

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

**До захисту
Допускається
Завідувач кафедри**

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему: «Технічне забезпечення збирання зернових культур в умовах ТОВ
«АГРО-СОЛАР» Сумської області»

Виконав:

(підпис)

Гречаний А.О.

(Прізвище, ініціали)

Група:

АІ 2101-1.

(Науковий) керівник:

(підпис)

Калнагуз О.М.

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“ _____ ” вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Гречаного Антона Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Технічне забезпечення збирання зернових культур в умовах ТОВ «АГРО-СОЛАР» Сумської області» _____,

керівник роботи: Калнагуз Олексій Миколайович, старший викладач _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ _____ ” _____ 202_ року
№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи: “ 1 ” червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: виробничо-фінансові звіти з господарства за останні роки; довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; матеріали отримані під час проходження переддипломної практики; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проекту (роботи). _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. _____

1. Характеристика господарства. _____

2. Технологічна частина. _____

3. Конструктивна частина. _____

4. Охорона праці. _____

Загальні висновки. _____

Список використаних джерел. _____

Додатки. _____

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Характеристика господарства
2. Технологічна частина
3. та 4. Конструктивна розробка. (Складальне креслення та Робочі креслення нестандартних деталей)
5. Охорона праці

6. Консультанти розділів роботи:

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

7. Дата видачі завдання: “ _____ ” вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1	Обрання теми	до 10.09.2024 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 02.12.2024 р.	
3	Складання плану роботи	до 09.12.2024 р.	
4	Написання вступу	до 21.12.2024 р.	
5	Підготовка розділу 1 «Характеристика підприємства»	до 15.02.2025 р.	
6	Підготовка розділу 2 «Технологічна частина»	до 06.04.2025 р.	
7	Підготовка розділу 3 «Конструктивна частина»	до 26.04.2025 р.	
8	Підготовка розділу 4 «Охорона праці»	до 01.05.2025 р.	
9	Написання загальних висновків	до 12.05.2025 р.	
10	Подання роботи на перевірку унікальності	до 17.05.2025 р.	
11	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
12	Подання роботи до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Гречаний А.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Калнагуз О.М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гречаний Антон Олександрович «Технічне забезпечення збирання зернових культур в умовах ТОВ «АГРО-СОЛАР» Сумської області».

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальність 208 Агроінженерія. – Сумський національний аграрний університет.– Суми. – 2025, 51 с.

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота складається з чотирьох розділів, вступу, загальних висновків, списку використаних джерел із 25 найменувань та додатків.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано господарство СФГ «Урожай» що знаходиться в с. Андріяшівка. Наведені варіанти проведення процесу збирання зернових культур, машини та енергетичні засоби призначені для здійснення технологічних операцій збирання, їх класифікація, відмінності та основні переваги для певних умов роботи. Проаналізовано сучасні розробки від закордонних виробників для оптимізації процесу збирання зернових культур. Особливу увагу приділили класифікації молотильно-сепарувальних пристроїв та відмінностям в процесі обробки зернової маси. Зроблений розрахунок швидкості виконання технологічної операції збирання озимої пшениці комбайном John Deere на основі пропускної здатності комбайна та польових умов, необхідної потужності для виконання даної операції на розрахованій швидкості та ступінь використання потужності двигуна. Запропоноване вдосконалення комбайна John Deere дозволить запобігти швидкому зносу та передчасній поломці несучої конструкції лотка попереднього очищення. Зроблено креслення деталей необхідних для виготовлення та складальне креслення для демонстрації місця встановлення необхідних елементів. Проведено розрахунок болтового з'єднання в місці кріплення планки для підсилення конструкції до рами лотка. Запропоновані заходи з охорони праці дозволять знизити чисельність нещасних випадків на виробництві при роботі на зернозбиральних комбайнах та з жатками.

Ключові слова: зернові культури, хлібна маса, жатка, комбайн, похила камера, молотильно-сепарувальний пристрій, барабан, ротор, клавіша, система очистки, решітний стан, пропускна здатність, соломистість, швидкість виконання операції, потужність двигуна, охорона праці.

ABSTRACTS

Anton Oleksandrovych Grechany «Technical support of grain harvesting in the conditions of LLC «AGRO-SOLAR» of Sumy region».

Qualification (bachelor's) work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 Agroengineering.–Sumy National Agrarian University.–Sumy. – 2025, 51 p.

Qualification (bachelor's) work consists of four sections, introduction, general conclusions, list of used sources from titles, appendices.

The qualification work analyzes the farm of SFG «Urozhay» located in the village of Andriyashivka. Variants of the grain harvesting process are presented, machines and energy resources are designed to perform technological harvesting operations, their classification, differences and main advantages for certain operating conditions. Modern developments from foreign manufacturers are analyzed to optimize the grain harvesting process. Particular attention was paid to the classification of threshing and separation devices and differences in the grain mass processing process. The speed of the technological operation of harvesting winter wheat by a John Deere combine was calculated based on the throughput of the combine and field conditions, the power required to perform this operation at the calculated speed and the degree of use of engine power. The proposed improvement of the John Deere combine will prevent rapid wear and premature failure of the supporting structure of the pre-cleaning tray. Drawings of parts required for manufacturing and an assembly drawing were made to demonstrate the location of the necessary elements. The bolted connection was calculated at the point of attachment of the bar to reinforce the structure to the tray frame. The proposed occupational safety measures will reduce the number of accidents at work when working on combine harvesters and with headers.

Keywords: cereals, grain mass, header, combine, inclined chamber, threshing and separation device, drum, rotor, key, cleaning system, sieve mill, throughput, strawiness,

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	9
1.1. Розташування господарства.....	9
1.2. Ґрунтовно – кліматичні умови.....	9
1.3. Напрямок господарської діяльності.....	10
1.4. Структура посівних площ та урожайність.....	11
1.5. Характеристика тваринництва в господарстві.....	12
1.6. Склад і використання МТП господарства.....	13
1.7. Матеріальна база технічного обслуговування МТП.....	15
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	17
2.1. Значення озимої пшениці та кукурудзи на зерно.....	17
2.2. Машини для збирання зернових.....	21
2.3. Техніко-експлуатаційні розрахунки операції збирання.....	31
3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА.....	37
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТКИ.....	46

ВСТУП



Виробництво зерна в Україні традиційно є основною і вельми значущою галуззю сільськогосподарського виробництва, від розвитку якої до певної міри

залежить продовольча безпека населення країни. Найважливішою ланкою в багатоскладовому ланцюжку виробництва зерна і найбільш напруженою і відповідальною операцією є збирання, яке є завершальною операцією в технології вирощування сільськогосподарських культур. Ефективність його проведення залежить перш за все від досконалості і надійності використаних зернозбиральних комбайнів. Забезпечення підприємства комбайнами і досягнутий рівень їх використання істотно впливають на валовий збір зерна, оскільки запізнення із збиранням призводить до значних втрат вирощеного врожаю. Відомо, наприклад, що втрати зерна досягають 25—30 % при запізненні збирання зернових колосових на 10—12 днів. Ще більш жорсткі вимоги до збирання ріпаку та інших культур, які легко осипаються. Тому підприємствам економічно вигідно мати таку кількість комбайнів відповідної продуктивності та надійності, які забезпечать збирання зерна в оптимальні строки [21].

Запорукою зменшення втрат урожаю є оптимізація строків збирання разом із своєчасним та якісним його проведенням. Нагромадження сухої речовини, білка і клейковини в зерні пшениці продовжується до кінця воскової стиглості, коли його вологість знижується до 18–22%. Збирання врожаю пшениці озимої необхідно розпочинати в фазі повної стиглості зерна при вологості не вище 14%. Існує два способи збирання озимих зернових культур: однофазовий (пряме комбайнування) та двофазовий

(роздільне). Кращим способом збирання пшениці озимої, який є найбільш поширеним у виробництві, слід вважати пряме комбайнування. Слід зазначити, що переваги двофазового збирання врожаю озимих зернових культур доведено як біологічно, так і фізіологічно та економічно обґрунтовано. Під пряме комбайнування відводять, в першу чергу, чисті поля з рівномірно дозрілими хлібами, відносно невисоким і стійким до вилягання стеблостоем. До прямого комбайнування слід приступати з настанням повної (95%) стиглості зерна, коли його вологість не перевищує 14% [1].

Для скошування хлібів у валки, при двофазовому збиранні, слід застосовувати відрегульовані начіпні або причіпні жатки. Головним фактором збереження врожаю зерна є зниження втрат при його збиранні. Так, порушення технологічних операцій збирання може призвести до втрати, як мінімум, 17,0% врожаю. Зокрема, найбільшими втрати врожаю (6,6%) відмічено при порушенні оптимальних строків збирання культур [1].

Дещо менше втрачається зернової продукції при застосуванні невідрегульованої техніки (4,5%) та при неправильному сполученні способів збирання (4,0%). Тобто, наведені дані свідчать, що суттєвий вплив на зменшення втрат урожаю має оптимізація строків та якісне проведення збиральних робіт [1].

1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА СФГ «УРОЖАЙ»

1.1. Розташування господарства.

СФГ «Урожай» знаходиться в с. Андріяшівка Роменського району Сумської області. Від районного центру господарство знаходиться на відстані 28 км. Відстань від обласного центру – 130 км, відстань до залізничної дороги – 2 км, до найближчого відділу сільгосптехніки - 3 км, до Роменського заготзерна – 30 км, до Роменського молочного комбінату - 25 км.

УРОЖАЙ, СЕЛЯНСЬКЕ ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

Профіль Картка Єдиний реєстр

Юридична адреса: 42007, Сумська обл., Роменський р-н, с. Андріяшівка, вул. Горького, 96а
Телефон основний: (05448) 93350
Телефон контактний: (05448) 93940

Про компанію

Керівник: Шенченко Михайло Іванович — директор
Бухгалтер: Шенченко Михайло Іванович
Кількість працівників: 404

Банківські реквізити

Код ЄДРПОУ: 23295930

Час роботи

Понеділок: від 08:00 до 17:00
Вівторок: від 08:00 до 17:00
Середа: від 08:00 до 17:00
Четвер: від 08:00 до 17:00
П'ятниця: від 08:00 до 17:00

Діяльність підприємства

Галузі по КВЕД

- Рослинництво
- Вирощування зернових та зернобобових культур
- Тваринництво
- Надання послуг у рослинництві / тваринництві, обслуговуванні підприємств
- Виробництво продуктів борошномельно-хлібної промисловості
- Виробництво продуктів м'ясо-рибної галузі, які утворюються на фабриці
- Виробництво цукру

Виробничий напрямок господарства визначився: в рослинництві - виробництво зерна, цукрових буряків, в тваринництві - виробництво м'яса та молока. Товариство з пунктами здачі готової продукції зв'язане дорогами з твердим покриттям. За 1 км від господарства проходить автомобільна дорога республіканського значення Суми – Київ.

1.2. Ґрунтовно – кліматичні умови.

Господарство розташоване у другому агрокліматичному районі Сумської області. Район два помірно теплий, середньозволожений, він

характеризується такими показниками - сумою температур 2550 – 2600° С за період з температурою вище 10° С, кількість опадів, які випали за цей час 255 – 325 мм, а на протязі всього року 490 - 570 мм. На території агрокліматичного району вегетаційний період продовжується 190 – 210 днів, за цей час випадає 255 – 325 мм. опадів, це складає 56 % від річної норми.

Середньорічна температура + 6 ,5°С, самий холодний місяць – січень, самий жаркий - липень. Продовження періодів з середньодобовою температурою вище 5°С становить 235, з температурою вище 10°С - 195 – 200 дні. З температурою вище 15°С - 155–165 днів. Середнє продовження без морозного періоду рівна 160 – 170 днів. Зима сніжна, характеризується нестійкою погодою, поряд з низькими температурами -25°С, -27°С, мають місце часті відлиги з температурою +2°С, +4°С. Початок росту озимих припадає на першу декаду квітня. Середньорічна кількість опадів в цей час досягає 560 мм. Відносна вологість повітря в весняно - літній період року не падає нижче 50 % і коливається в межах від 50% до 75%, лише в окремі дні суховіїв вологість знижується до 30% і нижче. Кількість таких днів в вегетаційний період становить близько 8 – 12 днів.

В цілому характеризується значною кількістю опадів, які випадають в період росту рослин, високою відносною вологістю повітря, достатньою кількістю днів з температурою вище +15°С і є добрим для вирощування сільськогосподарських культур. Ґрунти, які обробляються переважно чорноземи.

1.3. Напрямок господарської діяльності.

Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових культур, м'яса і молока. На території господарства розташований шість відділень, автогараж, ремонтна майстерня, зернотік, пилорама, млин. Всього працюючих у господарстві 178 чол. Першим напрямком господарської

діяльності господарства є тваринництво. В системі заходів, направлених на збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, намічається подальше удосконалення структури посівних площ та освоєння правильних сівозмін.

В таблиці 1.1 наведено структуру земельних угідь СФГ «Урожай»

Таблиця 1.1

Структура земельних угідь СФГ «Урожай»

Найменування та вид використання землі	Площа
Загальна земельна площа	9374га
Сільськогосподарські угіддя, всього	9374га
у т.ч.: - рілля	9154 га
- сінокоси	140 га
- пасовища	80 га

1.4. Структура посівних площ та урожайність.

Структуру посівних площ і врожайність основних с – г культур за три останні роки приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Структура посівних площ і врожайність основних с – г культур.

Культури	2024 рік	
	Площа, га	Урожайність, ц/га
пшениця озима	1310	33,5
жито озиме	69	32,5
ячмінь ярий	445	24,7
овес	224	22,3
гречка	344	9,7
горох	122	24,8
кукурудза на зерно	5139	96
соняшник на зерно	567	30,3
цукрові буряки	453	265
кукурудза на силос	311	263
однорічні трави	43	141
багаторічні трави	236	132

1.5. Характеристика тваринництва в господарстві.

На території господарства розташовані дві молочнотоварні ферми, одна свинотоварна ферма. Наявність поголів'я, яке знаходиться в господарстві приведено в таблиці 1.3

Таблиця 1.3

Найменування	2024 рік
ВРХ	1376
Свині	293
Коні	32

Аналізуючи дані таблиці 1.3, бачимо, що поголів'я великої рогатої худоби збільшилось, поголів'я свиней збільшилось, поголів'я коней збільшилось. З ціллю успішного виконання планового завдання по виробництву тваринницької продукції передбачено повне забезпечення тваринництва кормами власного виготовлення. В групі концентрованих кормів основне місце займають: кукурудза, ячмінь, пшениця. В групі січних кормів посідають силос кукурудзи. З урахуванням потреби тваринництва в кормах існує зелений конвеєр, де основне місце займають однолітні і багатолітні трави, кукурудза, зелена маса з власних кормових угідь. На фермах всі технологічні процеси механізовані і автоматизовані. Корма тваринам роздають в основному за допомогою кормороздавача мобільного, універсального.

Структура машини для механізації виробничих процесів в тваринництві наведена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Назва обладнання	Марка машини	Кількість, шт.
Автонапувалка	АП-1	1000
Напувалка групова	АГК-4	25
Подрібнювач грубих кормів	КСП-9	3
Змішувач	KUNG	2
Кормороздавач	КТУ-10	3
Транспортер гною	ТСН-2Б	8

1.6. Склад і використання МТП господарства

Виробнича діяльність СФГ «Урожай» повністю забезпечена мобільними енергетичними засобами: тракторами та автомобілями; сільськогосподарськими машинами і машинами для механізації робіт в тваринництві; стаціонарними енергетичними засобами (двигуном внутрішнього згорання і електродвигунами). Структура машино – тракторного парку приведена в таблиці 1.5. сільськогосподарські машини для рослинництва в таблиці 1.6., наявність автомашин приведена в таблиці 1.7.

Таблиця 1.5

Склад тракторного парку

Марка тракторів	Кількість, шт.	Ефективна потужність, кВт	Сумарна ефективна потужність, кВт
Т – 150К	8	105	840
МТЗ – 80/82	15	59	885
МТЗ – 1025	4	79	316
МТЗ – 1025.2	3	79	237
ЮМЗ - 6	7	59	413
John Deree 8310	3	228	684
New Holland T8.390	1	286	286
Т – 150	2	105	210
ДТ-75	2	95,2	190,4
Всього	45	1095,2	4061,4

Аналізуючи дані таблиці 1.5, бачимо, що СФГ «Урожай» Роменського району Сумської області забезпечена як новітньою технікою так і застарілою.

Надалі необхідно переходити до енергонасичених тракторів, для того щоб збільшити кількість технологічних операцій при одному проході сільськогосподарського агрегату. Це призведе до скорочення більш сприятливіших умов для росту рослин.

Таблиця 1.6

Наявність комбайнів, сільськогосподарських машин

Назва	Марка	Кількість
Зернозбиральні комбайни	John Deree 9880i STS	3
	ДОН – 1500	3
	Полісся-1218	2
	Славутич	2
	СК-5 Нива	3

Бурякозбиральний	Kleine	2
	КС – 6 Б	2
	БМ-6	1
Кормозбиральні комбайни	Е-281	1
	CLAAS JAGUAR 870	2
	CLAAS JAGUAR 890	2
Плуги	ПЛН – 5 – 35	10
	ПЛН – 3 – 35	10
	ПО - 3 - 40	3
	ПО - 5 - 40	3
Борони	БДГ - 7	5
	БЗТС – 1,0	40
	McFarLine WDL - 2000	1
Культиватори	УСМК – 5,4	4
	КПС – 4	3
	КРН -5,6	3
	КПС -8	2
	ККП – 3.0 «Кардинал»	2
Котки	Flexicoil 75	2
Розкидачі добрив	1 РМГ – 4	2
	РУМ – 8	5
	ПРТ – 10	4
	РОУ - 5	1
Підживлювачі – оприскувачі	ОПВ – 2000	1
	ОВП – 2000 „Хорда”	1
	ОП- 2000	4
	Оприскувач Штанговий	2
Сівалки	СЗ – 3,6	9
	Accord – DV 6 – 2000 – 6м	1
	СУПН-8	5
	Amazone – D8 30 special	1
	ССТ – 18В	2
	ССТ – 12В	2
Жатки	ЖВП – 6, ЖРБ – 4,2	9
Косарки	ФС -302	1
	КРН-2,1	2
	КПС-5Г	2
Прес – підбирач	ППР – 110	2
	ПРФ – 180	1
Причепи тракторні	2ПТС – 4	10
	2ПТС – 4 – 88А	8
Зчіпки	СП- 11 У,	7
	СП – 16	5
Волокуша	ВТУ – 10	1
Граблі	ГВК – 6	2
Водороздатчик	ПАП – 10	1
	ВУ – 3	2
Навантажувач	ПФ – 0,5	2
Маніту	CLAAS 7040	2

Таким чином, з таблиці 1.6. видно, що для ефективної і безперервної роботи господарство забезпечено усією необхідною технікою і обладнанням, що допомагає збирати продукцію відповідно до запланованих агротехнічних строків.

Таблиця 1.7

Наявність автомашин в господарстві

Марка автомашин	Потужність двигуна, кВт	Кількість автомашин, шт.	Сумарна потужність в кВт
САЗ –3507	115	10	1150
Зіл-130	145	6	870
Камаз	154	9	1386
ВАЗ 2105	54	1	54
Пріора	72	2	144
ВАЗ 2104	71	1	71
ВАЗ 2111	69	2	138
ВАЗ 2106	54	1	54
ВАЗ 21099	99	1	99
ГАЗ 2705 (Газель)	98	1	98
ВСЬОГО:	931	34	4064

Аналізуючи дані таблиці 1.7. потрібно відзначити недостатність автомобілів для виконання транспортних робіт.

1.7. Матеріальна база технічного обслуговування машино – тракторного парку.

Майстерня займається ремонтом вузлів, агрегатів і деталей тракторів, автомобілів, комбайнів та с.-г. машин. В майстерні є такі відділення для ремонту машин і механізмів: зварювальне відділення, слюсарне відділення, токарне відділення, відділення по ремонту с.-г. машин, відділення по ремонту паливної апаратури, відділення по ремонту електрообладнання, кувальне відділення.

Склад адміністративно-керівного персоналу: директор господарства, головний інженер, головний механік, завідуючий гаражем, завідуючий майстернею, агроном, головний бухгалтер та бухгалтери.

На тракторній бригаді знаходиться пункт техобслуговування. Він має оглядову яму. Крім оглядової ями на ПТО знаходяться стенди для перевірки і регулювання зазорів у клапанному механізмі, в інших механізмах і системах двигунів тракторів і автомобілів.

В господарстві відсутня планово - попереджувальна система ремонту і ТО МТП. Ремонт і обслуговування с.-г. техніки проводиться по необхідності і посезонно.

Перелік основного обладнання ремонтної майстерні приведено в табл. 1.8.

Таблиця 1.8.

Перелік основного обладнання РМ

Назва обладнання	Марка	Кількість
Зварювальний агрегат	ПД-101	5
Електромотор	АБ-24220	2
Компресорна установка	ВВ-100/8А	4
Мойка з н/ж сталі	Karher	4
Насосна станція	Watomo GP SILVER 100	3
Мотопомпа	Honda WB 30ХТ	7
Станок заточний	електронаждак	5
Станок свердильний	Practica	4
Станок токарний	СВ1А616	2
Станок точильно-шліфувальний	ЗМ636	3

На тракторній бригаді знаходяться куточки по техніці безпеки. Також ці куточки є і у гаражі.

В майстерні працюють висококваліфіковані робітники, які і займаються ремонтом тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

2.1. Значення озимої пшениці та кукурудзи на зерно.

Зернові культури на даний період залишаються основними провідними культурами, які займають великі посівні площі по Україні. Згідно Державного реєстру сортів озимої пшениці на території України є велика кількість сортів які висівають аграрії.

Зернові культури – невід’ємна продукція сільського господарства яка використовується в усьому світі як в споживчих, так і промислових цілях. Зернові культури поділяються на три ботанічні родини: злакові, зернобобові та гречані. У свою чергу злакові поділяються на хлібні та просоподібні. Основні хлібні культури – пшениця, жито та ячмінь. Просоподібні – овес, рис, просо та кукурудза. Представники зернобобових є горох, квасоля, соя та інші. Гречані культури отримали свою назву від найвідомішого представника – гречки. За періодами та умовами росту і розвитку зернові культури поділяються на дві групи: озимі та ярі.



Рис. 2.1.1 Злакові хлібні

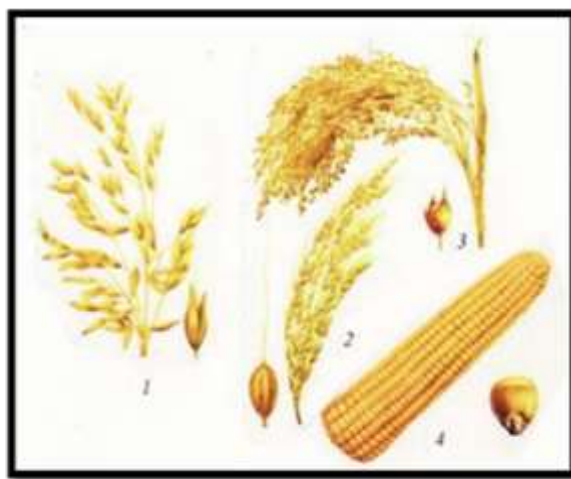


Рис. 2.1.2 Злакові просоподібні

Озимі культури мають здатність витримувати низькі температури і розвиваються під час зими. Через це варто правильно підбирати строки сівби, адже при ранньому посіві до настання зими холодостійкі властивості рослин погіршуються. Занадто пізня сівба призводить до загибелі рослин на холоді

через недостатній розвиток. Тому оптимальні строки сівби – кінець літа та початок осені, збирання – навесні. Ярі культури призначені для вирощування в теплих погодних умовах і не витримують низькі температури, тому висіваються навесні та збираються влітку. На відміну від озимих мають нижчі показники урожайності.

Для людства зернові культури є невід’ємною частиною раціону в різних формах: крупи, хлібо-пекарські та макаронні вироби. Також дані культури безпосередньо впливають на тваринництво адже є джерелами грубих і соковитих кормів. Прикладами застосування в переробній промисловості є виготовлення спирту, пива, квасу, добування глюкози, целюлози, крохмалю, фітину. Зернові культури також є складниками різних видів біопалива. Біоетанол може виготовлятися з кукурудзи, біобутанол-кукурудзи, пшениці та ячменю, біомазут може виготовлятися із різних рослинних залишків, наприклад солома чи лушпиння кукурудзи. Жито є корисним попередником для інших культур при застосуванні у сівозміні, адже мінімізує кількість бур’янів та хвороб. Крім цього жито є одним з найцінніших сидератів.

Зернові культури є однією з провідних спеціалізацій України у світовій економіці. Основними продуктами на експорт є пшениця, кукурудза, ячмінь та результат переробки – борошно. В 2021 році Україна входила до складу лідерів експортерів продукції сільського господарства. Так на світовому ринку від загального обсягу кукурудзи 15% та від загального обсягу пшениці 10% були саме українського виробництва. У 2024 було зібрано з 4,9 млн га було зібрано понад 22 млн тонн пшениці, з 3,8 млн га – понад 24 млн тонн кукурудзи, ячменю – з 1,4 млн га понад 5 млн тонн. Найбільші показники валового збору зафіксовано в Одеській, Чернігівській та Полтавській областях. Проте показники урожайності найвищі в Хмельницькій, Чернігівській та Тернопільській областях. Станом на березень 2025 року за 2024/2025 МР з України було експортовано понад 12 млн тонн пшениці, понад 2 млн тонн ячменю, понад 15 млн тонн кукурудзи та 50 тис. тонн

борошна. Найбільшу кількість пшениці було імпортовано Іспанією, Алжиром та Єгиптом.

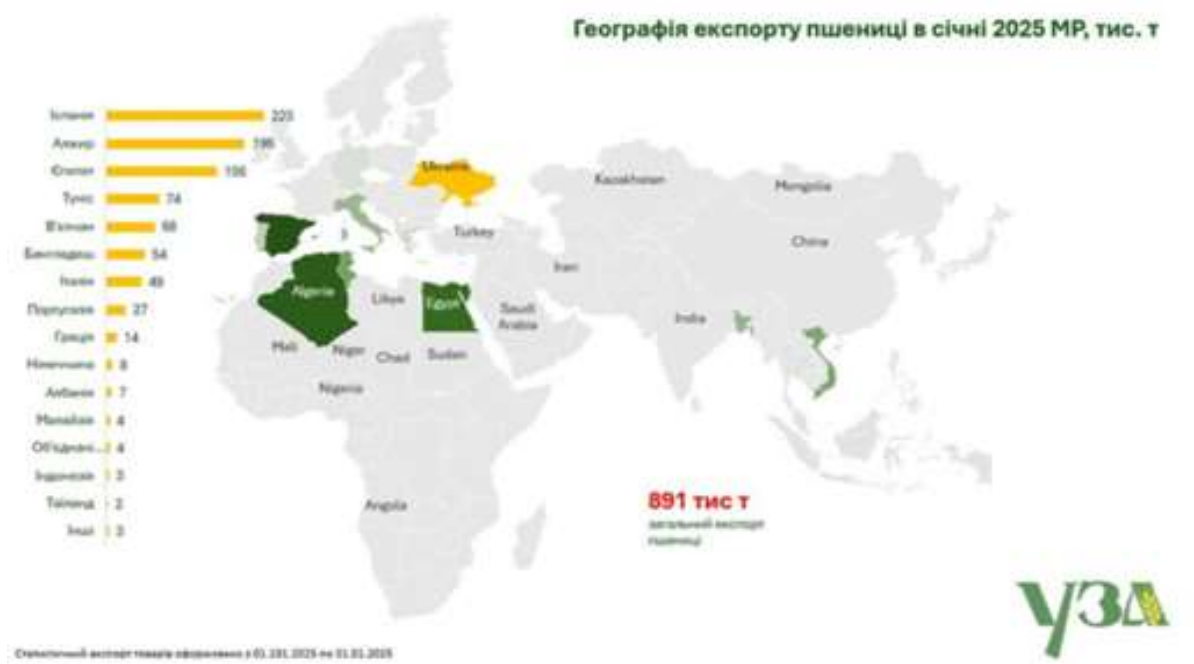


Рис. 2.1.3 Основні імпортери української пшениці (з сайту: <https://ukragroconsult.com/news/u-top-3-pokupcziv-ukrayinskyoyi-pshenycki-krayiny-seredzemnomorya/>)

Крім зазначених вище країн Середземноморського регіону українське зерно імпортують в південно-східний регіон Азії. Основним товаром який імпортується всіма переліченими країнами є фуражне зерно для застосування в якості кормів галузі тваринництва. Під озимі культури було засіяно понад 6 млн га, з яких 4,4 млн га – озима пшениця. Найбільші посівні площі розміщені в Одеській, Дніпропетровській та Миколаївській областях.

Особливості збирання зернових. Збирання зернових комбайновим способом може проводитися прямим або роздільним комбайнуванням. Детальніше про процеси обробки хлібної маси в ... В залежності від стану рослинної маси важливо обрати доцільний спосіб збирання для досягнення найбільшої ефективності та мінімальної кількості втрат. Пряме комбайнування – поширеніший спосіб і передбачає початок збиральних робіт при повній стиглості культур. Головними вимогами до полів на яких

використовуватиметься даний метод збирання є максимальна чистота, рівномірність досягання культур та низька забур'яненість. Самі рослини повинні бути відносно невисокі та мати стійкість до вилягання та осипання зерна. Також густота стеблостою не повинна сягати більше 280 рослин на 1 м². Оптимальними строками збирання в даний спосіб є 10-12 діб від початку збиральних робіт. Порушення строків збирання може призвести до отримання низької урожайності. Занадто раннє збирання призводить не лише до значної кількості невимолоченого врожаю, а й до низької якості зібраного зерна. Втрати під час пізнього збирання спричиняють шкідники та осипання насінин. Роздільний спосіб комбайнування доцільно використовувати за високої забур'яненості полів та нерівномірно достиглих рослин.



Рис. 2.1.4 Перша та друга фази роздільного комбайнування.

Початок скошування рекомендують проводити під час воскової стиглості, а саме в кінці даної фази при вологості наближеній до 30 %. Цей етап здійснюється для подальшого дозрівання та підсихання маси у валках та в'янення бур'янів. Підбирання здійснюється через 3-5 днів, коли вологість досягла близько 20%. Занадто пізнє підбирання призводить до втрат спричиненими шкідниками та пророслим зерном через дощі чи росу. В даний спосіб також рекомендовано збирати урожаї культур зі схильністю до вилягання чи рослини зерна яких осипаються. Стеблостій повинен мати густоту від 300 рослин на м² і висотою понад 60 см. Формування валків залежить від вологості в регіонах де збирається урожай. У районах з високою

вологістю валки мають бути тонкими та широкими, з низькою вологістю – неширокі та товсті. У разі високої забур'яненості низькорослих та рідких культур рекомендовано застосовувати роздільне комбайнування з укладанням у здвоєний валок. Незернову частину можна укласти у копиці або валки для подальшого підбирання спеціальними засобами або машинами. Також існує ще один спосіб збирання незернової частини – потокова технологія. Для реалізації даного процесу комбайни агрегують подрібнювачами незернової частини та збирають дану масу спеціальними причепами.

2.2. Машини для збирання зернових

Основними машинами для збирання зернових є зернозбиральні комбайни. Призначені для виконання збирання прямим комбайнуванням. Комбайни можна класифікувати за багатьма ознаками: величина пропускної здатності молотарки, будова ходової частини, спосіб агрегування, призначення. Основним показником для класифікації є будова молотильно-сепарувального пристрою (МСП). В даній класифікації виділяють 3 види комбайнів: класичні, роторні та гібриди. Детальніше про будову та принцип роботи кожного МСП в ...



Рис. 2.2.1 Гібридний комбайн від Claas та роторний комбайн від Case-IH

Українськими аграріями використовуються комбайни як радянського виробництва (СК-5 Нива, Дон-1500), так машини закордонного виробництва.

Основними лідерами на світовому ринку є John Deere, Claas, New Holland, Case-IH. Детальніше про машини від даних виробників у...



Рис. 2.2.2 Двороторний комбайн від New Holland та клявішний комбайн від John Deere

Комбайни виконують лише функції обмолоту, сепарації та очистки зернових культур. Тому для зрізання й підбирання хлібної маси на комбайни встановлюють жатки. Жатки бувають різних типів в залежності від культури яка збирається і відрізняються як за будовою, так і принципом роботи. За призначенням розрізняють наступні жатки: для суцільного збирання зернових, кукурудзозбиральні, для збирання соняшнику та обчісувальні. Для роздільного комбайнування на місце жатки встановлюють підбирачі. Найбільше використовуються жатки що виготовляються тими ж виробниками що випускають комбайни. Також до даного переліку входять жатки від Geringhoff.

Для підвищення продуктивності роботи, особливо при збиранні полеглих культур, жатки можуть використовуватися з різноманітними системами копіювання рельєфу ґрунту. Жатки серії RDF від компанії John Deere оснащені гнучким різальним апаратом та технологією Hydra Flex. Система, аналізуючи дані отримані від розміщених внизу жатки датчиків – копіїв, автоматично за допомогою гідроциліндрів ріжучого апарата змінює положення ріжучого апарату в межах певного діапазону.



Рис.2.2.3 Жатка Geringhoff Mais star SC (з сайту <https://tridaagro.com.ua>) та John Deere 630 F для суцільного збирання

Рівень чутливості обирається оператором і регулюється зміною тиску в гідроциліндрах. Чим більший тиск в циліндрах – тим менше навантаження жатки на ґрунт і відповідно жорсткіша робота гнучкого ріжучого апарату. Для встановлення жорсткого режиму роботи необхідно обрати максимальний параметр тиску в гідравліці та обов'язково механічно зафіксувати жатку. Компанія Claas також може запропонувати модель зі схожим різальним апаратом – це жатка Convio Flex. Серія жаток HDX від John Deere оснащена гнучкою рамою.



Рис. 2.2.4 John Deere HDX

Дана технологія підвищує продуктивність роботи жатки на полях з дуже нерівномірним рельєфом. Крім цього всі перераховані вище моделі жаток обладнані транспортером, який переміщає хлібну масу від країв до центру жатки, де розміщено подаючий барабан. Для керування швидкістю подачі маси даними транспортерами Claas пропонує систему Automatic Belt

Speed. Дана система автоматично регулює швидкість обертання транспортерів в залежності від швидкості руху комбайна та густоти хлібостою. Оператор повинен обслуговувати дані транспортери перевіркою або регулюванням натягу кожні 10 мотогодин. Для перевірки на жатці розміщена шкала з колірним позначенням степені натягу транспортера. Для максимально якісного збирання урожаю комбайни обладнуються автоматичними системами керування та системами відслідковування краю рядків. Система Laser Pilot від Claas являє собою датчик встановлений на краю жатки. Даний датчик за допомогою імпульсів відслідковує межу між зерною масою та скошеним полем на кукурудзяних жатках автоматичне керування може здійснюватися завдяки отриманню інформації про положення комбайна відносно рядка за допомогою механічних датчиків розміщених на подільниках. Прикладом застосування даної технології є жатки від Claas.

Жатки Geringhoff для збирання кукурудзи представлені двома найвідомішими моделями: Mais star SC, Rota Disc та Horizon Star. Основні відмінності між даними моделями полягають в будові подрібнювачів стебел. В жатці MS SC стебло зрізається ножом та переминається вальцями, в жатці Rota Disc замість вальця з двома ножами використовується горизонтальний вал з дисковими ножами. Horizon Star поєднує обидва типи ножів і через це стебла подрібнюються максимально. Дану модель рекомендовано застосовувати на господарствах які займаються вирощуванням культур за системою No till. Стебла які залишаються після збирання кукурудзи жаткою MS SC можна збирати і використовувати як грубий корм.

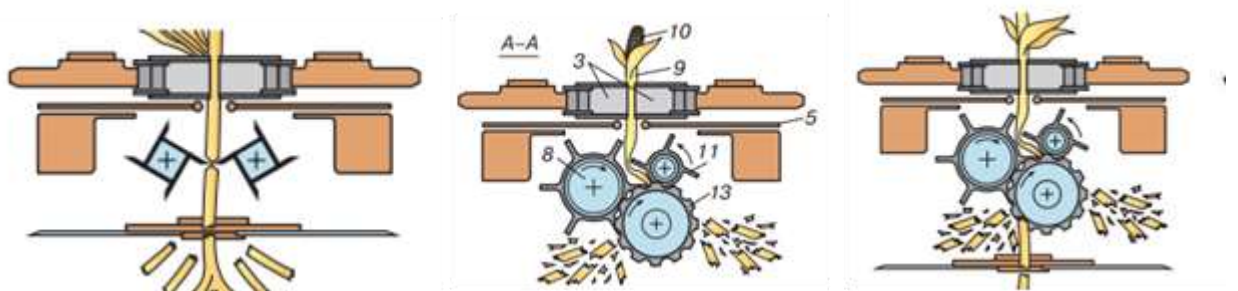


Рис. 2.2.5 схеми жаток MS SC; Rota Disc; Horizon Star

Для з'єднання жатки з похилою камерою та її пристосування до нерівностей поля на старих комбайнах дані вузли утримувалися на шарнірах проставки. Дане з'єднання необхідне для копіювання жаткою нерівностей поля. Одним з прикладів застосування даної технології є жатка комбайна КЗС-9-1 "Славутич". Копіювання поверхні поля у поперечній площині відбувається під час зміщення задньої частини жатки відносно корпусу проставки на шарнірах. Поздовжнє – за рахунок Зміни кута нахилу жатки відносно проставки. Для підйому жатки похила камера кріпиться до молотарки за допомогою шарнірного з'єднання. Для регулювання та підтримки заданого положення використовуються гідроциліндри один кінець яких закріплено на корпусі похилої камери, а інший – на передньому мості. Роль датчиків тиску жатки на ґрунт виконують башмаки на які спирається жатка. Механічні копії постійно взаємодіють з ґрунтом і через виникнення сили тертя створюється певний опір коченню комбайна, що є недоліком. На комбайнах сучасного виробництва роль пружинних підвісок для копіювання виконують гідроциліндри. Дане рішення надає можливість керувати положенням жатки автоматично за допомогою єдиної гідросистеми копіювання поверхні ґрунту. Стикування елементів при використанні даної технології здійснюється за допомогою двох тамбурів – для повздовжнього та поперечного копіювання. Тамбур повздовжнього копіювання нижньою частиною переміщується на осі, яка розміщена на нижній частині похилої камери. Верхня частина регулює положення відносно похилої камери за допомогою гідроциліндрів або гвинтових стяжок. Для регулювання кута нахилу на комбайнах John Deere потрібно підняти похилу камеру на робочу висоту, послабити болти кріплення та за допомогою гвинтових стрижнів відрегулювати необхідний кут нахилу. Гідравлічне регулювання зазвичай застосовують при роботі на полях з крутими схилами для швидкого реагування на зміни рельєфу. При поперечному копіюванні відповідний

тамбур змінює кут нахилу рухаючись на осі кочення на верхній частині. Гідроциліндри з'єднують даний вузол з іншим тамбуром.



Рис. 2.2.6 Регулювання кута нахилу похилої камери в повздовжній площині гвинтовими стяжками на комбайнах John Deere

Для максимально ефективного використання потужності та пропускної здатності комбайнів велика кількість регулювань проводиться автоматизованими системами з відслідковуванням параметрів роботи в реальному часі. Одним з прикладів даних систем є SEMOS AUTOMATIC що застосовується на комбайнах Claas Lexion. Детальніше про принцип роботи та можливості даної системи описано в...

Для роботи на полях зі змінним рельєфом комбайни John Deere оснащені системою Hill Master. Дана технологія дозволяє вирівнювати положення комбайна на схилах. Завдяки даній системі знижується відсоток втрат зерна через некоректне положення комбайна, з'являється можливість більше завантажити бункер між вивантаженнями, запобігається надмірне ущільнення ґрунту через нерівномірне навантаження та покращується зчеплення коліс. Компанія Fendt може запропонувати клієнтам систему для поперечного вирівнювання комбайна. Суть роботи системи ParaLevel полягає у конструкції моста. Бортові редуктори приєднані до моста за допомогою важелів як за принципом роботи незалежної підвіски, а положення комбайна

коригується за допомогою гідросистеми – подачею необхідної кількості оливи до гідроциліндрів. Система HarvestLab призначена для аналізу вмісту та якості зерна і здатна це здійснювати прямо під час збирання. Результати даного аналізу можна використовувати для сортування зерна та навіть для подальшого планування внесення добрив під наступний посів. Active Terrain Adjustment – система призначена для автоматичного регулювання параметрів роботи системи очистки в для запобігання втрат через роботу на схилах. Даних параметрів входять положення верхнього та нижнього решета та швидкість повітряного потоку від вентилятора. При русі на спуск система забезпечує підвищення чистоти зерна в бункері, а при підйомі – зменшує кількість насіння в недомолоті та втрати.



Рис. 2.2.7 Hill Master



Рис. 2.2.8 HarvestLab

Для компенсації бічного схилу на системі очищення комбайни від New Holland оснащені системою Smart Sieve. Принцип роботи даної системи полягає у особливості будови верхнього решета. Даний вузол не є суцільною конструкцією, а складається з чотирьох окремих незалежних елементів. Ці секції здатні змінювати положення у поперечній площині автоматично та індивідуально. Тобто кожен елемент за допомогою електронної системи управління займає необхідне положення незалежно від кута нахилу інших частин решета. Дане рішення відкриває можливості для окремого регулювання жалюзей кожної секції. Завдяки даній системі забезпечується

рівномірний розподіл маси по всій площі верхнього решета та максимальна ефективність системи очистки не зважаючи на схили. Прикладом комбайнів, де застосовується дана технологія – серія TS. Також система очистки комбайнів New Holland передбачає автоматичний захист від каміння. За даний процес відповідає система ASP. Виявлені за допомогою датчиків камені надходять у окремий відсік люк якого відчиняється автоматично. Для вирішення проблеми впливу поперечного нахилу комбайна на систему очистки комбайни від компанії Claas оснащені системами очистки 3D та 4D. Система 3D полягає у наявності додаткового – поперечного виду коливання решета. Приводиться даний механізм в рух за допомогою гідросистеми та регулюється автоматично в залежності від ухилу місцевості на полі. Система 4D регулює рівномірність завантаження системи очистки шляхом автоматичного керування положення засувки під молотильно-сепарувальними роторами. Також дана система керує подвійним потоком повітря від вентилятора. Керування вентилятором здійснюється за допомогою гідросистеми, а саме – положення варіатора з гідравлічним управлінням.



Рис. 2.2.9 Системи очистки компенсацією поперечного нахилу комбайна від New Holland та Claas

Комбайни Massey Ferguson оснащені високими перегородками на стрясній дошці для запобігання зміщення вороху в сторону. Дане технічне рішення попри простоту конструкції демонструє якість роботи на тому ж рівні що і решта систем. На комбайнах John Deere серії S регулювання площі

розподілу вороху на системі очистки можна здійснювати двома шляхами. Перший спосіб – встановлення кришок на підбарабання ротора в зоні сепарації. Перевагою даного способу є простота виконання, але є і недолік – зменшення активної площі сепарації. Тому доцільніше встановлювати перегородки на шнекових каналах, що збалансує навантаження на систему очистки без втрат ефективності роботи сепаратора.

З усіх перерахованих вище способів обробки незернової частини урожаю у сучасних умовах залишилися вживаними лише укладання у валки та подрібнення з подальшим рівномірним розкиданням по полю. Потокова технологія та копнування перестали використовуватися через нераціональне використання потужності комбайна та появу ефективніших технологій для обробки даної частини врожаю. Якщо господарство не має на меті використовувати пожнивні решти, доцільним є рішення подрібнення і рівномірне розкидання маси по полю. У такому випадку навантаження на комбайн зменшиться у порівнянні з валкуванням, а поверхня поля буде придатною для агрегатів які використовуються при Mini-till та No-till. Укладання незернової маси у валки за допомогою комбайна рекомендовано при використанні комбайнів з високою продуктивністю. Основним робочим органом подрібнювача – розкидача є ротор із закріпленими на ньому ножами. Приводиться в дію за допомогою шківа від клинопасової передачі. Вибір між розкиданням у валки та подрібненням здійснюється за рахунок зміни положення щитків. В одному з положень солома подрібнюється і рівномірно розкидається по полю, в іншому – доступ соломи до подрібнювача перекрито і маса укладається у валки. Для укладання у валки необхідно за допомогою важеля обрати необхідне положення щитків та зняти пас привода розкидачів. Також до регулювань даних розкидачів входять налаштування кута між ножами та протирізальними пластинами, регулювання ширини та дальності розкидання. Для зміни ширини розкидання чи напрямку необхідно змінити положення направляючих на розкидачу шляхом їх обертання та переміщення

в пазах. На сучасних комбайнах дане регулювання можна провести за допомогою електросистеми не покидаючи кабіну.



Роторні розкидачі переважно застосовують на комбайнах агрегованих із жаткою з шириною понад 9 метрів. Ще однією опцією в системі розкидання поживних решток є розкидачі полови. Дані установки являють собою ще одну пару роторів. Під час роботи комбайна половина потрапляє в кожухи роторів звідки за допомогою лопатей виходить через трубки кожухів. Привід роторів здійснюється за допомогою гідромоторів, тому для налаштування дальності розкидання достатньо лише з кабіни за допомогою відповідних органів керування змінити оберти гідромоторів. Дана система, як і більшість систем сучасних зернозбиральних комбайнів, може регулюватися в автоматичному режимі. Основним параметром регулювання є напрямок розкидання. Дане технічне рішення необхідне для мінімізацію впливу вітру на рівномірність розкидання решток по полю. Ще однією важливою метою є запобігання рознесення решток вітром на ділянки поля з незбираним урожаєм, адже даний фактор погіршує продуктивність зрізання маси. Інформація про швидкість вітру сприймається датчиками які змінюють положення в залежності від швидкості вітру. Чутливість датчиків можна коригувати. Ще одним показником який береться до уваги при регулюванні напрямку розкидання є бічний нахил комбайна. Інформацію про нахил комбайна відносно горизонту система отримує від датчиків які перебувають завжди у вертикальному положенні відносно землі. При нахилі комбайна положення датчика змінюється відносно машини. На роторних розкидачах напрямок розкидання змінюється за допомогою зміни положення

дефлекторів. Для запобігання забиванню комбайна чи потрапляння сторонніх предметів конструктивно передбачено встановлення механізму реверсу жатки. Привід механізму реверсу може здійснюватися трьома способами: механічним, електричним та гідравлічним. Приклад застосування механічного приводу реверсу є комбайни John Deere серії 9000. Джерелом крутного моменту є двигун і для передачі потоку потужності застосовується гідро підтискна муфта. Принцип роботи електричного приводу нічим не відрізняється від принципу роботи стартера двигуна. Основним недоліком даного варіанту виконання є некоректна робота в умовах пилу та бруду. А саме частини механізму яка подібно до втягуючого реле стартера змикає та розмикає потік потужності. Таку технологію застосовують виробники Claas, Deutz-Fahr, New Holland. Гідравлічний механізм приводу являє собою гідромотор і застосовується переважно на комбайнах Claas, Case, Challenger. Для виконання вказаних вище функцій на деяких комбайнах крім реверсування застосовують гальмування жатки.



2.3. Техніко-експлуатаційні розрахунки операції збирання.

Під час проведення дослідження збирання озимої пшениці методом прямого комбайнування нами було розраховано максимально допустиму

швидкість для виконання технологічної операції та необхідну потужність для здійснення даної роботи.

Об'єктом для розрахунків став комбайн John Deere 9500.

Розрахувати максимально допустиму швидкість по пропускній здатності можна за формулою:

$$v_{p.пз} = \frac{36 \cdot q_d}{B_p \cdot u_3 \cdot (1 + \sigma_c)} \quad 2.1$$

Додатковими величинами які необхідні для подальшого розрахунку є: B_p – ширина захвату машини, яка дорівнює добутку ширини захвату жатки (наведена нижче в таблиці довідкових даних комбайна) та коефіцієнта ступеня використання ширини жатки. Величина коефіцієнту - 0,96.

$$B_p = B_k \cdot \beta \quad 2.2$$

$$B_p = 6,7 \cdot 0,96 = 6,43$$

де u_3 - урожайність (вимірюється в тонах з гектара)

β_c – коефіцієнт що вказує кількість соломи на певний об'єм маси.

q_d – пропускна здатність комбайна яка залежить від стану хлібної маси, а саме такого параметру як вологість . Для визначення даного параметру необхідна формула:

$$q_d = q_v \cdot \left(1 - 0,03 \cdot (B_\phi - 15)\right) \quad 2.3$$

B_ϕ – відсоток вологості маси при збиранні.

q_v – пропускна здатність до розрахунку якої береться до уваги солонистість та врожайність.

Розраховується за формулою :

$$q_v = q_m \cdot 0,6 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sigma_c}\right) \quad 2.4$$

q_M – пропускна здатність обумовлена врожайністю та видом культури за ступенем важкості обмолоту.

$$q_M = q_e \cdot a_1 \cdot \left(1 + \frac{b_1 \cdot (u_3 - 4)}{4} \right) \quad 1.5$$

$$q_M = 9 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0,27 \cdot (6-4)}{4} \right) = 10,215 \quad 1.5$$

$$q_B = 10,215 \cdot 0,6 \cdot \left(1 + \frac{1}{1,2} \right) = 11,22$$

$$q_D = 11,22 \cdot (1 - 0,03 \cdot (14 - 15)) = 11,56$$

$$\vartheta_{p.пз} = \frac{30 \cdot 11,56}{6,43 \cdot 6 \cdot (1+1,2)} = 4,9$$

де q_e – ідеальна пропускна здатність машини (наведена в таблиці з параметрами комбайна).

a_1 – коефіцієнт коригування можливості обмолоту. Допустивши що культура яка збирається легко обмолочується, приймаємо дане значення за 1.

b_1 – коефіцієнт коригування за типом молотильного апарату. Даний комбайн оснащений двома молотильними барабанами – тому приймаємо відповідно значення даного параметра 0,27.

Після отримання результату у формулі 1.1 ми порахували втрати потужності двигуна для аналізу доцільності проведення роботи при розрахованій швидкості за формулою:

$$1.6 \quad N_{ев} = N_{еф} + N_{пр}$$

$N_{еф}$ – частина потужності необхідна для переміщення машини

$$N_{еф} = \frac{G_a \cdot (f_a \pm \sin \alpha) \cdot v_{p.пз}}{3,6 \cdot \eta_{тр}} \quad 1.7$$

α – кут нахилу місцевості на полі

f_a – опір коченню

$\eta_{тр}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{п}} \quad 1.8$$

$$\eta_{\text{тр}} = 0,85 \cdot 0,95 = 0,81$$

де $\eta_{\text{м}}$, $\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнти корисної дії механічної та клинопасової передач і відповідно значення 0,85 та 0,95

$G_{\text{а}}$ – вага машини. Розрахунок проводиться за умови, що комбайн працює з подрібнювачем:

$$G_{\text{а}} = G_{\text{к}} + 0,5 \cdot \gamma_{\text{з}} \cdot V_{\text{б}} \cdot g + 0,5 \cdot \gamma_{\text{с}} \cdot V_{\text{п}} \cdot g + G_{\text{п}} \quad 1.9$$

$$G_{\text{а}} = 117,72 + 0,5 \cdot 0,7 \cdot 7,2 \cdot 9,8 + 0,5 \cdot 0,08 \cdot 5 \cdot 9,8 + 17 = 161,38 \quad 1.9$$

$G_{\text{к}}$ – вага комбайна

$\gamma_{\text{з}}$ та $\gamma_{\text{с}}$ – об'ємні маси для зерна і соломи

$V_{\text{б}}$ та $V_{\text{п}}$ – об'єми бункера та причепа

g – прискорення вільного падіння ($9,8 \text{ м/с}^2$)

$G_{\text{п}}$ – вага причепа

$N_{\text{пр}}$ – частина потужності яка витрачається на приведення робочих органів в рух та обробку маси

$$N_{\text{еф}} = \frac{161,38 \cdot (0,06 + 0,052) \cdot 4,9}{3,6 \cdot 0,81} = 30,37 \quad 1.7$$

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{хх}} + 0,1 \cdot N_{\text{у}} \cdot q_{\text{м}} \quad 1.10$$

$$N_{\text{пр}} = 16 + 0,1 \cdot 8,9 \cdot 10,215 = 25,09 \quad 1.10$$

$$N_{\text{ев}} = 30,37 + 25,09 = 55,46 \quad 1.6$$

$N_{\text{хх}}$ – частина потужності що йде на холостий хід

$N_{\text{у}}$ – питома потужність яка витрачається при обробці 1 кг маси за 1 секунду

Таблиця 2.1.

Довідкові матеріали про параметри комбайна John Deere 9500

Номінальна потужність двигуна, кВт	175
Ідеальна пропускна здатність, кг/с	9
Ширина захвату жатки, м	6,7
Вага комбайна, кН	117,72
Витрати потужності на холостий хід робочих органів N_{xx} , кВт	16
Питома потужність на обробку маси N_y , кВт с/кг	8,9
Об'єм бункера, м ³	7,2
Модель причепа	1-ПТС 4
Об'єм причепа, м ³	5
Вага причепа, кН	17

Таблиця 2.2

Довідкові дані про польові умови роботи

Урожайність, т/га	6
Соломистість	1,2
Вологість, %	14
Кут нахилу поверхні, °	3
Опір коченню	0,06
Об'ємна маса зерна, т/м ³	0,7
Об'ємна маса соломи, т/м ³	0,08

Усі розраховані за допомогою вказаних вище формул та таблиць величини заносимо до таблиці для подальшого аналізу та формування висновку підведених розрахунків.

Таблиця 2.3.

Результати розрахунків

V_p , м	6,43
q_d , кг/с	11,56
q_v , кг/с	11,22
q_m , кг/с	10,215
$V_{p,uz}$, км/год	4,9
N_{ev} , кВт	55,46
N_{ef} , кВт	30,37
N_{pp} , кВт	25,09
G_a , кН	161,38
$\eta_{гр}$	0,81

У разі отримання результату перевищення втрат потужності над номінальною потужністю – розрахунок робочої швидкості необхідно проводити в залежності від потужності двигуна.

Таким чином при номінальній потужності в 175 кВт втрати потужності в 55,46 кВт роблять можливим виконання технологічної операції при даній швидкості.

$$N_{\phi} = N_{xx} + \frac{v_p}{3,6} \cdot \left(\frac{G_{\alpha} \cdot (f_k + \sin a)}{\eta_{тр}} + \frac{N_y \cdot B_p \cdot u_3 \cdot (1 + \sigma_c)}{10} \right) \quad 1.11$$

За допомогою даної формули розраховується потужність необхідна для виконання збирання при розрахованій швидкості.

$$N_{\phi} = 16 + \frac{4,9}{3,6} \cdot \left(\frac{161,38 \cdot (0,06 + 0,052)}{0,81} + \frac{8,9 \cdot 6,43 \cdot 6 \cdot (1 + 1,2)}{10} \right) = 149 \quad 1.11$$

Підставивши усі розраховані вище величини отримуємо: 149 кВт
Завершальним етапом розрахунку є визначення ступеня ефективності використання потужності двигуна при роботі.

$$\varepsilon_N = \frac{N_{\phi}}{N_{ен}} \quad 1.12$$

$$\varepsilon_N = \frac{149}{175} = 0,85 \quad 1.12$$

Провівши обчислення ми визначаємо, що двигун під час виконання роботи завантажений на 85%.

3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА

Для збирання зернових культур на господарстві використовується комбайн John Deere X9 1000. За типом МСП дана машина відноситься до роторних комбайнів оскільки обмолот та сепарація здійснюється за допомогою двох роторів, що обертаються в зустрічному напрямку.



Рис. 3.1. Комбайн John Deere X9 та МСП даної машини

Оснащений двигуном з робочим об'ємом 13.6 л. з номінальною потужністю 410 кВт (550 к. с.). При пропускній здатності даного комбайна більше 100 т/год втрати становлять менше ніж 1 відсоток. Висока пропускна здатність надає можливість агрегувати комбайн з жатками, які мають ширину захвату 15,2 м. для збирання зернових та з кукурудзяними жатками на 18 рядків. Для пристосування до роботи з даними агрегатами вантажопідйомність похилої камери становить 6.15 т. Для максимально точного вимірювання рівня втрат комбайн оснащений чотирма датчиками втрат у зоні обмолоту і сепарації та шістьма в системі очистки. Система обмолоту та сепарації з двома роторами довжиною понад 3.5 м. та діаметром 610 мм. забезпечує розміщення хлібної маси на більшій площі поверхні для обробки. Це дозволяє подавати зерно та солону тонким шаром, що забезпечує підвищення ефективності за рахунок зменшення навантаження робочі органи. Також при цьому мінімізується відсоток битого зерна та підтримується висока якість соломи на виході. Крім двох поздовжніх роторів

до МСП входить поперечний ротор FAST, який призначений для прискорення хлібної маси яка надходить від похилої камери до роторів. Конструкція лопатей, що знаходяться по центру – шевронна. Це дозволяє рівномірно розділити один суцільний потік хлібної маси на два потоки, що необхідно для обробки двома роторами. Очистка зерна проходить на трьох решетах сумарна площа яких 7м². Потік повітря створюється за допомогою чотирьох вентиляторів. Положення нижнього решета можна регулювати з кабіни за допомогою електропривода. Датчики вологості та врожайності разом із системою автоматичного калібрування Active Yield надають максимально актуальну інформацію про стан врожаю для ведення точного землеробства. На основі зібраних даних під час збирання створюються карти урожайності які зберігаються в Operation Center. На основі даних карт можна створювати карти попереднього написання для точного внесення за допомогою оприскувачів під час підготовки під сівбу.

Лоток для попередньої обробки зерна є елементом системи очистки і розміщений нижче в області передньої частини підбарабання перед решетами. Даний елемент необхідний для транспортування вимолоченої маси до решіт та з одночасним первинним очищенням. Мета застосування даного технічного рішення полягає у знятті навантаження з решіт для пристосування системи очистки до продуктивності МСП. Первинне очищення проходить у наступний спосіб: вимолочена маса потрапляє через отвори підбарабання на лоток де струшується та під дією потоку повітря створеного вентиляторам частково очищається від полови і далі надходить на решета для основної очистки. Лоток має схожу будову зі стрясною дошкою і складається зі сталеві рами яка є жорстким несучим елементом всієї конструкції. Даний каркас хоч і вважається однією деталлю але процес виготовлення передбачає складання окремих елементів і з'єднання за допомогою заклепок. На раму приєднується пластикове днище по якому переміщується змолочена неочищена маса. Для забезпечення рівномірного завантаження лотка по всій робочій площі, на днищі у повздовжньому

напрямку розміщені сталеві перегородки. Для запобігання втратам на даному етапі обробки зерна до каркаса приєднано по зовнішньому периметру ущільнення.



Рис. 3.2. Розміщення лотка для первинної обробки в системі очистки

Під час проведення регулярного дефектування вузлів комбайна було помічено, що висока пропускну здатність призводить до високих навантажень та під тривалою дією даних зусиль стійкість конструкції лотка почала знижуватися..

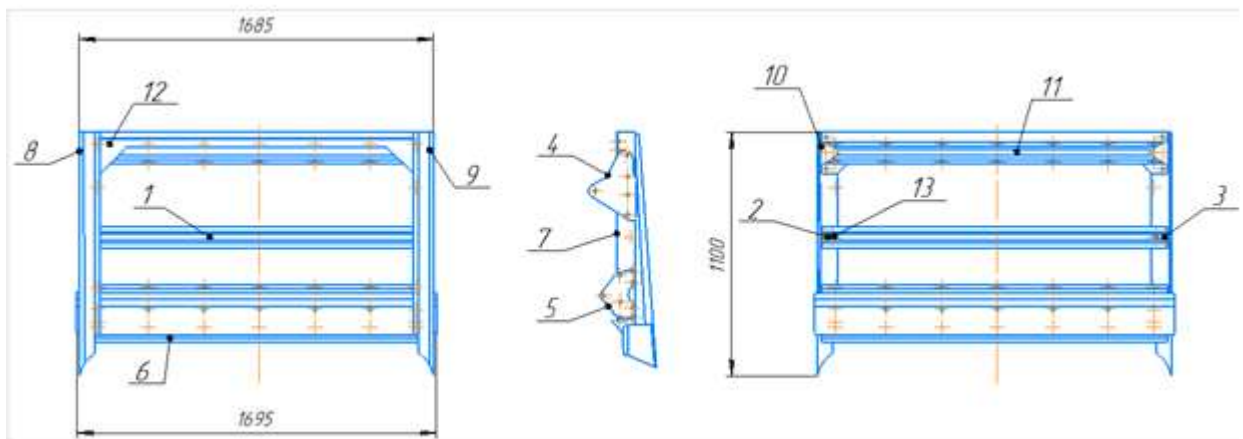


Рис. 3.3. Складальне креслення

Для запобігання поломки під час виконання технологічної операції та зниження ризику зупинки комбайна на ремонт під час строків збирання було прийнято рішення розробити та застосувати технологію для підсилення конструкції рами. Суть даної модернізації полягає у прикріпленні

поперечини для забезпечення більшої стійкості та надійності паралелограмної конструкції каркаса. Для з'єднання даної балки та рами було виготовлено два кронштейни які за допомогою болтового з'єднання прикріплювалися до поперечини та каркасу. Болти та гайки для вказаних вище деталей – спеціалізовані, тобто виготовлялися окремо для відповідності параметрам деталей

Для розрахунків розмірів болтового з'єднання необхідні наступні вихідні дані: товщини деталей що з'єднуються та зовнішній діаметр різьби болта. Товщина кронштейна 2: $a = 3$ мм. Товщина балки 1: $b = 2$ мм. Зовнішній діаметр різьби болта 3: $d = 8$ мм.

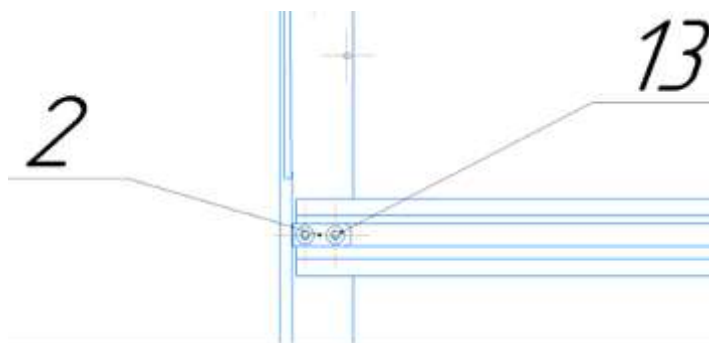


Рис. 3.4. Місце розміщення болтового з'єднання на складальному кресленні

Виступ різьбової частини болта з під гайки:

$$K = 0,3 \cdot d = 0,3 \cdot 8 = 2,4$$

Менший діаметр різьби:

$$d_1 = d \cdot 0,8 = 8 \cdot 0,8 = 6,4$$

Висота гайки:

$$H = d \cdot 0,8 = 8 \cdot 0,8 = 6,4$$

Товщина шайби:

$$S = 0,15 \cdot d = 0,15 \cdot 8 = 1,2$$

Діаметр отвору:

$$A = 1,1 \cdot d = 1,1 \cdot 8 = 8,8$$

Діаметр описаного кола навколо гайки або голівки болта:

$$D = 2 \cdot d = 2 \cdot 8 = 16$$

Довжина різьби:

$$l_0 = 2 \cdot d = 2 \cdot 8 = 16$$

Довжина болта:

$$l = a + b + S + H + K = 2 + 3 + 1,2 + 6,4 + 2,4 = 15$$

Діаметр шайби:

$$D_{ш} = 2,2 \cdot d = 2,2 \cdot 8 = 17,6$$

На основі отриманих даних виконуємо креслення болтового з'єднання:

1 - шайба; 2 – болт; 3 – гайка; 4 – балка; 5 – кронштейн;

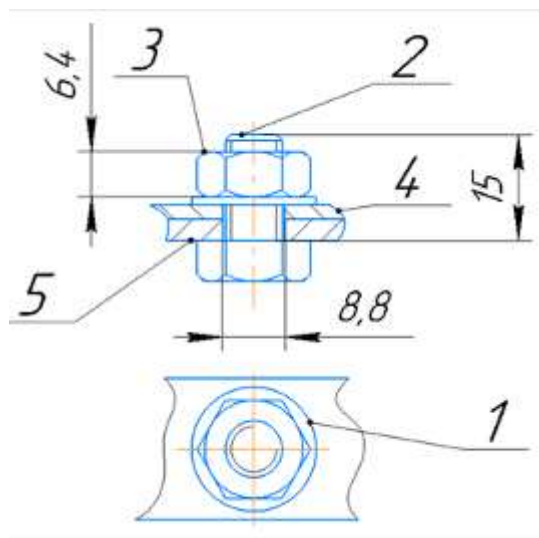


Рис. 3.3 креслення болтового з'єднання

Наступним етапом є розрахунок максимально допустимого осьового навантаження.

Для цього необхідно вважати, що фактичне напруження під час розтягу болтового стрижня дорівнює максимально допустимому напруженню.

$$\sigma_p = [\sigma]_{рб} \quad 3.1$$

σ_p - фактичне напруження

$[\sigma]_{рб}$ - максимально допустиме напруження

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F_{розр}}{\pi \cdot d_1^2} = [\sigma]_{рб} \quad 3.2$$

d_1 – допустимий діаметр різьби

$F_{\text{розр}}$ – осьове навантаження

$$F_{\text{розр}} = \frac{[\sigma]_{\text{рб}} \cdot \pi \cdot d_1^2}{4} \quad 3.3$$

$$[\sigma]_{\text{рб}} = \frac{\sigma_{\text{T}}}{S} \quad 3.4$$

σ_{T} – границя текучості, МПа (Сталь40Х - 550)

S – запас міцності (для різьби М8 приймаємо 4)

$$F_{\text{розр}} = \frac{\sigma_{\text{T}} \cdot \pi \cdot d_1^2}{S \cdot 4} \quad 3.5$$

Перед початком розрахунку необхідно параметр діаметра різьби поділити на 1.5 (коефіцієнт запасу) , тобто для подальшого розрахунку $d_1 = 5,3$

$$F_{\text{розр}} = \frac{550 \cdot 3,14 \cdot 5,3^2}{5 \cdot 4} = 2,4 \text{ кН}$$

Таким чином результатом проведення даної модернізації є запобігання передчасної поломки вузла та підвищення надійності конструкції.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ.

Для збереження здоров'я працівників та запобігання нещасним випадкам на виробництві керівництво господарства має створити всі умови для ознайомлення та дотримання правил техніки безпеки. В свою чергу персонал повинен дотримуватися даних інструкцій в обов'язковому порядку. Перед початком збиральних робіт машину потрібно підготувати, а саме провести діагностику та усунути несправності, почистити робочі органи. Механізатор повинен працювати у спеціалізованому одязі який відповідає розмірам та щільно прилягає. Також при необхідності необхідно користуватися засобами індивідуального захисту (окуляри, рукавички, маска, захисна каска, взуття з металевим носком).

Під час робочої зміни в кабіні комбайна дозволено знаходитися лише оператору і лише в окремих випадках – інструкторові чи нетривалий час спостерігачеві. Перебування дітей в кабіні або іншому місці машини суворо забороняється. Під час початку руху чи в процесі їзди необхідно уважно спостерігати за наявністю людей по траєкторії руху. При русі на схилах виконувати повороти потрібно з особливою обережністю, особливо із заповненим зерновим бункером. Перед здійсненням повороту в будь яких умовах швидкість руху повинна бути мінімальною. Під час прегонів особливу увагу потрібно приділяти лініям електромережі. Контакт чатин машини з вище вказаними – заборонений.

Для зменшення ймовірності контакту вивантажувальний шнек та радіоантена повинні бути перевені в транспортне положення. Після закінчення робочої зміни та доставки комбайна до місця зберігання або за потреби покинути кабіну в полі оператор перед виходом повинен провести наступний ряд операцій: опустити жаткку та вимкнути робочі органи, превести багатofункціональний важіль в нейтральне положення, встановити машину в режим парковки за допомогою важеля чи кнопки (в залежності від марки та моделі комбайна), заглушити двигун та витягнути ключ

запалювання. Покидати будь яку сільськогосподарську машину на ходу операторові суворо забороняється.

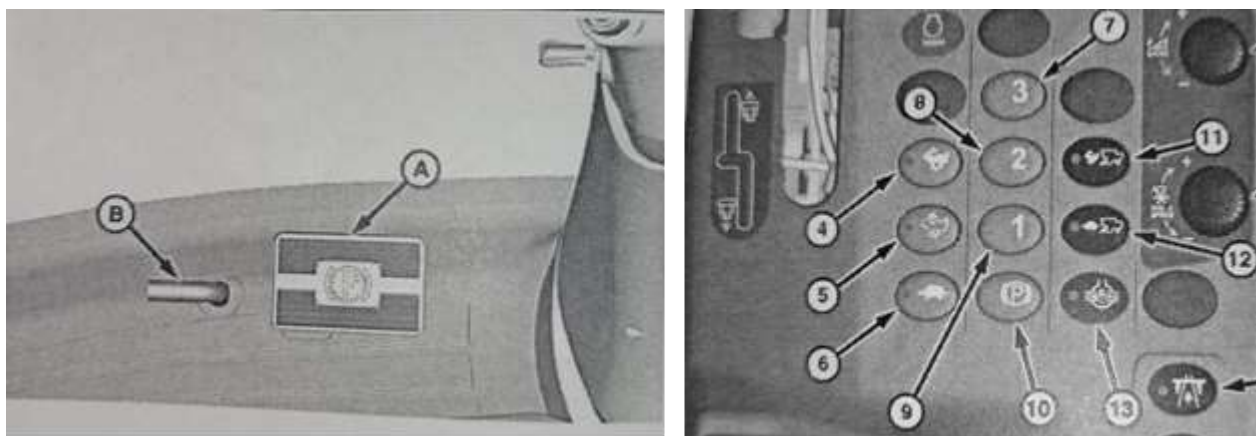


Рис. 4.1 Педаль для паркування (А) та важіль для зняття з режиму паркування (В) комбайнів John Deere S 670; кнопка режиму паркування комбайна (10) на пульті Command Touch комбайна S 670

Під час заправки потрібно дотримуватися правил пожежної безпеки. Перш за все потрібно забезпечити повну відсутність джерел вогню чи іскор. Під час заправки двигун повинен бути заглушеним. Проце повинен проходити на відкритому повітрі для запобігання отруєння механізатора парами палива. При потраплянні легкозаймистої речовини на комбайн – пляму потрібно витерти для запобігання випадкового загорання. Кожна машина повинна бути забезпечена вогнегасником та аптечкою з усм необхідним для надання первинної медичної допомоги. У разі виникнення пожежі при перших ознаках (запах чи наявність диму, наявність вогню) перш за все оператор має завершити роботу та миттєво прийняти рішення чи зможе самотужки усунути вогонь. У разі самостійних дій механізатор повинен стати спиною до напрямку вітру та скористатися вогнегасником. Під час перебування біля вузлів що обертаються без встановлення біля них захисту необхідно уникати контакту з ними як руками так і елементами одягу.



Рис. 4.2 Вузли силової передачі

Перед очисткою, змащуванням чи регулюванням елементів вузлів даного типу необхідно обов'язково зупиняти роботу механізмів. Під час очистки зернового бункера варто пам'ятати що затягування шнеком може привести до тяжких тілесних пошкодження або навіть до летальних випадків. Тому при закупорюванні або для очистки бункера від залишків зерна необхідно заглушити двигун, увімкнути стоянкове гальмо, витягнути ключ із замка запалювання та за допомогою мітли чи лопати провести очистку. При обслуговуванні шин завжди необхідно підтримувати тиск який записаний в інструкції з експлуатації.

Заборонено проводити роботи пов'язані нагріванням чи зварюванням на диску з шиною. Підвищення температури може призвести до збільшення тиску та вибуху шини. Зварювання може ослабити конструкцію колеса та деформувати його. При заміні чи обслуговуванні колес варто пам'ятати про велику вагу вищевказаних і звертатися за допомогою до помічників та використовувати підйомне обладнання. При накачці шин потрібно стояти збоку. Регулярно потрібно перевіряти моменти затяжки колісних болтів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз господарства СФГ «Урожай» показав що господарство має в обробітку більше 9 тисяч гектарів землі, вирощують як зернові так і технічні культури. Топ культур які вирощуються це озима пшениця та кукурудза на зерно.

В технологічній частині описали можливі способи збирання зернових культур та способи обробки незернової частини врожаю. Розглянули види, будову та способи виокремлення зернової маси на різних типах молотильно сепарувального пристрою, види, призначення та найбільших виробників жаток. Виокремлено виробників – лідерів на українському та світовому ринку за продажами зернозбиральних комбайнів та основні критерії за якими клієнти обирають певні моделі. Проаналізовано технології для оптимізації системи очистки зернової маси, технології для копіювання ґрунту жатками, системи точного землеробства. Зробили техніко – експлуатаційні розрахунки виконання технологічної операції збирання озимої пшениці комбайном John Deere. За результатами даних розрахунків обрано робочу швидкість обумовлену пропускнуою здатністю молотарки – 5 км/год та розраховано потужність необхідну для виконання роботи – 149 кВт, при номінальній потужності двигуна обраної моделі комбайна в 175 кВт ступінь ефективності використання потужності двигуна становить 0,85.

Для збереження цілісності рами лотка для попередньої очистки зерна та запобігання передчасного ослаблення стійкості конструкції під впливом динамічних навантажень було запропоновано конструктивну модернізацію даного вузла за допомогою деталей, які можна виготовити в умовах господарства та проведено розрахунок болтового з'єднання даних елементів.

Запропоновані заходи з охорони праці під час роботи на зернозбиральних комбайнах дозволять знизити ризики травмування персоналу на виробництві та запобігатимуть можливим матеріальним витратам через нещасні випадки на виробництві

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вінюков О., Національна Академія Аграрних Наук України. Методичні рекомендації щодо збирання зернових культур в умовах воєнного стану та обмеженого ресурсного забезпечення. Сайт <https://agro.dn.gov.ua/>. Головна / Напрями / Рослинництво. 17.06.2025. URL: <https://agro.dn.gov.ua/downloads/2022/06/rekomendatsii-uborka-2022.pdf> (дата звернення: 19.06.2025).

2. Войтюк Д. Г. Експериментальні дослідження втрат зерна при роботі зернозбиральних комбайнів / Д. Г. Войтюк, С. В. Смолінський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 3 – С. 331– 348.

5. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробити механіко-технологічні передумову розвитку комбайнового збирання зернових культур та вирішення головних проблем, спрямованих на зменшення втрат та пошкодження зерна, покращення економічності та екологічності технологій і комплексів зерно-соломозбиральних машин». Проект 40.02-34Ф (проміжний), ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха 2018. Керівник НДР Недовесов В.І.; 72.

6. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підручн. для студент. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 2: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – С.83-173.

7. Сисоліна І. П. Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів / І. П. Сисоліна // Аграрний вісник причорномор'я. – 2013. – Вип. 67. – С. 121–129.

8. 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.: іл.;

10. Rudoy, Dmitriy & Egyan, M & Kulikova, N & Chigvintsev, V. (2021). Review and analysis of technologies for harvesting perennial grain crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 937. 022112. 10.1088/1755-1315/937/2/022112.

https://www.researchgate.net/publication/357231021_Review_and_analysis_of_technologies_for_harvesting_perennial_grain_crops

11. Rudoy, Dmitriy & V.I., Pakhomov & Maltseva, Tatyana & M.A., Yegyan & N.A., Kulikova. (2021). Review and analysis of technologies for harvesting grain crops. 120-125. 10.23947/itno.2021.120-125.

https://www.researchgate.net/publication/358572835_Review_and_analysis_of_technologies_for_harvesting_grain_crops

12. Wen, Jingqian & Yin, Yanxin & Zhang, Yawei & Pan, Zhenglin & Fan, Yindong. (2022). Detection of Wheat Lodging by Binocular Cameras during Harvesting Operation. Agriculture. 13. 120. 10.3390/agriculture13010120.

https://www.researchgate.net/publication/366832324_Detection_of_Wheat_Lodging_by_Binocular_Cameras_during_Harvesting_Operation

13. 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.; іл.

14. Артёмов М. П. Технологічні системи збирання зернових культур [Електронний ресурс] / М. П. Артёмов. – 2021. – Режим доступу до ресурсу:

https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/2536/1/materialy-MNPK_SIAHV_2021-256-257.pdf.

15. Гадзало Я. М. Наукова оптимізація збирання зерна та сівби озимих культур у 2020 році [Електронний ресурс] / Я. М. Гадзало // Дніпро.ДУ Інститут зернових культур НААН України. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:

https://market.institut-zerna.com/documents/recomendatsii_zbir_2020.pdf.

16. Ярошенко С. Раціональні способи збирання озимих зернових культур. [Електронний ресурс] / С.Ярошенко, А.Черенков, М.Солодушко //

Журнал «Агробізнес Сьогодні». Механізація АПК. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/8913-ratsionalni-sposoby-zbyrannia-ozymykh-zernovykh-kultur.html>.

17. Кирпа М. Збирання і збереження врожаю зерна [Електронний ресурс] / М. Кирпа // Головний журнал з питань Агробізнесу \ "Пропозиція\". – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/zbirannya-i-zberezhennya-vrozhayu-zerna>.

18. Як прискорити збирання врожаю на 25%. [Електронний ресурс] // Журнал «Агробізнес Сьогодні». Механізація АПК.. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/27204-yak-priskoriti-zbirannya-vrozhayu-na-25protsen.html>.

19. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д. Г. Войтюка / С. С. Яцун, М. Я. Довжик. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – С. 345-358.

20. Попов С., Інститут Рослинництва Імені В. Я. Юр'єва Наан. Технологічні особливості збирання врожаю зерна та сівби озимих культур у господарствах Харківської області в умовах 2022 року. Попов С.І., Кириченко В.В., Кузьмишина Н.В., Балюк С.А., Мірошниченко М.М., Рожков А.О., Пузік В.К., Бобро М.А.. Сайт <https://yuriev.com.ua/ua/>. ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ІМ. В.Я. ЮР'ЄВА Національної академії аграрних наук України.. Головна / Наукові видання / Навчальні посібники, методичні рекомендації. 05.07.2022. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/navchalni-posibnyku/vpr-2025.pdf> (дата звернення: 19.06.2025).

21. Макаренко М. Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт <https://agroelita.info/>. Головна / Техніка / Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна. 30.05.2016. URL: <https://agroelita.info/tehnolohiji-zbyrannya-zerna-vybir-pravylnoho-kombajna/> (дата звернення: 19.06.2025).

22. YELENYCH, Anatoliy. (2024). DESIGN FEATURES OF GRAIN HARVESTING COMBINEERS CASE IN "AXIAL-FLOW" SERIES.

ENGINEERING, ENERGY, TRANSPORT AIC. 95-105. 10.37128/2520-6168-2024-1-11.

23. Duganets, Vasyl & Hrushetskyi, Sergii & Tokarchuk, Oleksii & Bonchuk, Vitalii & Fedirko, Pavlo. (2023). ANALYSIS OF THE MAIN MALFUNCTIONS OF GRAIN HARVESTERS AND WAYS TO INCREASE THEIR EFFICIENCY IN HARVESTING GRAIN, LEGUMINOUS AND OTHER CROPS. ENGINEERING, ENERGY, TRANSPORT AIC. 21-28. 10.37128/2520-6168-2023-1-3.

24. Ivchenko, Volodymyr & Lanchenko, Yevhenii & Nosikov, Oleksandr & Filonenko, Olena. (2024). Organisation of labour remuneration during grain harvesting in agricultural enterprises. Biological Systems: Theory and Innovation. 15. 100-115. 10.31548/economics/3.2024.100.

25. Godzhaev, Zakhid & Kolesnikov, Aleksey. (2025). IMPROVEMENT OF THRESHERS FOR THRESHING AND SEPARATION OF GRAIN LEGUMES. Tractors and Agricultural Machinery. 10.17816/0321-4443-678124.

ДОДАТКИ