

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“___” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Вдосконалення технології вирощування озимої пшениці із
модернізацією зернозбирального комбайна»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-21-3ск
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____Овчаренко Олександр Олегович
«___» _____ 20___ р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
«___» _____ 20___ р.
Рецензент _____Володимир ДУДІН

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти _____
Галузь знань _____
Спеціальність _____
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ
(БАКАЛАВРСЬКИМ) 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.....	5
2. Аналіз існуючої в господарстві технології вирощування озимої пшениці та напрямки її вдосконалення	7
3. Обґрунтування технологічного процесу збирання озимої пшениці.....	24
4. Інженерна частина.....	45
5. Охорона праці.....	57
6. Висновок	59
Список використаної літератури	60
Додатки.....	63

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ВСТУП

Однією із типових завершальних операцій виробництва продукції рослинництва, яка крім фінішного етапу вирощування врожаю сільськогосподарських культур є дуже складною і потребує високих енерговитрат, та, в кінцевому варіанті загалом визначає ефективність роботи фермера-рослинника – є збирання врожаю з поля. Для зернових культур, вирощування яких не втрачає своєї актуальності у період війни збирання врожаю відбувається в кілька етапів, це скошування збіжжя в полі, обмолот із частковим очищенням зібраного врожаю та транспортування зерна чи насіння вирощених культур до місць зберігання або його продаж.

Майже всі фермерські господарства України збирання зернових інших насіннєвих культур проводять в полі способом прямого комбайнування. Варто наголосити, що нажаль, до цих пір для означених операцій вітчизняні дрібні та середні виробники сільськогосподарської продукції достатньо часто вимушені використовувати комбайни застарілих років випуску, серед яких ДОН-1500, Нива, Колос, Славутич, Лан та ін. Всі ці зернозбиральні агрегати застарілі та енергоємні, однак як самими фермерами так і науковцями етап збирання зернової частини врожаю зазнав певних змін і вдосконалень, що дозволило частково узгодити показники роботи цих комбайнів із чинними показниками якості.

За останні роки високої актуальності набули технологічні операції збирання і переробки незернової частини врожаю під час прямого комбайнування сільськогосподарських культур, адже тваринницька галузь майже не розвивається і потрібно вирішити питання провадження із відходами виробництва, що бажано робити за один прохід агрегату. Існуючі технології, коли солома після збирання врожаю і інші рослинні рештки залишаються на поверхні поля після збирання зерна основної культури залишається дуже

					ТВОП 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Овчаренко				Пояснювальна записка		
Перевір.	Леценко						
Реценз.							
Н. Контр.	Мачок						
Затверд.	Леценко						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						5	
					ЦНТУ, гр. АІ-21-ЗСК		

актуальною, однак існуючі технічні засоби для подрібнення і розподілення по поверхні поля незернової частини врожаю перелічених вище зернозбиральних комбайнів залишаються малопродуктивними і низькоефективними. Така ж тенденція має місце і у зернозбирального комбайна ДОН-1500Б, який продовжує збирати хліб на полях базового господарства.

Таким чином, аналізуючи наведену інформацію можемо визначитися із метою даної роботи, яка полягає у аналізі існуючих конструкцій та розробці заходів по вдосконаленню подрібнювача незернової частини врожаю під час проведення ним збирання врожаю озимої пшениці.

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ В ГОСПОДАРСТВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ТА НАПРЯМКИ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

2.1. Загальна характеристика пшениці озимої, її сфери використання

Озима пшениця в світі залишається однією із найбільш поширених, цінних та бажаних до вирощування злакових культур, що вирощуються на різних за ґрунтово-кліматичними та технологічними умовами угіддях незалежно від континентів і географічних широт. Відмічається, що її значна популярність та широке розповсюдження наряду пов'язано із її дуже високими харчовими поживними цінностями, ця культура містить в собі широкий спектр різноманітних мікроелементів та корисних речовин, що має позитивний вплив на організм всіх хто її споживає загалом та є запорукою повноцінного функціонування всіх органів і систем організму.

За біологічними особливостями пшениця озима є типовим представником злакової однолітньої культури. Озима пшениця при її вирощуванні є цінною та бажаною культурою більшості сівозмін, а її висівання в господарствах проводять восени до перших проявів значних холодів. В кожній зернівці озимої пшениці вдало і в доступній формі поєднано значну кількість мікроелементів, ряд поживних речовин. Варто наголосити, що всі доступні у зернівках озимої пшениці мікроелементи і поживні речовини під час вживання у їжу можуть з легкістю закрити всі потреби організму людини у ряді вітамінів, серед яких Е, В і РР, білках, жирах, крохмалю, каротину та ін.

Відомою особливістю, що має місце при вирощуванні пшениці озимої є те, що як у аграрному виробництві так і в промисловості використовують не тільки зерно і продукти його переробки, а і незернову частину врожаю, зокрема солому, збоїну, полову, висівки, дерть тощо. Відомо, що наприклад висівки та солома є одним із найбільш якісних підстилок, які використовуються в тваринництві, корисним і поживним кормом для

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

сільськогосподарських тварин. Висівки та дерть є важливими інгредієнтами повноцінних раціонів для сільськогосподарської тварин і птиці, із цих же дерті і висівок готують комбікорми різної поживної продуктивності та призначення. Останнім часом достатньо часто із соломи почали виготовляти екологічно чисті предмети інтер'єру та побуту на кшталт плетених меблів, елементів дизайну, корзин, підлогових покриттів, шляпок і брилів тощо. Інтенсивний розвиток альтернативної енергетики спровокував початок використання незернової частини врожаю до використання їх в цій сфері. Так, сьогодні із відходів виробництва рослинницької продукції, зокрема соломи, виготовляють паливні пілети і паливні гранули а у складі інших речовин подрібнена солома може використовуватися під час виробництва біогазу та біодизелю.

Проектуючи та реалізуючи в полі технологічні процеси вирощування різних сортів пшениці слід пам'ятати, що є кардинальна відмінність між озимими і ярими сортами, причому ця відмінність проявляється як у часі посадки та різниці технологічних особливостей виробництва культур, так і у властивостях готового врожаю (зернової і незернової його частини). Фермери, що активно вирощують озиму пшеницю підтверджують, що під час її вирощування вдається досягати стабільно високих врожаїв, кожна окрема зернівка озимої пшениці вміщують білка суттєво більше, ніж кожна зернівка ярої пшениці. Окрім цього, під час вирощування озимої пшениці фермери забезпечують виробництво більш якісного твердого зерна, яке є більш цінним і бажаним для виготовлення всієї продукції хлібопродуктів та є корисним для виготовлення якісних продуктів харчової промисловості. Поряд з цим, є відомим, що під час вирощування озимої пшениці мають місце деякі проблемні та негативні моменти, зокрема існує проблема із високою схильністю озимої пшениці до зараження хворобами а посіви цієї культури сприяють засміченню полів карантинними бур'янами. До цього, за умов, коли в місцях вирощування озимої пшениці в зимовий період бувають часті відлиги,

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

які змінюються морозами, що призводить промерзання рослин озимої пшениці без сніжного покриву, існують значні ризики пошкодження та загибелі паростків, що взагалі може привести не тільки до загибелі певної кількості рослин, а може стати підставою до необхідності повного пересівання поля іншою культурою.

За своїми ботанічними ознаками пшениця озима (рис. 1) це культура роду *Triticum* родини тонконогових (*Poaceae*). В світі знайшли поширення два види пшениці, а саме –м'яка пшениця (*Triticum aestivum*) та тверда пшениця (*Triticum durum*). Пшениця озима як сільськогосподарська культура це злакова однорічна трав'яна рослина, яка висівається в ґрунт восени до приходу заморозків, тому що до цього періоду (заморозків) має сформуватися стійкий покрив сходів рослин, а вже по завершенню холодного періоду року культура відновлює вегетацію тоді, коли для цього встановлюються сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, що відбувається із приходом весняного тепла. Озима пшениця це фактично спеціальний штам ярої пшениці, яка крім здатності переносити холоди ще й може рости до довжини стебла рослини, що досягає 150 см. Варто пам'ятати, що терміни дозрівання озимої пшениці та її збирання з поля приходять значно раніше ніж дозрівають і збираються ярі сорти пшениці.

За своєю будовою стебло рослини пшениця росте у виді тонкостінної пустотілої соломини, а довжина і товщина стебла цієї рослини визначається сортом культури та умовами її вирощування. За кольором незернова частина врожаю озимої пшениці може значно відрізнятися, так солома може мати забарвлення від яскраво жовтого до фіолетового. Листкова маса озимої пшениці ростуть плоскими лінійними, що в більшості випадків мають ширину в діапазоні значень 3...20 мм, а їх ріст відбувається знизу до гори. Озима пшениця, до речі як і ярі сорти цієї культури мають мичкувату кореневу систему, яка характеризується яскраво вираженими корінцями, що розгалужені в різні боки від основної рослини (рис. 1).

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



Рис. 1. Загальні ознаки, біологічні особливості та вигляд рослини озима пшениця

На певному етапі росту озимої пшениці в полі зернівки цієї культури формують суцвіття у вигляді класичного колоска у верхній частині рослини, в якому зернівки розміщуються у два ряди. Метою вирощування пшениці є отримання врожаю у вигляді зерна. Можна додатково відмітити, що кожна зернівка озимої пшениці в кінці процесу вирощування вкрита щільною плівкою, на якій сформовано поздовжню боріздку (заглиблення). Кожна окрема зернина кріпиться до колоска рослини за допомогою лузгочок. Аналогічно як і солома, зерно пшениці озимої характеризується різноманіттям забарвлень, яке насамперед визначається сортом даної конкретної культури, її умовами вирощування, тривалістю дня, кількості опадів тощо. Сам колір зернівок озимої пшениці може бути від майже білого до брудно червоного.

Пшениця, незалежно від своєї сортової приналежності має вирощуватися із ціллю отримання зернівок, які за ознаками діляться на дві категорії – тверду і м'яку. Зерна пшениці твердої містять величезну кількість клейковини та відносно невелику кількість крохмалю, це робить тверду пшеницю незамінною сировиною, із якої виготовляються макаронні і більшість якісних хлібних виробів. З іншої сторони, зерна м'якої пшениці навпаки вміщують мало клейковини і багато крохмалю, що розширює її сфери використання та дозволяє забезпечувати під час її переробки отримання муки дуже тонкого помелу, яку тоді найкраще використовувати під час приготування кондитерських виробів, випічки тощо.

Потрібно наголосити, що пшениця озима є культурою, яка є достатньо вимогливою до створення сприятливих умов її вирощування. Так, відомо, що для отримання стабільного врожаю, зокрема під час не дуже сприятливих погодних умов, варто забезпечити повне і якісне виконання кожного етапу розробленого технологічного процесу вирощування цієї культури із дотриманням термінів проведення та якісних показників техпроцесів.

Пшениця озима, як сільськогосподарська культура є дуже вимогливою до складу та типу ґрунту, на якому її планується вирощувати. Так, найкращими ґрунтами, які дозволяють отримати високий врожай озимої пшениці є родючі, звільнені від бур'янів та якісно підготовлені до вирощування ґрунти. Практикуючі агрономи та фермери доводять, що найбільш стабільні та високі врожаї озимої культури найпростіше отримати, якщо її вирощувати на добре підготовлених чорноземах, які мають бути достатньо вологими і придатними до вирощування як зі сторони удобрення так і обробітку ґрунту. Якщо господарства мають необхідність, то озиму пшеницю вирощують і на інших типах ґрунтів, серед сприятливих до вирощування вважаються середньосуглинкові, слабкопідзолисті чи сірі лісові. Не рекомендується вирощувати озиму пшеницю на заболочених ґрунтах, в низовинах, адже за таких умов відбувається вимокання рослин та різко знижується врожай.

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

Фахівці із вирощування пшениці виділяють певні температурні вимоги, забезпечення яких є важливим для отримання якісного врожаю. Незважаючи на те, що озима пшениця може сходити вже при температурі вищою за +1°C однак за низьких температур ріст пшениці відбувається повільно та дуже кволо, а нормальний розвиток рослин буде спостерігатися лише після достатнього прогрівання ґрунту, насіння та рослин. Сприятливою температурою для ефективного розвитку озимої пшениці є прогрів навколишнього повітря до +15°C, але за умови достатньої вологості. Лише перелічені температури та зовнішні умови здатні забезпечити інтенсивний ріст і розвиток озимої пшениці та її сходження після посіву спостерігається вже за тиждень із високою дружністю сходів і енергією проростання.

Фермери відмічають, що озима пшениця на етапі росту дуже погано переносить різницю між денною та нічною температурами навколишнього середовища. Це є найбільш загрозливим в період початкового етапу вегетації пшениці, що спостерігається восени та весною після того, як відбувається відновлення росту і розвитку рослин. Куціння рослин озимої пшениці може відбутися тільки після того, як повітря та ґрунтове середовище прогріється близько +10°C, а якщо буде мати місце пониження температури спостерігається сповільнення куціння. Крім температури до погіршення куціння призводить певний дефіцит вологи у ґрунтовому середовищі. Отже, і загальна вологість ґрунтового середовища теж є ще одним вагомим фактором, який має суттєвий вплив на ріст і розвиток озимої пшениці, її врожайність та якість зібраного збіжжя. Виробники стверджують, що оптимальною для вирощування озимої пшениці є вологість поля близько 70...75%, а отримані врожаї за такої вологості є максимальними.

Якісні і кількісні показники вирощування озимої пшениці безпосередньо в господарстві та якісні показники зібраного врожаю напряду залежить від тих умов, що були створені на полі, обраного технологічного процесу вирощування і від того наскільки якісно та ефективно реалізовувалися

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

послідовні технологічні процеси під час вирощування пшениці, якості та підготовки посівного матеріалу, системи удобрення та ін. Таким чином, раніше зазначено, що найвищих врожаїв можна досягти на родючих чорноземах, що є добре підготовленими з точки зору механічного обробітку ґрунту, вони ж повинні вміщувати у ґрунтовому розчині достатньо поживних речовин, доступної для рослин вологи та найбільш сприятливі кліматичні умови навколишнього середовища. Все, що було зазначено в попередньому реченні визначає і стабільність отримання врожаю озимої пшениці. За умов, коли на полях господарств під час вирощування цієї культури спостерігаються окремі природні аномалії, до прикладу це може бути різке зниження температури до -18°C , що може супроводжуватися відсутністю достатнього сніжного покриву, який виконує функцію захисту рослин від морозу, посіви озимої пшениці можуть через вимерзання повністю загинути.

При вирощуванні озимої пшениці рослина послідовно проходить окремі етапи, що найбільш інформативно наведені на рис. 2 у формі діаграми етапів ортогенезу озимої пшениці.

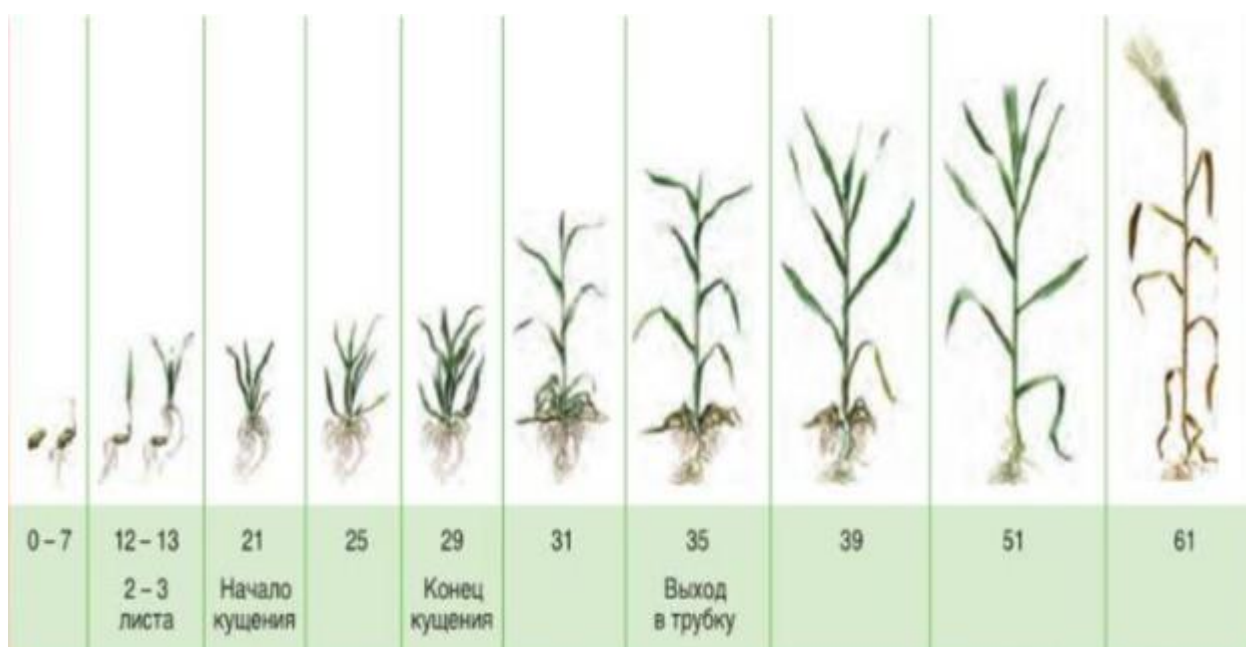


Рис. 2. Діаграма етапів ортогенезу сільськогосподарської культури озима пшениця

Слід зазначити, що кожен етап ортогенезу пшениці відрізняється від попереднього чи наступного певними явними ознаками та особливостями. Саме ці ознаки і особливості в кількісному і якісному вираженні дозволяють комплексно оцінити ефективність вирощування озимої пшениці керуючись тривалістю вирощування та певними візуальними і іншими ознаками рослин. Доведено, що повноцінний і ефективний ріст та розвиток молодих рослин на кожному окремому етапі ортогенезу має прямий і вагомий впливають на фінішний результат – загальний врожай озимої пшениці.

На першому етапі розвитку озимої пшениці (рис. 2) відбувається сходження рослин та формування у озимої пшениці 2...3 листка. Тривалість цього етапу у більшості сортів озимої пшениці не перевищує 18...21 днів. Відмічається, що на цьому етапі рослини пшениці повинні сходити до появи на полі сніжного покриву. Зауважимо, що при накриванні снігом молоді рослини пшениці її ріст призупиняється і розпочинається етап так званої зимової «сплячки» озимої культури. В тому випадку, коли відбулося так, що до випадання снігу озима пшениця не встигла повністю сформуватися, а сніг вкрив рослину із кількома листками, можливе відновлення сходження ранньою весною, якщо інші умови були сприятливими і не зашкодили цьому.

Другим, не менш важливим етапом ортогенезу озимої пшениці є етап куціння рослин. Цей етап забезпечує формування повноцінного куща озимої пшениці та характеризується початком куціння та кінцем куціння кожної рослини.

Третій етап забезпечує вихід рослини озимої пшениці в трубку, що фактично характеризується утворенням на стеблі рослини першого вузла. В основному цей етап виходу рослини в трубку прямо пов'язаний з процесом активного відновлення вегетативного процесу весною та починається десь за місяць після настання тепла і весняного відновлення росту рослин. Етап колосіння озимої пшениці має візуальні ознаки, що виражаються утворенням на стеблі пшениці колосків. Ці сформовані колоски мають потенційно

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

задавати можливість отримання майбутнього врожаю. Етап квітнення пшениці визначається тим, що утворені на рослинах колоски зацвітають. У більшості рослин це відбувається приблизно через 4...6 днів після появи колосків на стеблі. Сумарна середня тривалість цвітіння озимої пшениці складає близько 6...7 днів. Варто зазначити, що колосок починає цвісти із нижньої частини та поступово цвітіння поширюється до самого верхнього кінчика колоска. На наступному етапі відбувається дозрівання та повне формування зернин пшениці. Цей етап у часі співпадає із поступовою втратою вологи у сформованому колоску і листко-стебловій масі рослин. Далі, проходить до двох тижнів за які озима пшениця досягає етапу молочної стиглості а потім поступово досягається фаза воскової та повної стиглості сільськогосподарської культури. Вже під часі повної стиглості пшениці сформовані зернівки на дотик стають твердими а вологість зерна не перевищує 18...20%.

Отже, в результаті проведених досліджень оглянуто деякі ботанічні та біологічні особливості озимої пшениці, проаналізовані та оцінені окремі умови, які є бажаними для ефективного вирощування пшениці і вивчені реальні можливості того як ефективно і якісно використати вирощений врожай, що стосується в тому числі і до незернової частини самого врожаю. Є доведеним і очевидним, що на загальну врожайність озимої пшениці і кількісно-якісні показники готового врожаю найбільший вплив має правильна і повноцінна організація кожного із етапів технології вирощування, що за сприятливих ґрунтових та кліматичних умов дає можливість виростити якісний продукт із високими показниками валового збору. Для комплексної оцінки існуючої технології вирощування озимої пшениці в господарстві, визначення напрямків вдосконалення цієї технології з ціллю підвищення економічної ефективності виробництва пшениці наведемо існуючий перелік технологічних операцій із описом особливостей та технічного забезпечення кожного із етапів робіт.

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

2.2. Огляд існуючої технології вирощування озимої пшениці та технічне забезпечення кожного із етапів виробництва

Після аналізу існуючих даних статистики по вирощуванню озимої пшениці в господарствах за останні кілька років, можна підтвердити, що ця культура є найбільш масовою озимою культурою, що вирощується в більшості господарства Кіровоградщини. Аналогічна тенденція має місце і в базовому господарстві, а щорічні посіви озимої пшениці становлять приблизно 300...350 га. Крім цього, фермерське господарство реалізує на своїх полях семипільну сівозміну, і за таких умов саме озима пшениця є тією культурою, що дозволяє в даній сівозміні забезпечити часткове відновлення природної родючості ґрунту.

Вихідними характеристиками, на базі яких можна ефективно спроектувати технологічний процес виробництва озимої пшениці в господарських умовах, та кожного окремого етапу виробництва цієї культури є чинні агротехнологічні вимоги. Існуючий стан справ доводить, що в базовому господарстві намагаються проводити ресурсозберігаючі та ґрунтозахисні технології виробництва рослинницької продукції, що передбачає застосуванням багатоопераційних агрегатів, які використовуються для найбільш складних і енергозатратних операцій і використання максимально легких і мобільних агрегатів, на операціях які цього потребують. На етапі обґрунтування і вибору найбільш бажаних агрегатів для кожного із виді польових робіт намагаються забезпечити максимальну потоковість технологічних процесів, проводять комплексне і повне узгодження швидкісних режимів роботи, продуктивності робіт та оперативності проведення суміжних операцій.

Дійсна на сьогодні у базовому господарстві технологія вирощування озимої пшениці є типовою для даного регіону, реалізується на полях вже достатньо довго, а її короткий опис представлено нижче.

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

Лущення стерні попередника

Початок технології вирощування пшениці озимої на полі базового господарства є лущення стерні попередника. Такі роботи в полі проводять традиційним для подібних робіт агрегатом у складі трактора Т-150К і дискового лушильника ЛДГ-10А. Під час лущення стерні попередника потрібно забезпечити повне виконання агротехнічних вимог, серед головних – допустимий час, який може бути від закінчення операції збирання культури-попередника до початку проведення лушення поверхні поля не повинен перевищувати 24 години; допустиме відхилення глибини обробітку лушильником від потрібної має бути $\pm 1,5$ см.; під час обробітку ґрунту дисковими лушильниками бур'яни повинні підрізатися повністю, за умови, що на поверхні поля може залишатися не більше 4% стерні культури-попередника; фактична висота утворених дисками гребенів та глибина западин має вкладатися в ± 4 см; під час лушення дисковим лушильником має забезпечуватися обов'язкове перекриття суміжних проходів близько 15 см, за умови повного недопущення необроблених ділянок поля та огріхів Робоча швидкість під час технологічної операції лушення дисковим агрегатом не має перевищувати 2,8 м/с.

Процеси основного обробітку ґрунту під озиму пшеницю

В базовому господарстві, майже для усіх культур, що вирощуються основний обробіток ґрунту проводять полицевими плугами реалізуючи традиційну класичну оранку. Полицева оранка є основним обробітком ґрунту і під час реалізації технології виробництва озимої пшениці. Базовим агрегатом для полицевої оранки є енергетичний засіб Т-150К разом із навісним плугом ПЛН-5-35. Під час проведення в полі оранки потрібно забезпечити такі основні агротехнічні вимоги: після проведення полицевої оранки поверхня поля, повинна бути достатньо вирівняною при цьому не повинно залишатися високих гребенів чи глибоких борозен; повністю не допускаються необроблені ділянки поля чи огріхи; після проведення оранки на полі всі рослинні рештки,

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

органічні добрива, насіння чи рештки бур'янів повинні повністю присипатися ґрунтом на задану глибину; глибина оранки кожним корпусом плуга повинна бути однаковою за всією шириною захвату агрегату, так конкретно під час вирощування озимої пшениці глибина полицевої оранки має знаходитися в діапазоні значень 25...27 см.; фактичне допустиме відхилення потрібної глибини обробітку від дійсної становить ± 2 см. Відомо, що з точки зору можливості здійснення операції оранки, допустима швидкість на цьому етапі робіт подібним до обраного агрегатом не має перевищувати 7 км/год. Важливо, що при полицевій оранці в технологічному процесі вирощування озимої пшениці в межах одного поля всі роботи мають бути проведеними за один, в гіршому випадку – кілька днів. Та й загалом, проводячи в господарстві класичну полицеву оранку такий основний обробіток на всіх полях господарства мають бути завершеними за 15 днів.

Операції поверхневого обробітку ґрунту під посів озимої пшениці

Готують ґрунт під посів озимої пшениці шляхом культивації поля, для чого віддають перевагу використанню комбінованих ґрунтообробних агрегатів, що здатні якісно підготувати ґрунт за один прохід агрегату. У базовому господарстві поверхневий обробіток ґрунту проводять агрегатом із пари культиваторів для суцільного обробітку КПС-4, що за допомогою універсальної зчіпки приєднуються до енергетичного засобу – трактора ДТ-75М. З метою поліпшення вирівнювання денної поверхні поля на задню навіску культиваторів додатково встановлюють середні зубові борони БЗСС-1.0, загальна кількість яких в даному агрегаті складає вісім одиниць. Роботи даним агрегатом проводять зі швидкістю, яка не перевищує 5...8 км/год за умови повного виконання дійсних агротехнічних вимог до проведення операцій підготовки ґрунту до посіву. Варто наголосити, що аналогічно як і для основного обробітку ґрунту, для поверхневого обробітку встановлюються часові обмеження щодо проведення всього комплексу робіт, так на одному полі всі операції поверхневого обробітку мають бути проведеними за 3 дні.

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

Посів озимої пшениці

Для посіву пшениці озимої у базовому господарстві використовують агрегат до складу якого входить зернова сівалка СЗ-3,6А та трактор МТЗ-80. За умови ретельного виконання агровимог до проведення посівних операцій зернових культур максимальна швидкість руху скомплектованого агрегату має бути не більшою 11 км/год. Разом із проведенням посіву в базовому господарстві проводять вирівнювання поверхні поля, для чого використовують шлейф-борони, а за умови проведення обробітку ґрунту незадовго до посіву, то необхідно для поліпшення контакту насіння із ґрунтовим середовищем ще й проводити прикочування. Для операцій прикочування під час посіву застосовують кільчасто-шпорові чи кільчасто-зубчасті котки. Для створення сприятливих умов щодо забезпечення дружності сходів посівні операції мають виконуватися максимально швидко і в межах одного поля посів має відбутися за 1...2 дні, всі ж поля господарства на яких вирощують озиму пшеницю мають за сприятливих умов бути засіяними до 7 днів.

Підживлення та удобрення посівів озимої пшениці

Реалії сьогодення такі, що сьогодні кожне фермерське господарство, що вирощує пшеницю обов'язково проводить підживлення посівів всіх без виключення озимих культур. Основними причинами необхідності удобрення озимих є системні кліматичні зміни, наявність і висока ймовірність зараженості посівів озимих різними карантинними хворобами та шкідниками, не висока якість насіннєвого матеріалу, достатньо низький рівень агротехніки тощо. Таким чином знизити вищезазначені фактори негативного впливу на ріст і розвиток культурних рослин фермерам вдається лише за рахунок внесення засобів агрохімії. Удобрення посівів озимої пшениці забезпечує створення сприятливих умов для інтенсивної вегетації рослин, є запорукою отримання стабільних врожаїв навіть за ускладнених погодних умов. Проте ряд виробників озимої пшениці стикнулися з проблемою технічного

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

забезпечення операцій удобрення, адже наявна техніка є не лише застарілою, а досить часто і пошкоджує культурні рослини під час операцій.

За рахунок підживлення пшениці в господарстві вирішують питання забезпечення високої дружності розвитку посівів, відбувається стимуляція рослин до відновлення росту і розвитку після настання сприятливих температур, крім переліченого комплексно вирішується питання внесення на культурні рослини достатньої кількості поживних речовин та ін. До того ж на етапі догляду за посівами озимої пшениці за рахунок обробки пестицидами відбувається боротьба та профілактика з хворобами і шкідниками. В базовому господарстві для проведення догляду за посівами використовується скомплектований агрегат, який складається із розкидача МВУ-0,5 та трактора МТЗ-80.

Операції внесення засобів агрохімії на полях господарства реалізуються із чітким дотриманням існуючих агротехнічних вимог і з ретельним розрахунком норм внесення та кінематичних режимів роботи агрегату. На етапі обґрунтування режимів роботи по підживленню посівів озимих враховується польових стан молодих рослин в полі, агрохімічних склад ґрунтового середовища, наявність шкідників, ймовірність зараження хворобами, фізичний стан поверхні поля тощо.

При підживленні посівів озимої пшениці крім дотримання обґрунтованих норм внесення слід забезпечувати допустиме відхилення від цих норм, яке не повинно перевищувати $\pm 5\%$. Всі агрегати, що використовуються в господарстві для означених робіт повинні забезпечувати норми внесення від 50 до 300 кг/га за умови, що крок внесення становить ± 25 кг/га.

На етапі підживлення озимої пшениці досить складно забезпечити вимоги щодо рівномірності розподілу по поверхні поля азотних добрив. Регламентується стандартом, що для агрегату, який має ширину захвату 10,8 м фактична нерівномірність норм внесення за його шириною захвату не

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

повинна перевищувати 15 %, тоді як за всією довжиною поля, на якому вирощується озима пшениця, відхилення щодо рівномірності внесення добрив складає до 10%. Робочі швидкості агрегатів для удобрення посівів озимих зазвичай не перевищують 4,5 км/год.

Боронування озимої пшениці

Метою боронування посівів озимих є заробка у ґрунт засобів агрохімії, які внесені на поверхню поля способом їх розкидання з ціллю підживлення рослин під час вегетації. До того ж під час боронування вирішується ще одна задача, яка пов'язана із руйнуванням агротехнічними методами ущільненої поверхневої ґрунтової кірки, яка значно підвищує поверхнєве випаровування вологи через капіляри. Для боронування посівів озимої пшениці в господарстві комплектують агрегат із енергетичного засобу ДТ-75М та за рахунок універсальної зчіпки СГ-21 до цього трактора приєднують максимальну кількість середніх зубових борін БЗСС-1,0. Під час проведення боронування посіви має забезпечуватися швидкісний режим, що є не більшим за 11,5 км/год, адже збільшення швидкості руху боронувального агрегату забезпечує ризик травмування в полі молодих рослин озимої пшениці.

Під час операцій боронування посівів пшениці має забезпечуватися перекриття суміжних проходів в полі близько 10...15 см. Аналогічно, як і для інших ґрунтообробних операцій на етапі боронування не допускаються пропуски та огріхи, а напрямок здійснення робочого ходу повинен бути правильно обраним по відношенню до розміщення рядків озимої пшениці і він має бути перпендикулярним або ж під максимально великим кутом по відношенню до розміщення рядків.

Збирання озимої пшениці

Для збирання озимої пшениці, як і в більшості інших господарств нашої держави використовують найбільш поширений спосіб прямого комбайнування, що має відбуватися в той період, коли зерно досягає воскової

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

стиглості. Для проведення комбайнування вирощеного врожаю в базовому господарстві використовують класичний зернозбиральний комбайн ДОН-1500Б. На етапі роботи цього зернозбирального агрегату проводять регулювання висоти зрізання стебел пшениці, яка напряду пов'язана із висотою вирощених в полі хлібів, густини розміщення рослин, полеглості колосків та деяких інших факторів і для нормальної роботи зернозбирального агрегату має забезпечуватися діапазон регулювання висоти зрізання рослин на рівні 13...35 см. За умови, що фермерське господарство займається і тваринництвом, висота зрізання стебел зернових має зменшуватися до 10 см, із такою ж висотою зрізання збирають полегли рослини та сорти, що є низькорослими і в стані готовому до збирання висота рослини є не більшою за 70 см. Якщо в полі слід збирати вивалений врожай у різні сторони зернозбиральний агрегат для уникнення надлишкових втрат повинен забезпечувати ще нижче зрізання рослин до 8...12 см.

Сьогодні більшість господарств під час прямого комбайнування зернових стикаються із гострою проблемою і невизначеністю дій щодо незернової частини врожаю. За чинними технологічними картами незернову частину врожаю під час прямого комбайнування мають збирати в копнувач та далі скиртувати або ж подрібнювати і розподіляти по поверхні поля. В зв'язку із відсутністю галузі тваринництва у базовому господарстві слід проводити подрібнення незернової частини врожаю із подальшим розподіленням по полю подрібнених часток. До проблем можна віднести незадовільну роботу подрібнювачів серійних зернозбиральних комбайнів, що є характерним і для зернозбирального комбайна ДОН-1500Б.

Швидкість прямого комбайнування агрегатом ДОН-1500Б під час збирання врожаю озимої пшениці знаходиться в межах від 6 до 7 км/год, і за таких швидкісних режимів допустима втрата повноцінного зерна за жаткою зернозбирального агрегату не перевищує 0,5%, що відповідає чинним агровиимогам до подібних робіт.

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

Операції післязбирального очищення зерна озимої пшениці

Після збирання збіжжя з поля, потрібно забезпечити проведення операцій післязбирального очищення зерна озимої пшениці з тією метою, щоб створити умови, які є сприятливими для подальшого зберігання та реалізації вирощеного врожаю. Відомо, що домішки, які під час роботи комбайна потрапляють до зернового вороху призводять до псування і пліснявіння зібраної пшениці, адже завжди вологість домішок є вищою за вологість основного зерна, що і провокує ці негативні процеси. Крім переліченого наявність домішок забезпечує втрату класності зібраного збіжжя, ускладнює його подальше використання в харчових та продовольчих цілях.

Для проведення очисних операцій із зібраним врожаєм зернових у фермерському господарстві використовують доволі стару зерноочисну машину ОВС-25. Цей зерноочисний агрегат під час роботи на складі чи току господарства на етапі первинного очищення забезпечує продуктивність до 25 т/год та може працювати із зерном, вологість якого може досягати 20%. Зерноочисна машина доволі непогано очищає зібраний врожай від домішок різного походження за умови, що початкова засміченість збіжжя не перевищує 20%. Робочі органи зерноочисної машини ОВС-25 приводяться в рух від електродвигуна а для її обслуговування під час роботи достатньо одного оператора.

В базовому фермерському господарстві реалізують на токах лише попереднє очищення зернових, оскільки посівний матеріал самостійно не виготовляють, а його щорічно купують. За рахунок проведення попереднього очищення зерна пшениці проводять оперативне виділення від основної культури переважну більшість домішок із високою вологістю і крупних включень, що забезпечує загальне зменшення вологості врожаю та є запорукою до подальшого нормального зберігання зерна. Сумарний вміст різних домішок у зерновому воросі озимої пшениці має знизитися на 50% по відношенню до вихідного вмісту домішок у обмолоченому збіжжі.

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

3. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Вивчення і дослідження існуючої в господарстві технології вирощування озимої пшениці дали змогу визначитися із проблемними етапами реалізації технологічних процесів на полі. Можна відмітити, що протягом останніх періодів найбільш проблемним етапом залишається етап збирання врожаю із необхідністю реалізувати роботи із незерною його частиною. Це пояснюється тим, що використання суттєво застарілих комбайнів із класичною схемою збирання хлібів дуже слабо виконує існуючі вимоги щодо необхідних робіт із незерною частиною, а значить для подрібнення і розподілення по поверхні поля соломи, збоїни, полови та рослинних решток бур'янів іноді доводиться залучати додаткове обладнання та здійснювати ще один прохід, наприклад подрібнювача чи дискатора по полю.

Таким чином, під час виконання даної роботи будемо намагатися вдосконалити існуючу в господарстві технологію вирощування озимої пшениці із розробкою та вдосконаленням існуючого подрібнювача соломи зернозбирального агрегату ДОН-1500Б.

Розрахунок та побудова операційної карти для прямого комбайнування озимої пшениці із подрібненням незернової частини врожаю

Для проведення розрахунків операційної технології прямого комбайнування представимо вихідні дані для розрахунків агрегату, що використовується в господарстві для означених робіт. Дані до розрахунків наступні:

- усереднена площа поля на якому культивується озима пшениця складає $F = 100$ га;
- запланована врожайність пшениці на зерні дорівнює $h_z = 3,5$ т/га;
- довжина гону на полі із посівами озимої пшениці $L = 1000$ м;

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

- коефіцієнт збирання незернової частини врожаю складає $\partial_2 = 0,75$;
- приймаємо для розрахунків нерівності поля, на якому відбувається вирощування пшениці, що характеризується наступними кутами:
 $\alpha_{cp} = 3^\circ$; $\alpha_{max} = 9^\circ$;

Зернозбиральний комбайн у фермерському господарстві під час прямого комбайнування озимої пшениці працює разом із подрібнювачем незернової частини, який крім подрібнення ще й розкидає подрібнений матеріал по полю.

Щоб визначитися із швидкісними режимами роботи збирального агрегату варто врахувати деякі впливові фактори, головні із яких:

- дійсні агротехнічні вимоги до операцій збирання врожаю зернових комбайновим способом;
- фактична пропускна здатність молотильно-сепаруючого пристрою комбайна;
- основні експлуатаційні показники двигуна зернозбирального комбайна;
- основні показники роботи подрібнювача незернової частини врожаю.

Основна характеристика агрегату ДОН-1500Б зведена до таблиці 1.

Таблиця 1

Зведені показники роботи комбайна ДОН-1500Б

Параметри	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Робочі швидкості руху зернозбирального комбайна під час збирання зернових (до):		
- I діапазон	км/год.	5
- II діапазон	км/год.	10
- III діапазон (транспортний)	км/год.	20
Вага зернозбирального комбайна, яка припадає на ведучий міст агрегату	кН.	125
Місткість бункера для зерна	л	6000
Швидкість обертання молотильного барабану	об/хв	450...900

1	2	3
Продуктивність молотарки під час обмолоту пшениці	кг/с	8...9
Двигун, який встановлюється на комбайн		ЯМЗ-238
Експлуатаційна потужність двигуна	кВт.	165,6
Номінальна потужність двигуна	кВт.	173

За існуючими агровимогами, що висуваються до збирання зернових культур значення робочої швидкості на етапі прямого комбайнування має вкладатися в діапазон значень $V_p = 0,8...2,8$ м/с. Розрахуємо максимально допустиму швидкість роботи комбайна $V_{p\max}^{\partial}$, враховуючи максимальної пропускну здатність молотарки. Ця швидкість може розраховуватися використовуючи наступну формулу [6]:

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

де g_n – надана заводом-виробником паспортна продуктивність молотарки, кг/с;

B_p – ширина захвату жатки комбайна, що враховує конкретні параметри встановленої жатки під час даних робіт, м;

H_{∂} – прогнозована на полі врожайність озимої пшениці, т/га.

Використовуючи зведені показники до таблиці 1, для розрахунків приймаємо пропускну здатність молотарки, що становить $g_n = 8...9$ кг/с. Ця пропускну здатність має враховувати коефіцієнт завантаження молотарки зернозбирального агрегату, що становить $k = 0,97$.

Знайдемо значення ширини захвату жатки комбайна, враховуючи необхідність забезпечити перекриття проходів агрегату по полю під час збирання, маємо:

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

де B_k – ширина захвату жатки із якою працює комбайн під час збирання озимої пшениці, для агрегату ДОН-1500Б – $B_k = 8,6$ м.

Після підстановки числових значень отримаємо:

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

Визначимо сумарний врожай озимої пшениці, який можна досягти в реальних умовах господарства, використовуючи формулу:

$$H_o = h_3(1 + o_2),$$

де h_3 – сумарна планова врожайність озимої пшениці (зерна), $h_3 = 3,8$ т/га;

o_2 – співвідношення незернової частини врожаю до загального врожаю озимої пшениці, $o_2 = 0,7$.

Отже, після підстановки наведених числових значень отримали

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

Знайдені та наведені вище величини можемо підставити у вираз, що дозволить розрахувати максимальну допустиму робочу швидкість проведення прямого комбайнування озимої пшениці. У цифровому вираженні це має наступний вигляд:

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

Маємо наголосити, що під час практичного вибору робочої швидкості зернозбирального агрегату в полі обов'язково враховуються особливості рельєфу місцевості, дійсну врожайність пшениці на зерну та співвідношення між врожайностями зернової і незернової частини врожаю, реальні фізико-механічні особливості матеріалу, що збирається із поля. Таким чином, проведені розрахунки і оцінка реального стану умов роботи агрегату в полі, максимально допустима швидкість обмолоту зернових знаходиться в районі I діапазону швидкостей зернозбирального комбайна (рис. 1), що знаходиться в діапазоні робочих швидкостей на рівні 5 км/год.

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

Після знаходження максимальної швидкості роботи зернозбирального комбайна із врахуванням характеристик агрегату, а саме – потужності двигуна та номінального навантаження цього двигуна проведемо оцінку можливості роботи агрегату методом прямого комбайнування на максимальній швидкості виконання робіт $V_{p\max}^{\partial}$. Для цього розрахунку використаємо відому залежність:

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

де N_{ep} – сумарна потужність, яка потрібна загалом на рух агрегату в полі та приведення в дію всіх без виключення робочих органів, кВт.;

R_a – знайдений розрахунковий опір зернозбирального агрегату, що визначимо нижче, кН.;

η_{mp} – встановлений коефіцієнт корисної дії трансмісії зернозбирального комбайну;

$N_{вом}$ – потужність, яка передається від валу відбору потужності та потрібна для приводу робочих органів, кВт;

$\eta_{вом}$ – коефіцієнт корисної дії, валу відбору потужності зернозбирального комбайну.

Розрахуємо загальний опір зернозбирального агрегату, що найбільш повно описується формулою:

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

де G_m – вага зернозбирального комбайна, визначена заводом-виробником, яка враховує вагу допоміжних пристосувань, що працюють під час прямого комбайнування озимої пшениці та із врахуванням ваги обмолоченого зерна у бункері-накопичувачу, кН.;

$f_{об}$ – коефіцієнт опору перекочування рушіїв зернозбирального комбайна (коліс);

α – кут підйому зернозбирального комбайна в полі, що враховує рельєф місцевості.

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

За інформацією, яка наведена у літературі [10...12] загальна вага комбайна ДОН-1500Б під час прямого комбайнування озимої пшениці жаткою шириною захвату 8,6 м складає $G_k = 134$ кН. При цьому, якщо разом із зернозбиральним агрегатом працює причіп для незернової частини врожаю, який має вагу $G_m = 20$ кН. Таким чином, загальна зчіпна вага зернозбирального агрегату $G_{c\alpha}$ враховуючи повне заповнення бункера-накопичувача комбайна зерном може описуватися нерівністю:

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

Із врахуванням наведеної залежності і наведених числових значень визначимо сумарну зчіпну вагу агрегату

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

На можливість руху зернозбирального агрегату в полі мають прямий вплив кілька вагомих факторів, серед яких повнота заповнення бункера-накопичувача під час збирання врожаю; агрофон на полі, де вирощується озима пшениця, що в більшості випадків знаходиться в межах $f = 0,08 \dots 0,15$; рельєф поля де працює агрегат (кут нахилу), який для розрахунків приймемо в межах $\alpha = 0^\circ \dots 3^\circ \dots 8^\circ$.

Для розрахунку опору скомплектованого зернозбирального агрегату, при його роботі із причепом для транспортування незернової частини врожаю використаємо таку формулу:

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

де $G_{c\alpha} \cdot G_T = G_{c\alpha}$ – встановлена зчіпна вага комбайна та причепу, які в своїй

сукупності визначають зчіпну вагу зернозбирального агрегату, кН;

f_k і f_T – коефіцієнт опору перекочування, що виникає під час руху агрегату та причепу по поверхні поля;

α – кут нахилу поверхні поля на якому агрегат здійснює пряме комбайнування пшениці, град.

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

Тоді в результаті проведення розрахунків встановимо, що при умові, якщо кут $\alpha < 0^\circ$ а реальний нахил поля, де вирощується пшениця дорівнює $\alpha = 0...1^\circ$ отримаємо:

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

За аналогією визначимо опір зернозбирального агрегату за умови, що $\alpha = 3^\circ$, при цьому тут не будемо враховувати коефіцієнт зчіпної ваги агрегату, яка буде мати місце під час підйому збиральної машини

$$R_{a_{3o}} = 113,8(0,08 + 0,13) + 20(0,08 + 0,13) = 23,9 + 4,2 = 28,1 \text{ кН}.$$

З метою врахування коефіцієнту використання зчіпної ваги агрегату, який повністю залежить від кута нахилу поля, на якому працює комбайн використаємо відому формулу

$$\varphi_a = \frac{R_{a(\kappa+m)}}{G_{cu(a)}} = \frac{P_{f\kappa}}{G_{cu_\kappa}} + \frac{P_{a_\kappa}}{G_{cu_\kappa}} + \frac{P_{f\Gamma}}{G_{cu_\Gamma}} + \frac{P_{a_\Gamma}}{G_{cu_\Gamma}},$$

після того, як останній вираз переписали через функцію кутів маємо:

$$\varphi_a = f_\kappa + \varphi_{a_\kappa} + f_m + \varphi_{a_m}.$$

Враховуючи те, що коефіцієнт агрофону поля, де вирощуються озимі зернові дорівнює $f_a = 0,08...0,15$, фактичний кут підйому зернозбирального агрегату складає $\varphi_{a_a} = 0,03...0,14$ можемо визначити розрахунковим методом коефіцієнт використання зчіпної ваги комбайна в залежності від величини підйому агрегату в полі α під час виконання робіт. Отже, отримаємо:

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_{0o}} = 0,08 + 0,03 = 0,11 \text{ – якщо коефіцієнт агрофону } f_a = 0,08;$$

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_{3o}} = 0,08 + 0,07 = 0,15 \text{ – якщо коефіцієнт агрофону } f_a = 0,08;$$

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_{8o}} = 0,08 + 0,14 = 0,22 \text{ – якщо коефіцієнт агрофону } f_a = 0,08.$$

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_{0o}} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ – якщо коефіцієнт агрофону } f_a = 0,15;$$

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_{3o}} = 0,15 + 0,07 = 0,22 \text{ – якщо коефіцієнт агрофону } f_a = 0,15;$$

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_{8o}} = 0,15 + 0,14 = 0,29 \text{ – якщо коефіцієнт агрофону } f_a = 0,15.$$

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

Відомо, що під час роботи в полі реальний опір зернозбирального агрегату постійно змінюється, а на його зміну значний вплив має заповнення технологічних ємностей, просідання шин у ґрунт, зміна моментальної швидкості руху тощо. За попередньо проведеними визначеннями [12] вдалося встановити, що для подібних операцій $\Delta P = 104 \text{ кг/см}^2 \approx 10,2 \text{ МПа}$; $\tau = 91 \text{ кг/см}^2$, що й приймемо для наступних розрахунків.

Визначимо значення опору збирального агрегату R_a , виходячи з того, що кут $\alpha = 0 \dots 8^\circ$ а коефіцієнт перекочування з врахуванням агрофону на полі становить $f_a = 0,08 \dots 0,15$:

за умови, що $f_a = 0,08$, визначимо значення опорів комбайнового агрегату, отримаємо:

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

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

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

за умови, що $f_a = 0,15$, визначимо значення опорів комбайнового агрегату, отримаємо

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

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

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

Знайдемо опір збирального агрегату R_a , за умови, що цей комбайн буде працювати із завантаженим бункером-накопичувачем, але не враховуючи просідання ґрунтового середовища під колесами за умов руху комбайна на різні кути його підйому. Цей опір для різних кутів буде дорівнювати:

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

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

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

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

З ціллю вибору значень η_{mp} , η_{δ} , $\eta_{вом}$ використаємо відомі дані, які наведені в [20, 21], що для операцій прямого комбайнування зернозбиральним агрегатом становить:

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

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

за умови $\alpha = 8 \sim \delta = 14\%$; враховуючи цю інформацію отримаємо $\eta_{\delta_0} = 0,965; \eta_{\delta_3} = 0,931; \eta_{\delta_8} = 0,860$.

Проведемо розрахунок загальної потужності контрприводу, що фактично і визначає потужність ВВП та за загальними правилами описується наступною формулою:

$$N_{вом} = N_{y\delta_6} \cdot g_{\delta} + N_{y\delta_{из}} \cdot g_c + N_{вом_0} + N_{вом_x},$$

де $N_{y\delta_6}$ – питомі витрати енергії на пряме комбайнування зернових, кВт·с/кг;

$N_{y\delta_{из}}$ – питомі витрати енергії, яка потрібна для роботи із незерновою частиною врожаю, кВт·с/кг;

$N_{вом_0}$ – витрати потужності, що мають місце при обертанні ВВП зернозбирального комбайна під час холостого ходу, кВт.;

g_{δ} – пропускна здатності молотильного барабану зернозбирального комбайна, кг/с;

g_c – пропускна здатність подрібнювача соломи зернозбирального агрегату, кг/с;

За довідниковими даними [9] при прямому комбайнуванні агрегатом ДОН-1500Б можна прийняти: $N_{y\delta_6} = 7,2$ кВт·с/кг; $N_{y\delta_{из}} = 7,2$ кВт·с/кг; $N_{вом_0} = 3,4$ кВт; $N_{вом_x} = 10$ кВт; $g_{\delta} = 7,6$ кг/с; $g_c = 2,8$ кг/с.

Після підстановки розрахуємо сумарну потужність контрприводу, яка становить

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

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

Таким чином, фінальні затрати потужності під час прямого комбайнування озимої пшениці зернозбиральним агрегатом ДОН-1500Б разом з одночасним подрібненням розподілом по полю незернової частини врожаю при різних кутах підйому агрегату дорівнює:

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

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

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

Всі проведені раніше обчислення враховували той факт, що молотильний апарат зернозбирального комбайна був завантажений повністю і рівномірно, а це дозволяло стабілізувати режими роботи всіх інших робочих органів зернозбирального комбайну.

При прямому комбайнуванні врожаю озимої пшениці зернозбиральний агрегат витрачає певну потужність, яка визначається в діапазоні експлуатаційної потужності двигуна комбайна. Враховуючи те, що на зернозбиральному агрегаті ДОН-1500Б робочі органи працюють від двигуна типу ЯМЗ-238 отримаємо:

$$\text{за умови якщо } \alpha = 0^\circ, N_{ep} \leq N_s \text{ маємо } 116,3 \leq 176 \text{ кВт};$$

$$\text{за умови якщо } \alpha = 3^\circ, N_{ep} \leq N_s \text{ маємо } 133,7 \leq 176 \text{ кВт};$$

$$\text{за умови якщо } \alpha = 8^\circ, N_{ep} \leq N_s \text{ маємо } 170,24 \leq 176 \text{ кВт}.$$

Маємо змогу врахувати що робоча швидкість агрегату на I робочому діапазоні швидкостей при прямому комбайнуванні зернових дорівнює 5 км/год. = 1,39 м/с. Це значить, що фактична швидкість роботи зернозбирального агрегату в полі за змінних польових умов роботи може бути визначена наступним чином:

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

В результаті підстановки цифрових значень за різних умов маємо:

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

- при куті нахилу поля $\alpha = 0^\circ$, розрахункова фактична швидкість роботи

$$V_{\phi} = 0,97 \cdot 1,39 \approx 1,35 \text{ м/с};$$

- - при куті нахилу поля $\alpha = 3^\circ$, розрахункова фактична швидкість роботи

$$V_{\phi} = 0,91 \cdot 1,39 \approx 1,27 \text{ м/с};$$

- при куті нахилу поля $\alpha = 8^\circ$, розрахункова фактична швидкість роботи

$$V_{\phi} = 0,86 \cdot 1,39 \approx 1,19 \text{ м/с}.$$

Визначимо основні експлуатаційні показники зернозбирального комбайну ДОН-1500Б під час збирання ним методом прямого комбайнування озимої пшениці. Розрахуємо максимальну продуктивність агрегату, яка може досягатися під час збирання хлібів із допустимою швидкістю виконання робіт, що описується формулою:

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

де τ – коефіцієнт, який визначає ефективність використання часу робочої зміни і який дорівнює:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{змін}}},$$

T_p – чиста робота зернозбирального агрегату під час обмолоту хлібів, год.;

$T_{\text{змін}}$ – час протягом якого триває зміна, так відомо що на етапі збирання врожаю тривалість зміни є подовженою до $T_{\text{змін}} = 8,5$ год.

Для визначення часу чистої роботи збирального агрегату під час збирання зернових скористаємося формулою:

$$T_p = \frac{2 \cdot L_p}{60 \cdot V_p} \cdot n_{\text{ц}},$$

де L_p – усереднена довжина поля, на якому врожай озимої пшениці збирається, м;

$$L_p = L_y - 2E,$$

L_y – фактична довжина гонів на полі із озимою пшеницею, м;

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

$2E$ – дві ширини поворотної смуги для даного збирального агрегату, м.

Використовуючи відому залежність та маючи спосіб руху агрегату в полі знайдемо ширину поворотної смуги. Для цього скористаємося формулою:

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

де $R_{\min}$ – мінімальний радіусу повороту зернозбирального комбайна в полі під час прямого збирання хлібів, для ДОН-1500Б [6, 8], маємо $R_{\min} = 4,81$ м;

d_k – кінематична ширина захвату агрегату, для ДОН-1500Б [6, 8], отримаємо $d_k = 4,5$ м;

l_k – кінематичної довжини комбайна, знову за [6, 8] для ДОН-1500Б маємо $l_k = 6$ м.

Після підстановки числових значень і розрахунків отримаємо:

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

Отже, із врахуванням всіх розрахунків можемо встановити фактичну довжину гону поля, що є раціональним для тієї ділянки, на якій відбувається пряме комбайнування озимої пшениці:

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

Таким чином, визначена довжину гону під час роботи комбайна становить $L_p = 972$ м.

З метою визначення кількості циклів, які проводяться за кожну зміну роботи збирального агрегату в полі скористаємося 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 потрібен для підготовчо-заключних операцій збирального агрегату, хв.;

$T_{\text{обс}}$ – час, який витрачається на організаційно-технологічне обслуговування зернозбирального комбайна за умов його роботи в загінці, хв.;

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

$T_{отл}$ – час, що відводиться на регламентовані перерви та відпочинок при роботі в полі збирального агрегату, хв.

Для пошуку тривалості підготовчо-заключних робіт при комбайновому збиранні зернових можна використати залежність:

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

де $T_{ето}$ – час потрібен для проведення щоденного технічного обслуговування збирального агрегату, хв.;

$T_{пн}$ – затратити часу для підготовки агрегату до переїздів, хв.;

$T_{пн}$ – час який потрібно затратити комбайнеру для здачі виконаної роботи та отримання наряду на роботу, хв.;

$T_{зк}$ – час на обслуговування зернозбирального комбайна після прямого комбайнування врожаю, хв.

Використовуючи дані [5] під час проведення розрахунків зазначимо, що: $T_{ето} = 60$ хв.; $T_{пн} = 3$ хв.; $T_{пн} = 4$ хв.; $T_{зк} = 16$ хв.

Це значить, що загальна тривання робіт на підготовку зернозбирального агрегату та після закінчення польової роботи рівна:

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

Згідно із нормативами оберемо час, який затрачається для проведення організаційно-технічного обслуговування зернозбирального агрегату під час роботи комбайна в загінці. Встановлено [5], що цей час приблизно рівний $T_{обс} = 25$ хв.

Для визначення тривалості робочого циклу на етапі проведення прямого комбайнування озимої пшениці використаємо формулу:

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

де t_u – час здійснення робочого циклу агрегату на полі, хв.;

L_x – довжина холостого ходу і повороту агрегату при холостих рухах, м;

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

V_{xx} – швидкість руху зернозбирального комбайна під час здійснення агрегатом холостих проходів, $V_{xx} = 1,35$ м/с.;

t_{oc} – час на зупинки та технологічне обслуговування зернозбирального агрегату за один робочий цикл, хв.

З ціллю визначення фактичної довжини холостого ходу маємо можливість скористатися залежністю:

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

де c – ширина загінки на полі, де вирощується озима пшениця, м.

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

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

Таким чином, розрахуємо шлях, який має проїхати збиральний агрегат в полі під час поворотів, який дорівнює:

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

$L_x = 70$ м – фактичний шлях переїздів зернозбирального агрегату із врахуванням середньої ширини загінки на полі із пшеницею.

Визначимо розрахунковим методом час, який затрачається для на зупинки зернозбирального агрегату з метою проведення технічного обслуговування протягом одного робочого циклу комбайна. Це можемо зробити за відомою формулою:

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

де L_p – довжина гону поля із озимою пшеницею (розрахункове значення), м;

$L_{техн}$ – довжина шляху агрегату на протязі якого бункер-накопичувач повністю заповниться зерном, м;

t_{oc} – час який затрачається на одну технологічну зупинку агрегату, хв.

Враховуючи це, запас робочого ходу комбайна до того моменту поки бункер заповниться зерном дорівнює:

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

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

де V – за інформацією виробника об’єм бункера-накопичувача зерна комбайна, м³;

γ – насипна вага зерна культури, що збирається з поля, т/м³;

λ – коефіцієнт, що враховує заповненість зерном бункера-накопичувача комбайна;

g – середня врожайність озимої пшениці, на полі, де відбувається збирання врожаю, т/га.

Традиційно, певні величини приймемо за відомими даними, так у [14, 16] зазначено, що при збиранні озимої пшениці комбайном ДОН-1500Б: $V = 6$ м³; $\gamma = 0,85$ т/м³; $g = 3,5$ т/га; $\lambda = 0,91$.

Підставивши цифрові значення отримаємо запас робочого ходу комбайна, що становить

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

За умови, що під час прямого комбайнування озимої пшениці забезпечується накопичення незернової частини врожаю в причіп 2ПТС-4-887А розрахуємо запас ходу агрегату із врахуванням заповнення подрібненою соломою цього причепа. Для цього використаємо відому формулу:

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

де V_T – відомий об’єм причепа, що використовуються разом із комбайном для збирання в нього незернової частини врожаю, $V_T = 45$ м³;

γ_e – насипна вага незернової частини врожаю озимої пшениці, що буде подаватися до причепа, $\gamma_e = 0,04$ т/м³;

λ – коефіцієнт заповнення причепа 2ПТС-4-887А незерновим врожаєм, $\lambda = 0,804$;

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

g_c – загальна врожайність подрібненої частини незернових решток врожаю, для розрахунків під час збирання озимої пшениці приймемо, $g_c = 2,69$ т/га.

Після підстановки даних отримаємо:

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

Для того, щоб провести заміну повного причепа із рослинними рештками пшениці найкраще його замінити без зупинки агрегату під час здійснення холостого ходу. Це проводять використовуючи механізм автонавіски тоді, коли зернозбиральний агрегат переїздить на полі поворотну смугу.

Тоді до заповнення причепа із рослинними рештками врожаю запас ходу становить $L_{техн_n} = L_p = 3244 / 972 = 3,3$ робочих хода агрегату.

Це значить, що із врахуванням значення коефіцієнту заповнення всіх ємкостей для врожаю зернозбирального комбайні і нагальної потреби забезпечення мінімального запасу відносно цього заповнення приймемо 3 робочих хода зернозбирального комбайну.

Знайдемо час, який потрібен для здійснення технологічних зупинок збирального агрегату, для чого скористаємося формулою:

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

де $W_{ин}$ – робоча продуктивність шнеку-вивантажувача зерна, що для збирального агрегату ДОН-1500Б, [16], становить $W_{ин} = 25$ кг/с.

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

Розрахуємо час на зупинки збирального агрегату для його технологічного обслуговування, що потрібен на один цикл роботи комбайна. Це проведемо за відомою [13] формулою:

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

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

де $2382 \text{ м} = \frac{(1521 + 3244)}{2}$ – фактична середня довжини ходу агрегату під час збирання пшениці між розвантаженням зібраного в бункер врожаю та розвантаженням незернової частини врожаю, яка накопичена в причепі.

З врахуванням переліченого, загальна тривалість циклу роботи зернозбирального агрегату етапі комбайнування пшениці складає:

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

Визначимо і загальну кількість циклів роботи комбайну, враховуючи тривалість зміни, яка встановлена у базовому господарстві на період жнив $T_{зм} = 8,5 \text{ год.}$, тоді маємо:

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

А значить, чистий робочий час зміни під час проведення прямого комбайнування зернових становить

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

Враховуючи проведені розрахунки, визначимо загальний коефіцієнт використання часу зміни на операцію прямого комбайнування пшениці, що

$$\text{становить } \tau = \frac{365,1}{510} = 0,72.$$

Після цього можемо визначити розрахункові значення технічної продуктивності зернозбирального агрегату ДОН-1500Б, що має прямий зв'язок із рельєфом поля та маршруту руху комбайна:

якщо кут нахилу поля $\alpha = 0^\circ$, знаходимо продуктивність,

$$W_{mex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,35 \cdot 0,72 = 3,14 \text{ га/год.};$$

якщо кут нахилу поля $\alpha = 3^\circ$, знаходимо продуктивність,

$$W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,27 \cdot 0,72 = 2,96 \text{ га/год.};$$

якщо кут нахилу поля $\alpha = 8^\circ$, знаходимо продуктивність,

$$W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,19 \cdot 0,72 = 2,77 \text{ га/год.}$$

Визначимо змінну продуктивність зернозбирального агрегату під час прямого комбайнування озимої пшениці враховуючи рельєф поля. Для цього використаємо формулу:

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

при нахилі поля $\alpha = 0^\circ$, отримаємо $W_{cm} = 3,14 \cdot 8,5 = 26,69 \text{ га/зміну};$

при нахилі поля $\alpha = 3^\circ$, отримаємо $W_{cm} = 2,96 \cdot 8,5 = 25,16 \text{ га/зміну};$

при нахилі поля $\alpha = 8^\circ$, отримаємо $W_{cm} = 2,77 \cdot 8,5 = 23,54 \text{ га/зміну}.$

Використовуючи традиційний метод [16] обираємо середню продуктивність зернозбирального агрегату $W_{cm_{cp}} = 25,1 \text{ га/зміну}$. Таке значення середньої продуктивності прийнято керуючись тим, що середня продуктивність зернозбирального агрегату має прямий зв'язок з ходовим навантаженням під час роботи, нахилу рельєфу поля де вирощується пшениця і в більшості випадків контролюється тиском мастила в робочій магістралі комбайну.

Для пошуку витрат палива на гектар збирання врожаю слід врахувати цілий ряд супутніх факторів. Це у символічному вигляді має наступний вигляд:

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

де G_p , G_x , G_o – фактичні витрати пального агрегатом при його годині роботи під час робочого ходу (технологічної операції збирання), холостому ході та під час зупинок, що складає для кожної із витрат [16]:
 $G_p = 48,6 \text{ кг/год.}; G_x = 25,5 \text{ кг/год.}; G_o = 12,5 \text{ кг/год.}$

T_p , T_x , T_o – відповідно час роботи зернозбирального агрегату в полі на основній операції прямого комбайнування, тривалість холостого ходу та час, що витрачається на зупинки комбайну, год.

Для визначення тривалості холостого ходу зернозбирального агрегату скористаємося відомою формулою:

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

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

Щоб знайти тривалість зупинок, які потрібно здійснити для розвантаження зібраного зерна існує така формула:

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

де $T_{\text{то}}$ – час за який бункер-накопичувач зернозбирального комбайна повністю розвантажиться, год.

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

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

Враховуючи знайдені величини, можемо розрахувати тривалість зупинок зернозбирального агрегату ДОН-1500Б під час збирання озимої пшениці. Маємо

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

Далі знайдемо значення витрат пального на гектар збирання зернових, що має прямий зв'язок із змінною продуктивністю збирального агрегату і кута нахилу поля із посівами озимої пшениці

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

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

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

якщо кут $\alpha = 8^\circ$, значить $g_{ca} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{23,54} = 14,1$ кг/га.

Визначимо затрати праці при прямому комбайнуванні озимої пшениці, для цього використаємо залежність:

$$Z_{mn} = \frac{m + m_g}{W_{mex_a}},$$

де m – чисельність обслуговуючого персоналу що забезпечують роботу комбайна ДОН-1500Б, осіб;

m_g – чисельність допоміжного персоналу, які задіяні на операціях обслуговування зернозбирального агрегату, осіб.

при куті нахилу $\alpha = 0^\circ$, отримаємо $Z_{mn} = \frac{1+1}{3,14} = 0,63$ люд·год/га.;

при куті нахилу $\alpha = 3^\circ$, отримаємо $Z_{mn} = \frac{1+1}{2,96} = 0,67$ люд·год/га.;

при куті нахилу $\alpha = 8^\circ$, отримаємо $Z_{mn} = \frac{1+1}{2,77} = 0,72$ люд·год/га.

Визначимо значення витрат енергії, що потрібно для проведення в полі прямого комбайнування зернових із врахуванням нахилу поля за рівнянням

$$\alpha = \frac{N_{ep_a}}{W_{mex_a}},$$

якщо кут нахилу $\alpha = 0^\circ$, витрати енергії $\alpha_m = \frac{116,3}{3,14} = 37,04$ кВт·год/га.;

якщо кут нахилу $\alpha = 3^\circ$, витрати енергії $\alpha_m = \frac{133,7}{2,96} = 45,17$ кВт·год/га.;

якщо кут нахилу $\alpha = 8^\circ$, витрати енергії $\alpha_m = \frac{170,24}{2,77} = 61,46$ кВт·год/га.

На завершення, визначимо сумарну продуктивність праці всього персоналу, який задіяний на роботах по збиранню врожаю комбайном ДОН-1500Б. Ці розрахунки проведемо за формулою:

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

$$П = \frac{W_{mex_a}}{m + m_g},$$

якщо кут нахилу поля $\alpha = 0^\circ$, отримаємо $П = \frac{3,14}{2} = 1,57$ га/люд.·год.;

якщо кут нахилу поля $\alpha = 3^\circ$, отримаємо $П = \frac{2,97}{2} = 1,48$ га/люд.·год.;

якщо кут нахилу поля $\alpha = 8^\circ$, отримаємо $П = \frac{2,77}{2} = 1,38$ га/люд.·год.

Отже, керуючись проведеними розрахунками можемо побудувати операційно-технологічну карту проведення прямого комбайнування озимої пшениці в дійсних господарських умовах, що реалізовано. 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.

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

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Опис зернозбирального комбайна ДОН-1500Б напрямки поліпшення його конструкції

Комбайн зернозбиральний ДОН-1500Б відноситься до агрегатів класичної схеми обмолоту та призначений для збирання всіх без виключення зернових і круп'яних культур а шляхом його нескладного дообладнання спеціальними пристосуваннями цей же агрегат дозволяє збирати соняшник, кукурудзу, гречку, рапс, бобові та інші сільськогосподарські культури. Під час своєї роботи в полі зернозбиральний комбайн послідовно здійснює ряд операцій: скошування чи підбирання колосків рослин, звуження потоку хлібної маси та її транспортування до молотильного барабану, обмолот зерна (насіння), його очищення від домішок і включень, транспортування зібраного врожаю до бункера-накопичувача, виділення та транспортування незернової частини врожаю (соломистої маси, збоїни, полови) із подальшим її збиранням в копнувач чи подрібненням і розподіленням по поверхні поля.

Комбайн ДОН-1500Б (рис. 3, рис. 4), яким в базовому фермерському господарстві проводять збирання більшості зернових, в тому числі і озимої пшениці за своєю схемою роботи є класичним зернозбиральним комбайном. Це агрегат складається із жатки, проставки, камери похилої, молотильного апарату, бункера-накопичувача зерна, двигуна, трансмісії, ходової системи, гідросистеми, електрообладнання, органів керування і кабіни.

Жатка зернозбирального комбайна (рис. 3) через камеру похилу В навішується до молотарки Г. безпосередньо жатка зчіплюється із фронтальною навіскою та шарнірно з'єднується з проставкою Б. Це дозволяє здійснювати жатці коливальні рухи в просторі у поздовжній і у вертикальній площинах. Таке кріплення жатки забезпечує під час руху комбайна в полі ефективно копіювати рельєф, що відбувається за рахунок ковзання башмаків 38. Саме це і забезпечує зрізання стебел рослин під час їх скошування сегментно-пальцевим різальним апаратом 39 на заданій висоті.

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

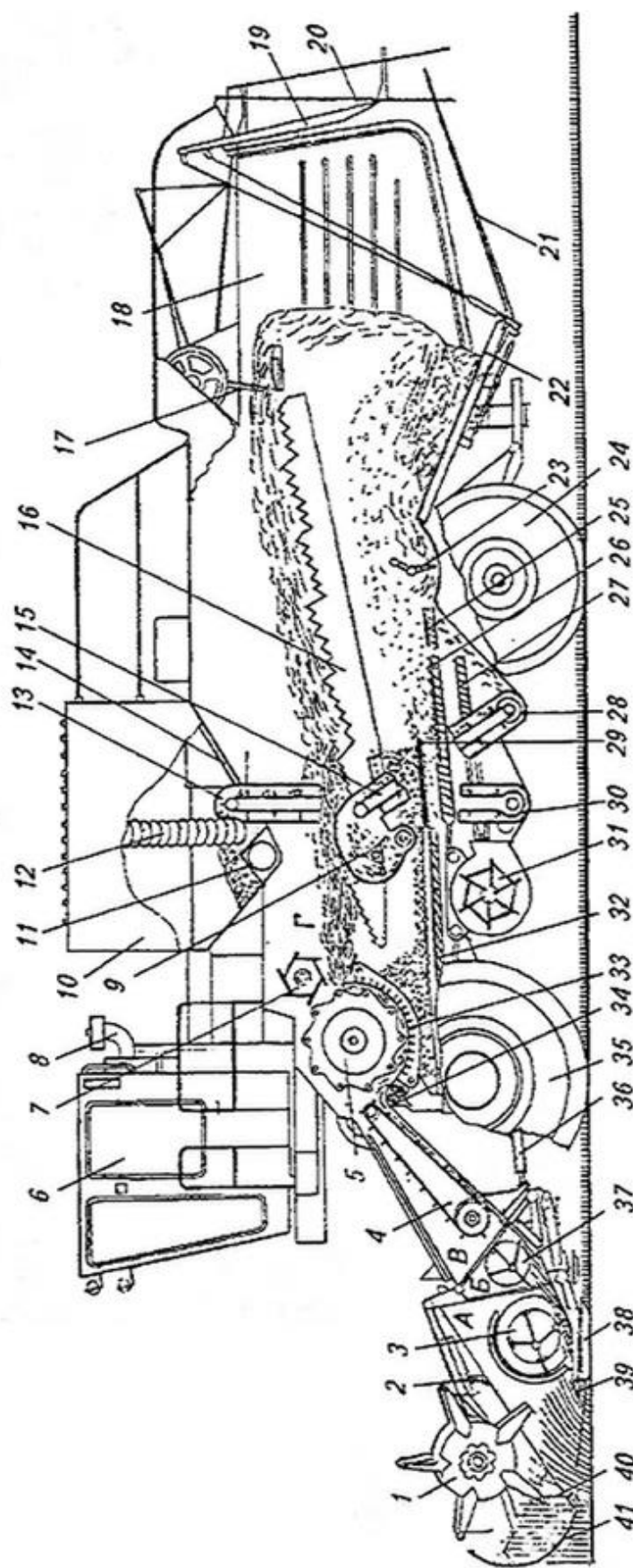


Рис. 3. Функціональна схема зернозбирального комбайна ДОН-1500Б:

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 – вібророзбужувач; 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 – копіюючі башмаки; 39 – різальний апарат; 40 – граблини; 41 – подільник



Рис. 4. Загальний вигляд в господарстві комбайна ДОН-1500Б

В жатній частині комбайна встановлено мотовило 1, шнек-звужувач потоку 3, подільники 41, різальний апарат сегментно-пальцевого типу 39 і башмаки копіюючі 38. В проставці комбайна монтується бітер, до того ж в похилій камері розміщується транспортер збіжжя 4. Якщо зернозбиральний

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

комбайн працює в режимі підбирання валків, в жатку встановлюють підбирач, попередньо знімаючи мотовило і різальний апарат.

Молотарка зернозбирального агрегату ДОН-1500Б складається із молотильно-сепаруючого пристрою (МСП), що включає молотильний барабан 5 та пасивне підбарабання 33. Саме ці елементи агрегату і виконують обмолот сільськогосподарських культур під час їх збирання з поля. До названих елементів МСП входить бітер відбійний 7, клавішний соломотрус 16, дошка транспортна 32, колосовий і зерновий шнеки (28 і 30), зерновий та колосовий елеватори (13 і 15 відповідно) і пристрій домолочуючий 9. Всі елементи збирального агрегату, які забезпечують очистку зібраного збіжжя розташовані під соломотрусом та складаються із жалюзійного верхнього 26 та жалюзійного нижнього решіт 27, вентилятора 31 та подовжувача решета 25. У верхній частині агрегату до кришки молотарки фіксують бункер-накопичувач 13, в середині якого встановлено вивантажувальний шнек 11 і шнек завантажувальний 12.

По полю зернозбиральний комбайн ДОН-1500Б рухається на пневматичних колесах, а привід передається на передню вісь 35. Як і для багатьох інших комбайнів керується агрегат задніми колесами 24. Привід на робочі органи зернозбирального комбайна здійснюється від двигуна дизельного 8. Комбайнер управляє агрегатом через органи керування і ряд допоміжних систем. І органи керування і управління допоміжними системами розміщують в кабіні збирального агрегату, крім цього даний агрегат має гідросистему та систему автоматичного контролю за перебігом технологічного процесу збирання врожаю.

Основні базові характеристики зернозбирального агрегату ДОН-1500Б представлені у вигляді таблиці 2.

Реалії сьогоденішнього стану ведення господарства в агровиробництві такі, що під час збирання зерна слід передбачити можливість ефективного використання і незернової його частини, адже існує проблема із відсутністю

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

органічної речовини в ґрунті, та й питання альтернативної енергетики є надзвичайно актуальним.

Таблиця 2

Деякі основні показники зернозбирального агрегата 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 <u>к.с.</u>

Під час пошуку напрямків поліпшення роботи зернозбиральних агрегатів слід проаналізувати принципи збирання врожаю закордонними комбайнами, під час збирання зернових культур дозволяють до 3...5 см подрібнити незернову і із заданою рівномірністю розподілити її по поверхні поля. Такий підхід дозволяє при проведенні наступних робіт заробити раніше підготовлені рештки на певну глибину або ж взагалі залишити їх і використати в наступних технологіях як мульчуючий шар.

Відмітимо, що все незернова частина має оброблятися дуже оперативно, адже у такому випадку більшість поживних речовин залишилися в цих рештках. Доведено, що при збиранні врожаю подрібнення і заробку решток озимої пшениці потрібно провести не більше ніж за 3 години після проведення прямого комбайнування. Таким чином, саме подрібнення решток зернозбиральним агрегатом із подальшою швидкою заробкою в ґрунт 'ґрунтообробними агрегатами забезпечує швидке і оперативне вирішення цієї проблеми. Агрономи доводять, що такі варіанти використання незернової частини врожаю дозволяють знизити до 30% витрати на добрива, які мають вноситися при вирощуванні наступних культур, а перегнивання і засвоєння ґрунтом подрібнено незернової частини врожаю частково компенсує проблему в органічній речовині в ґрунтовому середовищі.

На основі вище зазначеного, задача підвищення якості роботи зернозбирального агрегату ДОН-1500Б на етапі обробки ним незернової частини врожаю є актуальним завданням для багатьох фермерських господарств. Для вирішення цієї задачі в роботі пропонується інтенсифікувати роботу подрібнювача незернової частини врожаю комбайном ДОН-1500Б. У якості поліпшення пропонуємо конструктивно забезпечити подрібнення незернової частини до часток, що мають менші розміри та поліпшити рівномірність розподілу подрібнених часток по поверхні поля.

Після огляду принципової схеми (рис. 3) і функціонування комбайна визначено, що подрібнювач незернової частини врожаю на агрегаті

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

монується якомога нижче над поверхнею поля в задній частині агрегату. Таке розміщення цього вузла дозволяє значно знизити ймовірність забивання всієї очисної системи і дозволяє збільшити довжину саморегульованої заслінки. Такі пропозиції мають стабілізувати технологічне навантаження на барабан подрібнювача рослинних решток та забезпечить максимально рівномірну подачу незернової частини на подрібнення конфузоровим агрегатом.

Обґрунтування вдосконалення подрібнювача комбайна ДОН-1500Б

Так як зернозбиральний комбайн ДОН-1500Б є агрегатом, що працює за традиційною схемою обмолоту, то вся незернова частина врожаю, після виділення зерна в молотильному барабані та очистці його в зерноочистці комбайна спрямовується до виходу із нього через конфузоровий агрегат, що розміщено у задній частині агрегату. З метою ефективного подрібнення рослинних решток пшениці із можливістю далі ці частки розподілити по поверхні поля в ході виконання роботи запропоновано вдосконалену конструкцію подрібнювача, схема та принцип роботи якого представлені на рис. 5.

Робочий процес вдосконаленого подрібнювача соломи відбувається таким чином. Рослинні рештки озимої пшениці, після виділення в молотарці та на зерноочистці комбайна із них зерна, скидаються із соломотрясу і спрямовуються до корпусу 1 (рис. 5). Далі під своєю вагою матеріал потрапляє до заслінки 2, яка виконує функцію регулювання подачі (інтенсивності захоплення) незернової частини врожаю молоточками подрібнюючого барабану 3. Барабан-подрібнювач рослинних решток 3 виготовляється із збільшеною кількістю молотків, які при обертанні підводять соломі до брусу із протиріжучими ножами. Молотки барабану-подрібнювача 3 забезпечують протягування незернової частини врожаю через зазори, які утворені між ножами протирізальними, що і супроводжується подрібненням всього підведеного матеріалу, який далі направляється до дефлектора підпружиненого 4. Цей дефлектор за рахунок стискання пружини сприяє вирівнюванню потоку подрібненої маси та забезпечує її вивантаження тільки

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

після досягнення певного тиску на цю пружину. Після досягнення усталеності тиску подрібнених решток на пружину відбувається відкривання дефлектору та рівномірне розсіювання подрібнених часток незернової частини врожаю по поверхні поля.

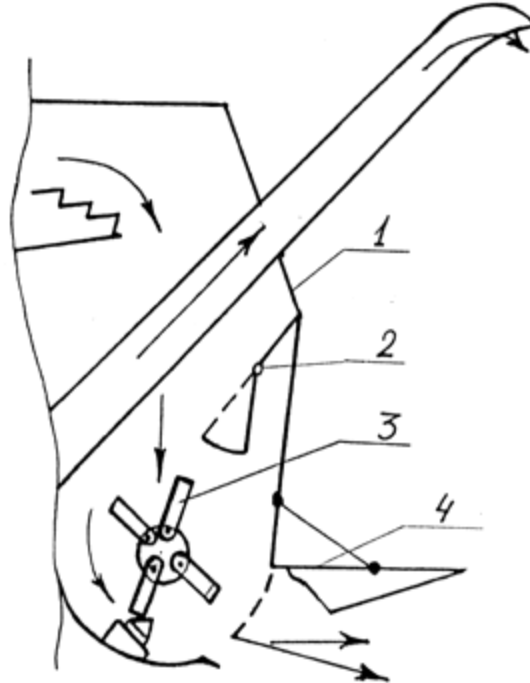


Рис. 5. Принципова схема подрібнювача незернової частини врожаю агрегату ДОН-1500Б:

1 – задня подовжена стінка зернозбирального агрегату; 2 – регулювальна заслінка інтенсивності підведення незернової частини врожаю; 3 – барабан-подрібнювач, із зміненими молотками; 4 – дефлектор підпружинений відвантажувальний

Для обґрунтування можливості роботи вдосконаленого подрібнювача незернової частини врожаю проведемо розрахунок нероз'ємного (зварного) з'єднання, за допомогою якого регулювальна заслінка кріпиться до корпусу. Ця заслінка виконує функцію регулювання зміни інтенсивності подачі матеріалу (рис. 6). Вона фіксується на тягах та вставляється у закріплені провушини на корпусі з двох боків. Ці з'єднання під час виробництва подрібнювача роблять вручну використовуючи напівавтоматичне зварювання електродом. При виробництві подрібнювача незернової частини врожаю варто

використати електрод Е-42 за ГОСТ 5264-69. Зварювання проводиться зварним швом, який має такі параметри: тип – тавровий двосторонній шов; катет шва – $k = 0,006$ м; загальна довжина зварного шва складає $l = 0,14$ м. Визначено, зі сторони заслінки до даного з'єднання прикладено силу (рис. 6) на рівні $P = 12$ кН.

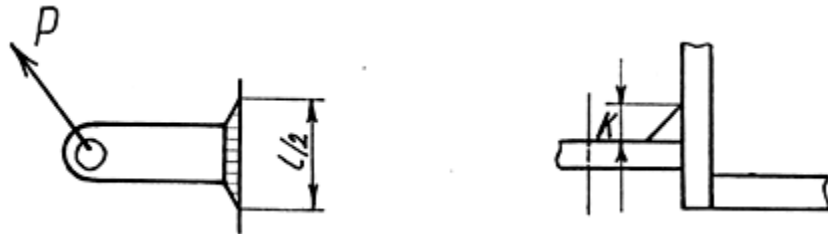


Рис. 6. Розрахункова схема нероз'ємного кріплення регулювальної заслінки подрібнювача незернової частини врожаю

Визначимо розрахункове значення зусилля розтягу, що має місце на з'єднанні (зварному шві). Для цього використаємо рівняння:

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

де ε'_{cp} – напруженість нероз'ємного з'єднання на зрізання, МПа;

P – значення сили, що тисне на кріплення, Н;

k – розмір катету шва (рис. 6), м;

l – розмір нероз'ємного з'єднання (шва), м.

Після підстановки цифрових значень отримаємо:

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

Далі, скористаємося умовою міцності, яка має наступний загальний вигляд:

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

Деталі подрібнювача, які зварюватимуться із матеріалу сталь Ст3, яка характеризується такими показниками: $[\sigma_p] = 160$ МПа. Отже, за таких умов

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

$[\tau_{cp}] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 160 = 96$ МПа, це підтверджує, що умова міцності виконується повністю.

Далі для доведення працездатності вдосконаленого подрібнювача соломи перевіримо кріплення ножа подрібнювача. Це виконаємо провівши розрахунок на зріз осі, що утримує ніж подрібнювача (рис. 7). Під час виконання подрібнення часток соломи ніж створює силу P , яка є підставою для створення напруженості зминання і зрізання на всій довжині l . Щоб працездатність цього ножа була забезпечена повинна виконуватися умова міцності і для зминання і для зрізання кріплення. В загальному вигляді ця умова міцності наступна:

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

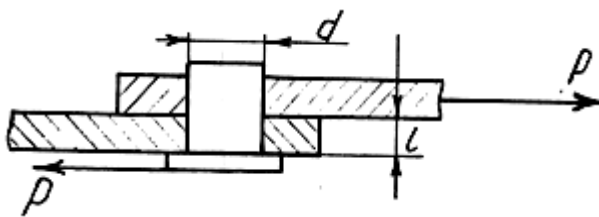


Рис. 7. Розрахункова схема кріплення ножа подрібнювача незернової частини врожаю

Теж, для виготовлення конструкції оберемо у якості матеріалу осі сталь Ст3, що характеризується такими показниками: $[\tau'_{cp}] = 50$ МПа, $[\tau'_{зм}] = 135$ МПа.

З ціллю розрахунку значення напруги на зріз, що виникає під час роботи ножа в місці фіксації цього елементу конструкції можемо скористатися залежністю:

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

де P – сила, що діє в місці з'єднання ножа та осі, Н;

d – діаметр осі з допомогою якої зафіксовано ніж подрібнювача незернової частини врожаю, м.

Після підстановки цифрових значень маємо:

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

Отже, проведені в роботі розрахунки доводять, що умови міцності кріплення ножа на зріз і змінання повністю виконана. Отже, ніж подрібнювача незернової частини врожаю добре працює із віссю, яка виготовлена із сталі Ст3, а розміром такого ножа є діаметр 0,02 м.

Барабан подрібнювача соломи комбайна встановлено на опори із підшипниками. Такі опори повинні жорстко фіксуватися до корпусу комбайна (його боковин). Фіксувати опори пропонуємо проводити за допомогою звичайного різьбового з'єднання із використанням гайки М12. Щоб закрутити таку гайку (рис. 8) слід прикладати зусилля, що дорівнює $P_p = 250 \text{ Н}$. Для закручування гайки потрібно використати гайковий ключ із плечем $l = 0,2 \text{ м}$. У випадку використання такого з'єднання на різьбу буде діяти осьова сила розтягу F . Під час закручування гайки ще й додатково виникатиме момент сил тертя в різьбовому з'єднанні T_p . Зазначимо, що цей момент сил тертя залишиться і після закручування і діятиме на стержень різьбового з'єднання після повного затягування гайки.

Щоб розрахувати різьбове з'єднання приймемо наступні його параметри:

- діаметр різьби (внутрішній) – $d_p = 0,010 \text{ м}$;
- середній діаметр поверхні гайки (опорної) – $d_m = 0,0206 \text{ м}$;
- коефіцієнту тертя на боковинах гайки – $f = 0,15$;
- середній діаметру різьби – $d_2 = 0,011 \text{ м}$;
- кут профілю з'єднання – $\alpha = 60^\circ$;
- кут підймання різьби – $\beta = 3^\circ 12'$;

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

- зведений кута тертя в різьбі – $\varphi' = 10^\circ 91'$.

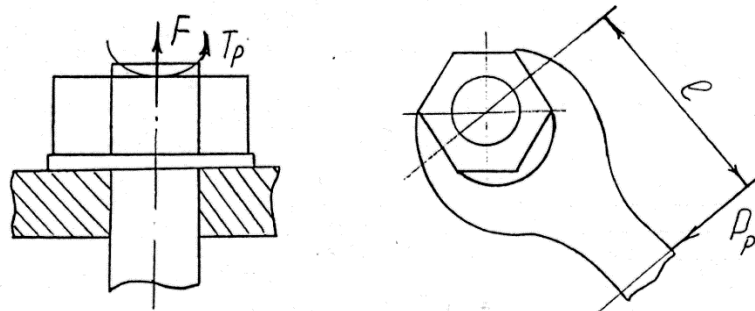


Рис. 8. Розрахункова схема фіксації опор подрібнювача

Для роботи різьбового з'єднання має виконуватися умова:

$$\sigma_{екв} \leq [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p]$ – допустима напруженість розриву, що пов'язано із границею міцності матеріалу із якого виготовлене кріплення, МПа

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

σ_T – границя міцності матеріалу деталі, враховуючи, що гайка виготовляється із сталі Сталь 40Х, для якої границя міцності – $\sigma_T = 784$ МПа.

За таких умов допустима напруженість на розрив дорівнює:

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

Для визначення нормальної напруженості стержня різьбового з'єднання скористаємося відомою формулою:

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

де F – сила, яка виникає вздовж осі з'єднання, Н.

Цю силу визначимо використовуючи відому рівність:

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

$$M_3 = P_p \cdot l;$$

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

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

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

Для розрахунку значення дотичного напруження, що розвивається в різьбовому з'єднанні скористаємося формулою:

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

Після підстановки розрахуємо величину цього напруження

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

Тоді відповідно, еквівалентне напруження у з'єднанні дорівнює:

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

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

Виходячи із розрахунків, можна констатувати, що умова міцності різьбового з'єднання $\sigma_{екв} \leq [\sigma_p]$ виконується, адже $349 \text{ МПа} \leq 470 \text{ МПа}$. Отже, це доводить, що матеріали та параметри з'єднання опор подрібнювача підібрано правильно.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час роботи зернозбирального агрегату на збиранні хлібів виділяються такі основні шкідливі і небезпечні виробничі чинники:

- значна кількість елементів конструкцій агрегату, що обертаються із значною швидкістю, для прикладу двигун комбайна, рушії, транспортери, елементи трансмісії та ін.;

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

- багато на комбайні рухомих елементів, наприклад різальний апарат, мотовило, молотарка, вентилятор, очистка комбайна, транспортери та ін;
- підвищений рівень шуму, джерелами якого можуть бути двигун, обертаючі механізми, вентилятор, молотарка, соломотрус, подрібнювач соломи тощо;
- значний рівень вібрації, джерелами якої можуть бути робочі органи комбайна, механізми трансмісії, силова установка, гідропривід та ін.;
- надто висока запиленість та (чи) загазованість, що супроводжують пряме комбайнування, що може виникати при проведенні налаштувань комбайна, перевантаження врожаю, очищення та обслуговування робочих органів і елементів агрегату та ін;
- під час роботи зернозбирального комбайна використовується багато шкідливих речовин, до прикладу паливно-мастильні матеріали, рідини трансмісії, охолоджуюча рідина, рідина система кондиціювання тощо;
- високий рівень пожежонебезпеки, що має місце під час роботи двигуна, інших механізмів, що характеризуються високими температурами, виникнення іскор під час роботи, коротке замикання в електриці, можливі підкапування пального чи інших високозаймистих речовин, збирання пересушених хлібів тощо;
- висока ймовірність враження при роботі агрегату струмом за умов збирання хлібів під високовольтними лініями, близько до трансформаторів, можливість ураження персоналу блискавкою та ін.;
- надто високе розташування робочого місця і місць обслуговування вузлів зернозбирального комбайна над поверхнею ґрунту;
- наявність певної кількості гострих чи необроблених крайків та (або) незахищених елементів зернозбирального агрегату, які потенційно можуть травмувати обслуговуючий персонал;

- порушення температурного режиму роботи чи інших показників мікроклімату у кабіні зернозбирального агрегату;
- потреба працювати агрегатом за умов недостатнього освітлення (пізно ввечері, рано вранці), що обумовлює використання освітлювальних приладів.

Наведені шкідливі і небезпечні чинники мають бути максимально оцінені та вжиті заходи щодо збереження життя і здоров'я працюючих.

6. ВИСНОВОК

Отже, під час виконання кваліфікаційної роботи проведено повний аналіз технології виробництва озимої пшениці в господарстві із вивчення напрямків вдосконалення цієї технології. Визначено, що етап збирання врожаю, зокрема його незернової частини зернозбиральним агрегатом класичної схеми обмолоту є найбільш проблемною ланкою, що потребує оперативного і якісного вирішення. Зважаючи на сучасний стан техніки та існуючі технології закордонних виробників рекомендовано в господарстві впровадити технологію роботи із незернової частини врожаю, яка включає під час проведення прямого комбайнування проводити подрібнення і розподілення рослинних решток по поверхні поля барабаном-подрібнювачем зернозбирального комбайну.

У якості механізму для здійснення подрібнення і розподілення соломи рекомендуємо у комбайні Дон-1500Б використовувати подрібнювач рослинних решток барабанного типу із збільшеною кількістю ножів на барабані і протирізальному брусі. Виконані всі необхідні інженерні розрахунки, що підтверджують працездатність розробленого подрібнювача соломи.

В роботі проаналізовано всі загрози, що супроводжують процес прямого комбайнування озимої пшениці та вжиті заходи по усуненню шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Укл.: В.М. Сало, Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 58 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'єв 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.

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
						60
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.

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

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.

					ТВОП 00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Презентація графічної частини кваліфікаційної роботи на тему:

Вдосконалення технології вирощування озимої пшениці з модернізацією зернозбирального комбайна

Виконав: ст. гр. АІ-21-Зск Овчаренко Олександр Олегович
Керівник роботи: доц. Сергій Лещенко

Кропивницький, 2024 р.

7800	00001 TH
------	----------

[illegible]

Операційно-технологічна карта на збирання озимої пшениці

[illegible]

Технічна характеристика комбайна Лан-1500
Тип сировинних колекцій: однопарадичний.
Швидкість руху км/год
робоча – до 10
транспортна – до 20
Продукція здатність 8 кг/с
Маса комбайна з підйомним салазком жаткою 6 м 13440 кг.
Габаритні розміри дарабана
довжина дарабана 1484 мм.
діаметр дарабана 802 мм.
Середня швидкість дарабана об/хв 445-900.
Місткість бункера куб м 6
Мінімальний радіус повороту м 8,9

1 * Розміри для довідок

						ТВОР 00.000 С1		
Исх. лист	№ докум.	Дата	Ввод	Вывод	Конструктивно-функциональная схема комбайна ДМН-1500Б		Лист	Масштаб
Разработ. Дроб. Констр.	Исполнитель Исполнитель						13440	—
Начисл. лист	Итого лист						Листов	Листов
					—		Итого, гр. А1-21-Ж	
					Копировать		Формат А1	

Подрібнювач незернової частини врожаю

ТВОП 00.050 СБ

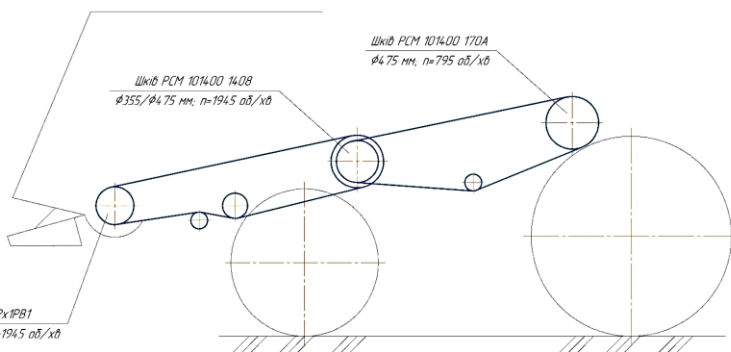
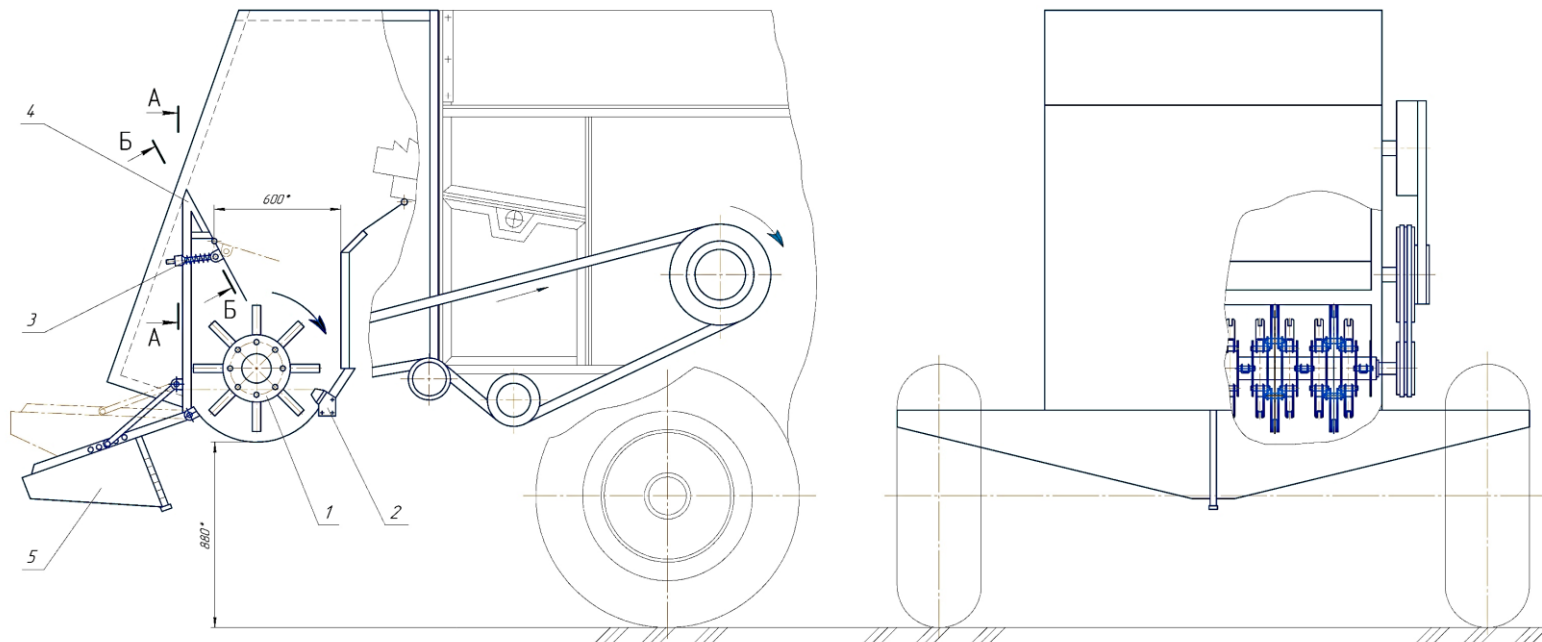
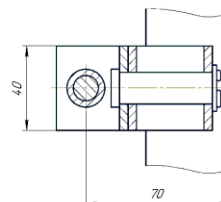
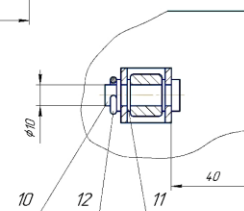


Схема привода вдосконаленого подрібнювача соломи комбайна

A-A (1:1)



Б-Б (1:1)



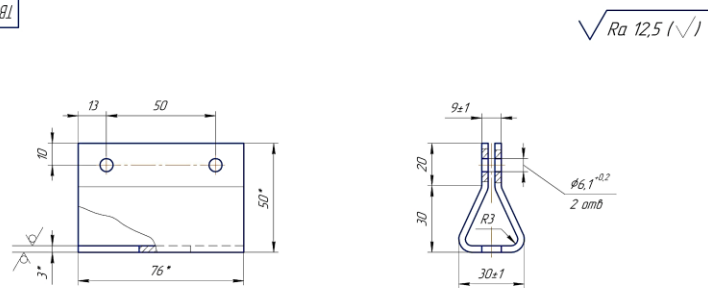
1. Перед експлуатацією агрегат прокрутити вхолосту і перевіритись в справності всіх вузлів і механізмів.
2. Заклинювання обертаючих і рухомих деталей не допускається.
3. Щільність передачі і при необхідності регулювати зазор між рухомими кранками напояк і протиріжними сегментами.
4. * Розміри для довідки.

ТВОП 00.050 СБ					
Вид докум.	№ докум.	Лист	Всього	Дат.	Масштаб
Розроб.	Виробництв.	140	110		
Ввод.	Виробництв.	Лист	Листів		
Головний					
Начальник	Менеджер				
Мех.	Виробництв.				
Подрібнювач незернової частини врожаю комбайна ДОН-Б500Б				ЦНТУ	
—				ар. АН-21-ЗСК	
Катодовий				Формат А1	

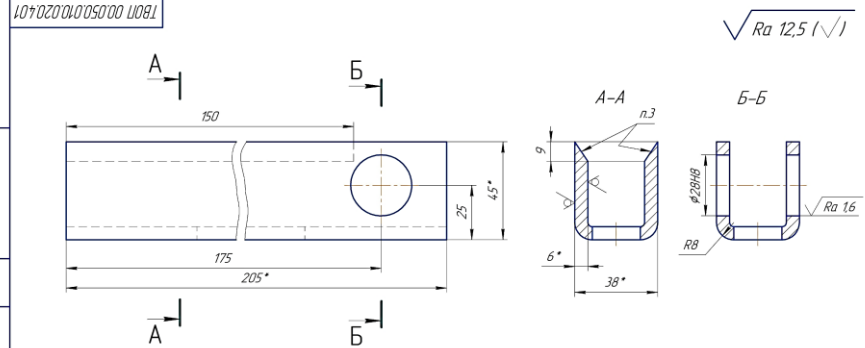
[illegible]

						ТВ01 00.050.010 СБ			
Мод.ист.	№ докум.	Лист	Лист	Молотковий бар'яний-подвійночас незнеродної частини бражко			Всг	Масга	Масга
Розроб	Знамену						85	14	
Лист	Важко						Лист	Лист	
Гарант							ЦНТУ зр А1-21-3К		
Навчальн	Важко			—			Формат А1		
Лист				Копія					

Деталювання вдосконалених елементів

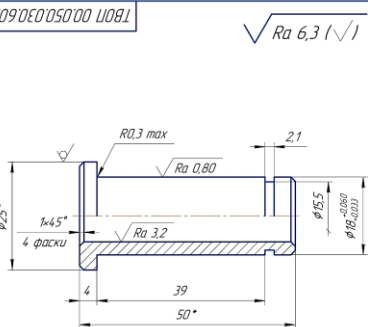


1. * Розміри для довідок.
2. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
3. Довжина розвертки 118 мм.

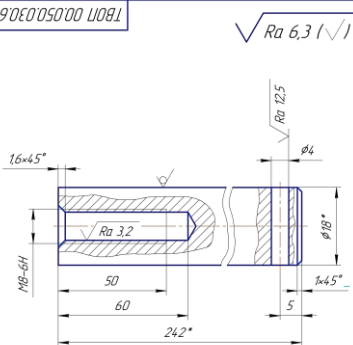
[illegible]

1. * Розміри для довідок.
2. Невказані граничні відхилення розмірів $H14$, $h14$, $\pm \frac{IT14}{2}$.
3. Наплавку зносостійкого шару виконати порошком ПГ-4С25 ГОСТ 21448-75 або прутком ПР-С1 ГОСТ 21440-75 зносієм ТВ4 або газозварюванням. Товщина шару $Q_{5.0-0.8}$ мм, HRC 51,5-55,5.
4. Довжина розвертки 112 мм.

						ТВОИ 00.050.010.020.401			
Имя	Адрес	№ документа	Листы	Листы		Лист	Масса	Масштаб	
Рисунки		Экспликация			Hix		1,05	1:1	
Проект		Экспликация				Лист		Листов	
Г.контракт									
Исх.проект	Исх.проект				Лист		Листов		
Исх.проект	Исх.проект				6-ПН-0-6.0 ГОСТ 19903-90			ЦНТЗ	
					45-Г-2 ГОСТ 1577-81			зр. А1-21-3CK	
					Копировать			Фигуры А.1	

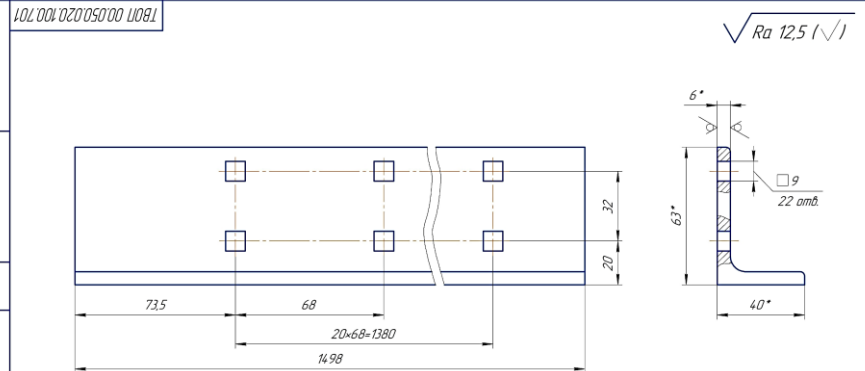


1. * Розміри для довідок.
2. Небказані граничні відхилення розмірів H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

[illegible]

1. * Розміри для довідок.
2. Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

						ТВОП 00.050.030.604			
Код	Вид	№ докум	Дата	Возраст		Акт		Масса	Максимум
Результ	Образование				Шток			0,4	2,1
Проф	Адрес						Вид	Длина	
Генератор									
Идентиф	Модель				Крутящий момент 18-8 ГОСТ 2590-88 45-8 ГОСТ 1050-88		ЦНТЗ г. А-21-3СК		
Адрес	Адрес						Формат А4		



1. * Розміри для довідок.
2. Небжані граничні відхилення розмірів H_{14} , h_{14} , $\pm \frac{IT_{14}}{2}$.

[illegible]

Дякую за увагу!