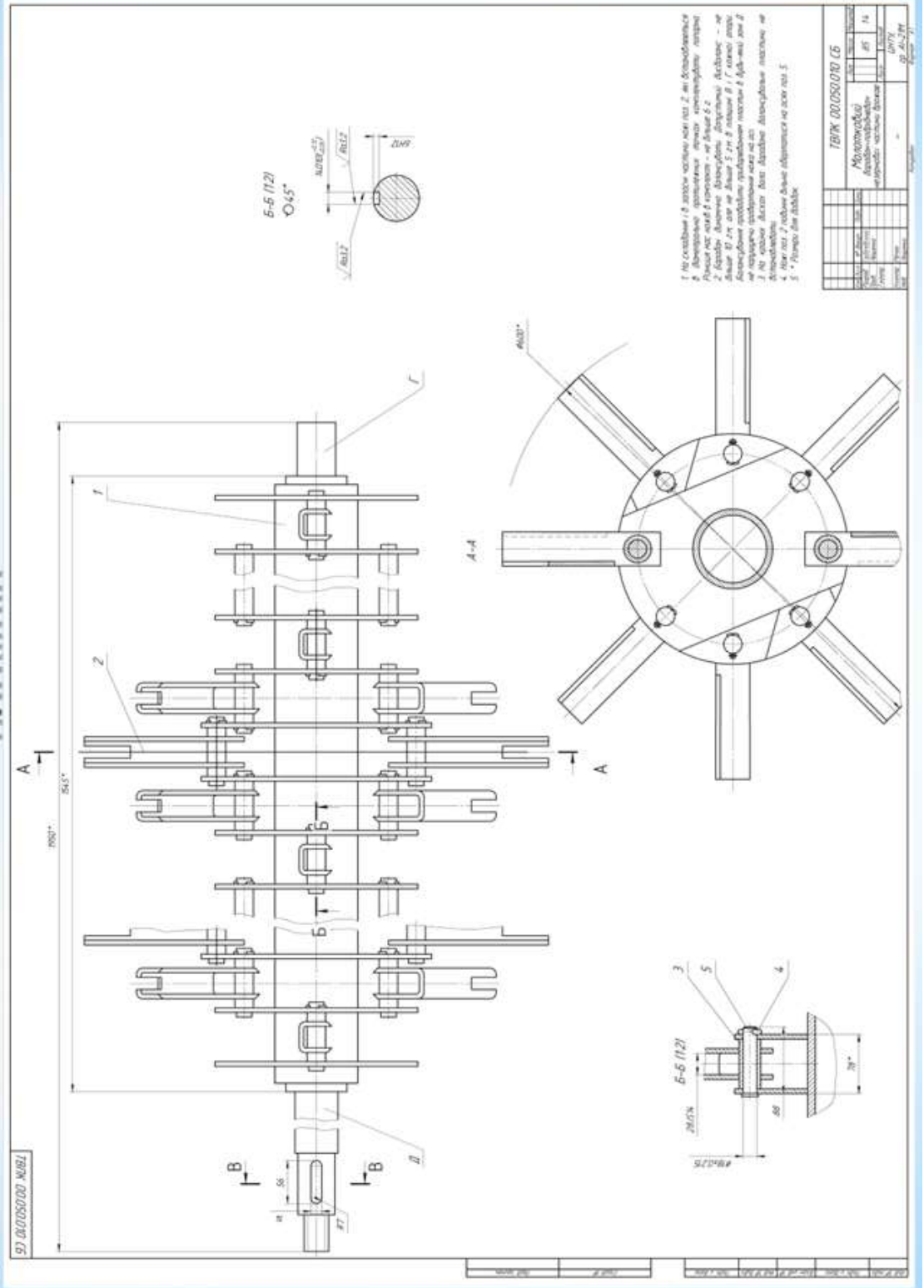
[illegible]

Функціональна схема зернозбирального комбайна



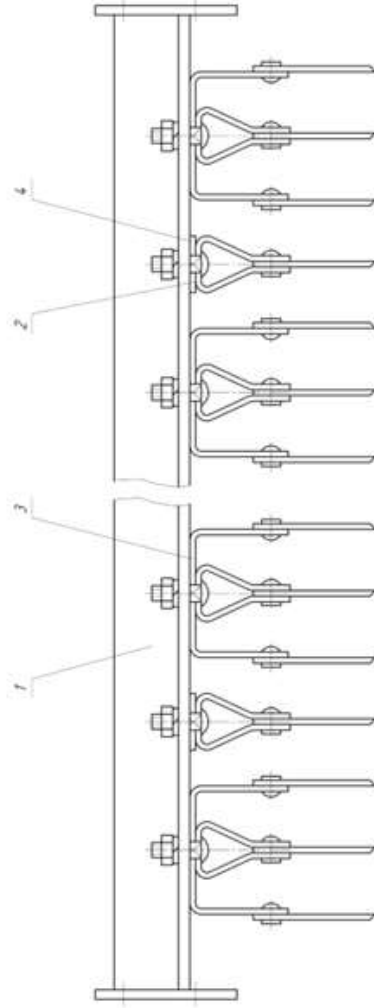
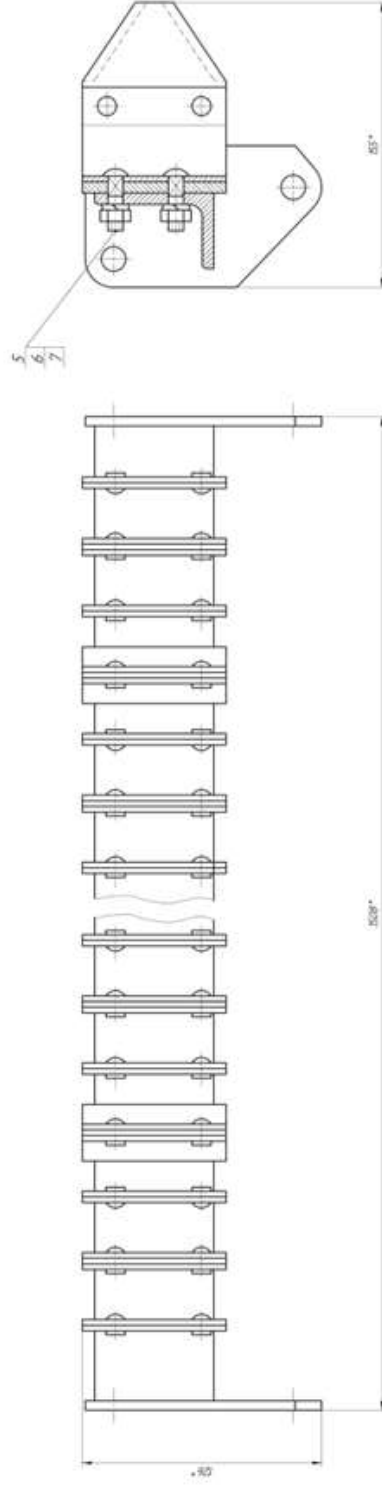
[illegible]

Молотковий барабан-подрібнювач незернової частини врожаю



Брус із протиріжучими ножами

789K 0010501020 L6



1 - Drawing for details

789K 0010501020 L6		Брус із протиріжучими ножами		4,2	1,2
Діаметр	508	Діаметр	508	Діаметр	508
Довжина	508	Довжина	508	Довжина	508
Висота	50	Висота	50	Висота	50
Матеріал	Сталь	Матеріал	Сталь	Матеріал	Сталь
Кількість	1	Кількість	1	Кількість	1
Вартість	1000	Вартість	1000	Вартість	1000
Відомості	Відомості				
Відомості	Відомості				

Страница 11

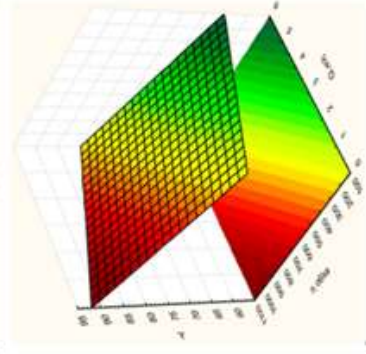
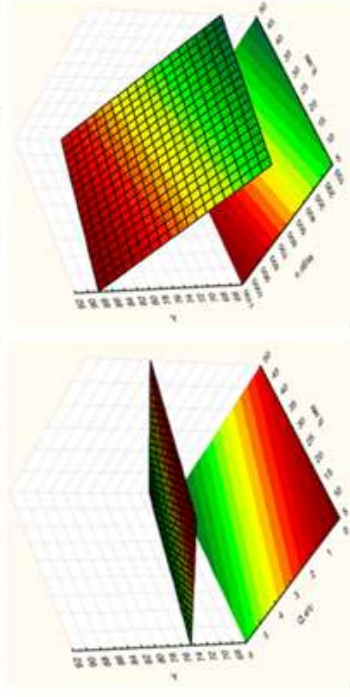
Результати експериментальних досліджень

Фактори та рівні їх варіювання

№ пп	Фактори Найменування	Рівні варіювання		Інтервал варіювання	
		Позначення	Верхній (+) Нижній (-)		
1	Зазор між ножами барабану та протирізальної пластини b , мм	x_1	44,0	8,0	18,0
2	Подача соломи на подрібнення Q , кг/с	x_2	5	0,5	2,25
3	Частота обертання валу подрібнювача n , об/хв	x_3	1000	200	400

Статистична математична модель роботи модернізованого подрібнювача незернової частини врожаю

$$Y = 79,375 - 1,625x_1 - 4,625x_2 + 5,625x_3 - 0,125x_1x_2 - 0,375x_1x_3 + 0,625x_2x_3$$



Поверхні відгуку та лінії рівного виходу попарного впливу факторів на критерій оптимізації

ІВРЖ 00.007.11.11	
№ пп	Фактори
1	Зазор між ножами барабану та протирізальної пластини b , мм
2	Подача соломи на подрібнення Q , кг/с
3	Частота обертання валу подрібнювача n , об/хв