

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 другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Удосконалення комбайна класичної схеми обмолоту з
дослідженням системи очистки зерна"

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ-22М-1.1
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Іщенко Михайло Сергійович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Микола МОРОЗ

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 ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

2. Керівник роботи (проекту)

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) _____

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__ р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__ р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Інженерна частина	8
3. Наукова частина	46
4. Охорона праці	55
5. Економічна частина	58
6. Висновок	60
Список використаної літератури	62
Додатки	65

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

1. ВСТУП

Україна це класична аграрна держава, яка має на більшості територій сприятливі ґрунтово-кліматичні, економічні та технологічні умови для ефективного вирощування широкого спектру сільськогосподарських культур. На дану тенденцію не вплинула навіть війна, а реалізація сільськогосподарської продукції, в тому числі і на експорт залишається важливим джерелом доходу нашої країни навіть в такий тяжкий період. Крім цього, більшість орних угідь, на яких реалізуються техпроцеси вирощування це класичні чорноземами, які при раціональному і компетентному використанні забезпечують отримання стабільних врожаїв більшості культур.

Поряд з цим, відмічається і ряд проблемних моментів, що мали місце в агровиробництві ще до повномасштабного вторгнення і не стають менш актуальними і сьогодні. Серед таких проблем відмічаються загальне зниження культури землеробства, відмова чи обмеження сівозмін, нещадна та необґрунтована експлуатація ґрунтів, що доводить до їх виснаження та відсутність нормальної системи удобрення орних угідь, використання дуже важкої та енергонасиченої а подекуди і застарілої техніки та ін. Поряд з тим, існують і господарства, що прагнуть відновити і запровадити обґрунтовані технології вирощування продукції рослинництва, які базуються на ґрунтозбереженні та ресурсозберігаючих технологіях, стараються відновити та реалізувати якісні системи удобрення, оновлювати технічне забезпечення галузі, використовувати якісний посівний матеріал та засоби агрохімії та ін.

Можна відмітити, що переважна більшість фермерів у якості своєї спеціалізації обирають вирощування зернових і технічних культур тваринництву відводиться другорядна роль і розвивається ця галузь дуже слабо. Тому питання інтенсифікації технологічних процесів у рослинництві залишається відкритим і актуальним майже для кожного фермера.

					УККС 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Іщенко				Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.	Лещенко						6
Реценз.						ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.1	
Н. Контр.	Мачок						
Затверд.	Лещенко						

Під час вирощування зернових колосових культур всі господарства стикаються із одним із найбільш відповідальним етапом робіт – збирання врожаю, яке здебільшого проводиться методом прямого комбайнування. Варто відмітити, що зібране зерно необхідно, на завершальному етапі збирання, швидко і якомога якісніше очистити від додаткових домішок, оскільки саме чистота зібраного збіжжя визначатиме кінцеву вартість зібраного збіжжя та необхідність реалізації наступних операцій післязбирального очищення врожаю, що призводить до підвищення собівартості вирощеної продукції.

Виходячи з цього, практичне питання інтенсифікації роботи, вдосконалення існуючих та розробки нових очисних пристроїв самохідних зернозбиральних комбайнів класичної схеми залишається актуальним і таким, що потребує якісного вирішення.

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

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Опис серійного зернозбирального комбайна, принцип роботи та основні регулювання

Зернозбиральний самохідний комбайн Єнісей КЗС-950 «Руслан», що зображено на рис. 2.1, забезпечує пряме та роздільне комбайнування зернових та зернобобових культур, соняшнику і круп'яних культур, сої і насінників трав. В залежності від того, яку технологію збирання сільськогосподарських культур в даний час реалізують, зернозбиральний комбайн може комплектуватися жаткою для прямого збирання чи платформою-підбирачем. Щоб разом із збиранням основного врожаю забезпечити збирання незернової частини, додатково до комбайну монтують копнувач чи подрібнювач-розкидач рослинних решток. Безпосередньо зазначений зернозбиральний комбайн працює за класичною схемою, яка традиційно описується як «кабіна-бункер для зерна – двигун» а агрегат має симетричне компонування.



Рис. 2.1. Зернозбиральний комбайн Єнісей КЗС-950 «Руслан»

Наведений на рис. 2.1. зернозбиральний комбайн Єнісей КЗС-950 це наступна модифікація відомого зернозбирального агрегату «Єнісей-1200-М»,

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

по відношенню до якого у модернізованому підвищено продуктивність роботи агрегату, підвищено якість та знижено втрати під час прямого комбайнування та створено більш комфортні умови для роботи комбайнера. Серійний масовий випуск даного вдосконаленого агрегату розпочався виробниками у 2003 році і протягом тривалого часу офіційним дилером на теренах України зернозбирального агрегату Єнісей КЗС-950 біла фірма «АМАКО».

Технологічний процес роботи зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950 є класичним і фактично аналогічним до роботи більш поширених агрегатів типу «Дон-1500». Поряд з цим є кілька принципових відмінностей, що мають місце як у будові, так і в принципах роботи деяких механізмів і вузлів зернозбирального агрегату. Принципова схема зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950 представлена на рис. 2.2 а загальна технічна характеристика зведена до таблиці 1.

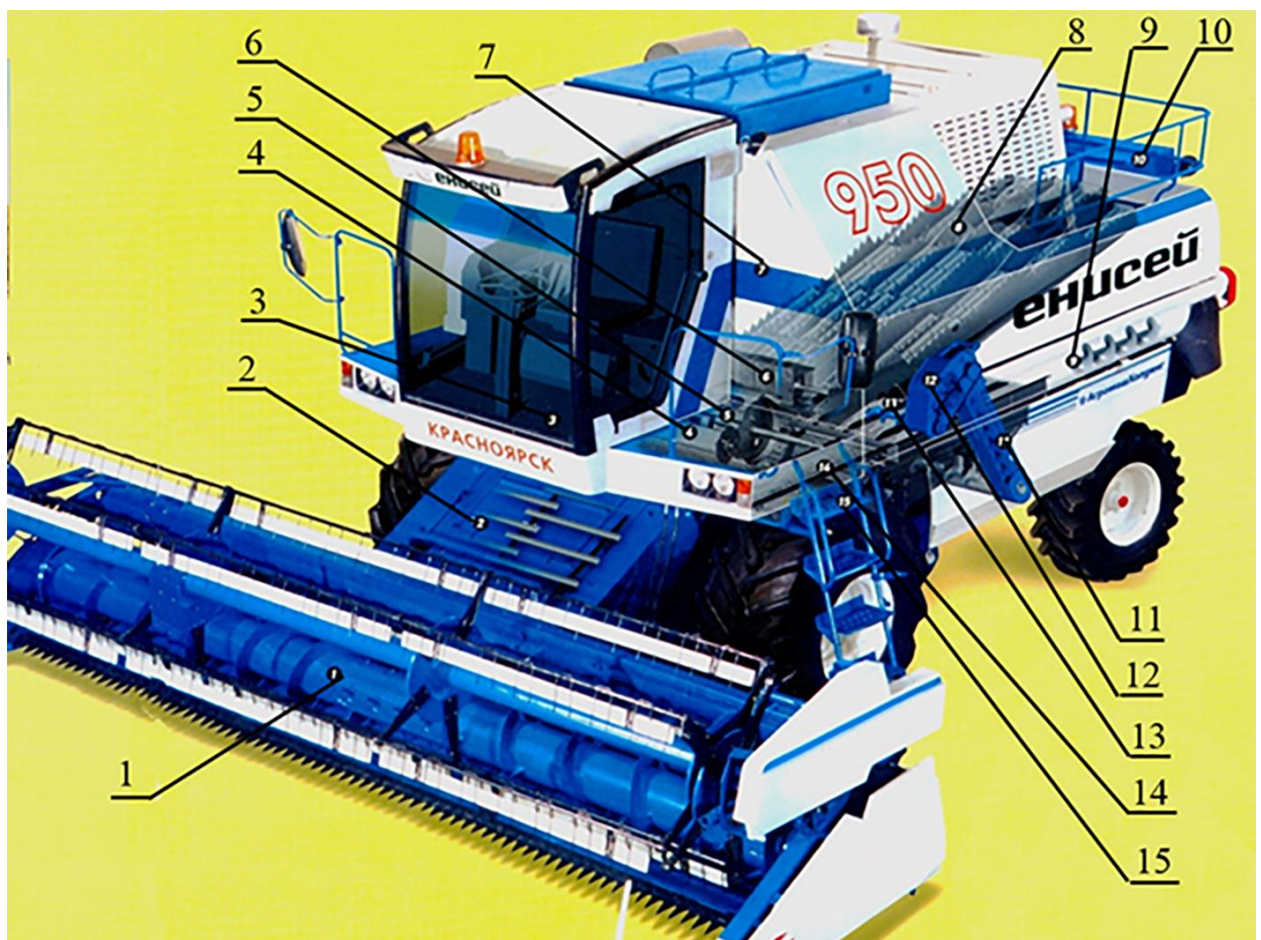


Рис. 2.2. Загальна принципова схема зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950:

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

1 – жатка комбайна; 2 – камера похила; 3 – кабіна; 4 – бітер приймальний;
 5 – молотарка; 6 – відбійний бітер; 7 – зерновий бункер-накопичувач;
 8 – соломотряс; 9 – шнек відвантажувальний; 10 – подрібнювач-розкидач
 незернової частини; 11 – елеватор колосовий; 12 – автономний
 домолочуючий пристрій; 13 – шнек-розподільник домолочуючого пристрою;
 14 – дошка транспортна; 15 – джерело повітряного потоку (вентилятор)

Таблиця 1.

Зведена характеристика зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950

Найменування	Показник
Продуктивність на зерні за годину основного часу при врожайності не менше 20 ц/га, т/год.	7,5-9,5
Ширина захвату жатки, м.	4; 5; 6; 7
Ширина молотарки, мм.	1200
Частота обертання молотильного барабана, хв ⁻¹ .	500-1250
Діаметр молотильного барабана, мм	550
Площе сепарації грубого <u>вороху</u> (соломотрясу), м ²	4,22
Площа решіт (верхнє + нижнє) системи очищення зерна, м ²	3,50
Робоча швидкість руху, км/год.	0-10
Транспортна швидкість руху, км/год.	До 25
Ємність бункера, м ³ .	5,0
Двигун	ЯМЗ-236ДК-5
Потужність двигуна, кВт. (<u>к.с.</u>)	136 (185)
Маса комбайна з жаткою 5,0, кг.	11254

Зазначимо, що молотильний пристрій комбайну Єнісей КЗС-950 (рис. 2.3) суттєво відрізняється від тих молотарок, що встановлювалися на прототипах – комбайнах «Єнісей-1200-М». Принципові відмінності наступні:

- з метою поліпшення доступу на етапі обслуговування для очищення підбарабання а також звільнення від можливих забивань, молотильний барабан дообладнано люком 15 (рис. 2.3), що під час роботи комбайна

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

закривається кришкою 14, що фактично ще й додатково виконує роль каменевловлювача;

- в конструкції підбарабання змінено механізм його підймання та опускання;

- на агрегат встановлено новий грохот 13, вдосконалено конструкції решітних станів 10, як верхнього так і нижнього, зернового та колосового шнеків 11 та 10 і вентилятора 12 (рис. 2.3).

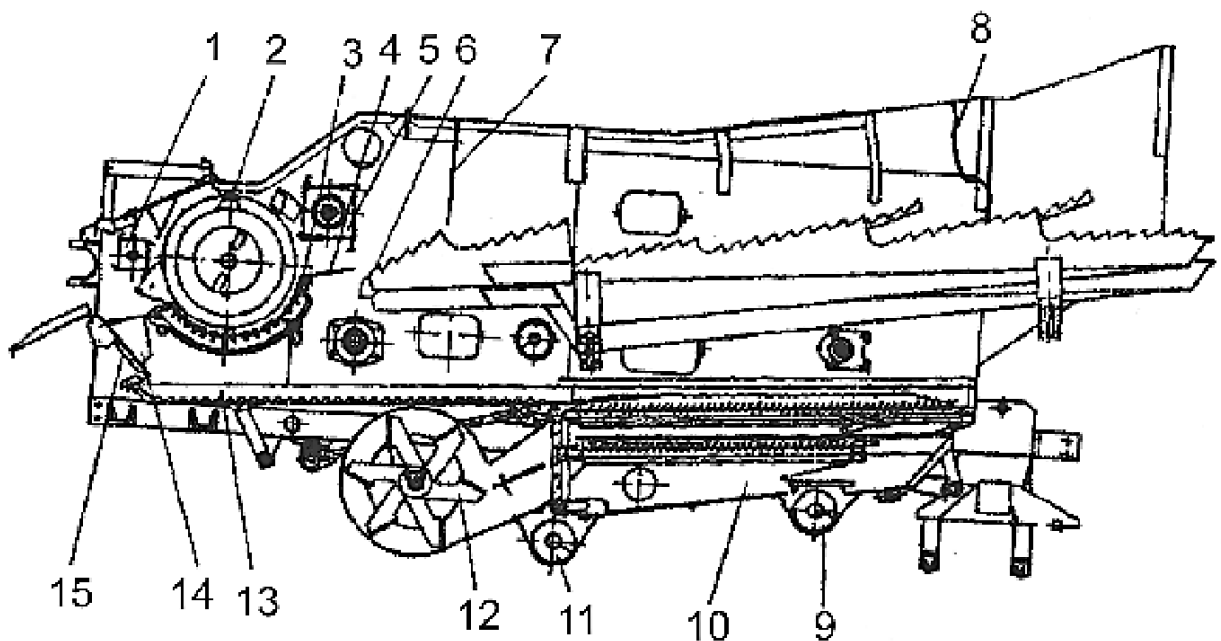


Рис. 2.3. Схема молотильного апарата зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950

1 –приймальний бітер; 2 – молотильний барабан; 3 – підбарабання;
 4 – наставка підбарабання разом із решіткою; 5 – відбійний бітер;
 6 – соломотряс; 7 – фартух запобіжний; 8 – ворушилка фартух; 9 – колосовий шнек; 10 – решітний стан; 11 – зерновий шнек; 12 – джерело повітряного потоку (вентилятор); 13 – грохот; 14 – вловлювач каміння; 15 – люк із кришкою

В комбайна Єнісей КЗС-950 змінено приводи робочих органів, внесені певні зміни і в конструкцію підшипникових вузлів та змінено типи і види підшипників, що використовуються у зернозбиральному агрегаті.

Повітряно-решітна очистка зернозбирального агрегату виконує функцію виділення із зібраного збіжжя збоїни, полови, частин колосків і

стебел та відведення цих домішок за межі комбайна. Загалом очистка зернозбирального комбайна складається із грохота, нижнього решета, джерела потоку повітря (вентилятора) із варіатором його приводу, передніх і задніх підвісок, важелів очистки, валу коливального разом із шатунами (рис. 2.4).

Грохот має типову будову (рис. 2.4) і складається із дошки струсної 1, верхнього решітного каскаду і верхнього решета 2 та 3 відповідно. В передній частині грохот жорстко зафіксовано до рами молотарки за рахунок передньої підвіски 4, в середині грохот встановлений на голівках важелів 5, і на решті в задній частині – стоїть на підвісці 6. Під час роботи грохот рухається зворотно-поступально, що досягається за рахунок шатунів 7, а ці шатуни приводяться в дію за рахунок обертання коливального валу 8.

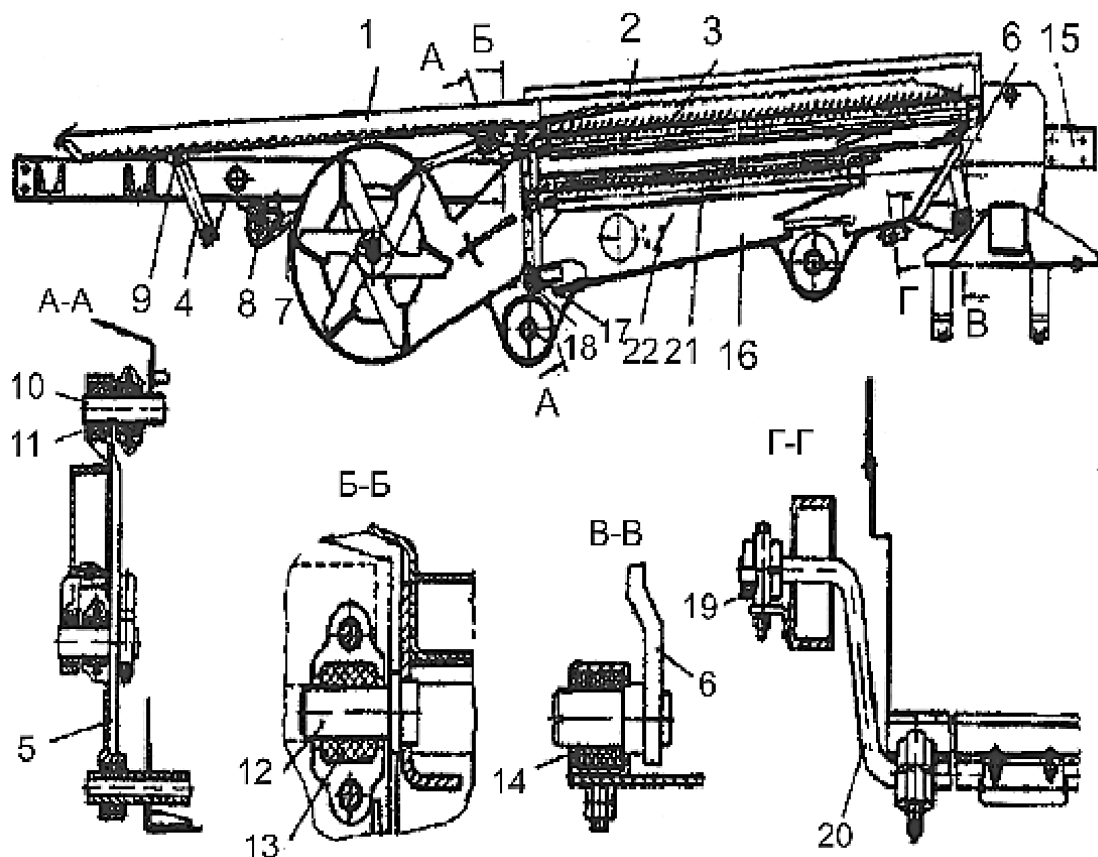


Рис. 2.4. Функціональна схема повітряно-решітної очистки комбайна:

1 – дошка струсна; 2 – решітний стан верхній; 3 – решето верхнє; 4 – передня підвіска; 5 – двоплечий важіль; 6 – задня підвіска; 7 – шатун; 8 – коливальний вал; 9, 10, 17 – трубчаста вісь; 11, 13, 14, 18, 19 – втулка гумова; 12 – вісь; 15 – рама молотилки; 16 – решітний стан нижній; 20 – підвіска; 21 – решето; 22 – розподільник

Струсна дошка 1 повітряно-решітної очистки комбайна має робочу поверхню із ступенями, що вздовж через всю довжину цієї поверхні розділена гребінчастими планками. Попереду каркасу струсної дошки фіксується вісь трубчаста 9. Задня частина дошки – за рахунок зафіксованої трубчастої осі 10 через втулки гумові 11 приєднується до верхніх голівок двоплечих важелів 5 та шатунами 7 валу коливального 8.

На верхньому решітному стані 2 зерноочистки встановлюється верхнє решето 3. Фронтальна частина верхнього кузова решітного за допомогою осей 12 та гумових втулок 13 з'єднується із задом струсної дошки, тоді як задня частина кузова гумовими втулками 14 і задніми підвісками 6 приєднується до рами молотарки 15.

Встановлені на комбайні верхні 3 і нижні 21 решета фактично є жалюзійними регульованими решетами. Причому, ступінь відкриття жалюзей цих решіт змінюється важільними механізмами змонтованими на задніх планках безпосередньо рамок решіт. Робоча поверхня верхнього решета фактично складається з двох окремих частин, а саме – передньої частини, що є основним решетом і задньої частини – фактично подовжувач решета. Регулювання жалюзей обох частин відбувається окремо, а ступінь їх відкриття залежить від матеріалу, що збирається і умов виконання комбайнування.

Очистка зернозбирального комбайна приводиться в дію за рахунок коливального валу 8 та важелів двоплечих 5 і шатунів 7. Сам коливальний вал 8 за будовою виконується колінчастим та приводиться в обертання із правої сторони сепаруючого пристрою, а через шатуни 7 та важелі двоплечі 5 до руху приводяться і решітний стан і грохот.

Джерелом повітряного потоку є вентилятор очистки, а саме повітря використовується під час фінішного очищення зібраного збіжжя. Вентилятор за будовою складається із крилача, який має шестилопатеву конструкцію, а сам крилач встановлено в порожнинному кожусі.

Щоб відрегулювати швидкість потоку повітря в очистці комбайна

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

змінюють частоту обертання вентилятора, що проводять за рахунок роботи клинопасового варіатора. Для контролю частоти обертання вентилятора в кабіні зернозбирального комбайна встановлюють спеціальне інформаційне табло на панелі приладів.

Під нижнім решетом решітного стану монтують розподільник повітряного потоку 22 (рис. 2.4), зміна положення якого відбувається за рахунок перестановки гвинтів-фіксаторів на боковинах решітного кузова зерноочистки. Цей розподільник дозволяє вірно виставити напрямок руху повітряного потоку під час роботи зернозбирального агрегату.

Регулювання повітряно-решітної очистки зернозбирального комбайна. Операції налаштування повітряно-решітної очистки комбайна залежить від конкретної культури, збирання якої проводять, агрофону поля, вологості та інших умов. Перед тим як зернозбиральний агрегат починає працювати на даному полі за нормативами проводять регулювання за середніми нормативними значеннями (згідно рекомендацій для даної культури). За умови, якщо під час комбайнування має місце погіршена якість очистки зібраного збіжжя, проводять корегувальне регулювання повітряно-решітної очистки за такими правилами:

- за умови, коли проводиться збирання низьковрожайних зернових культур, тоді має місце низьке навантаження на систему очистки, а повітряного потоку є вдосталь, щоб були виділені майже всі легкі домішки. За таких умов, рекомендується якомога більше відкрити жалюзі верхнього решета, що має мінімізувати втрати повноцінного зерна у відходи;
- за умови роботи комбайна із нормальним завантаженням та якщо зерновий матеріал, який збирається сухий, тоді жалюзі верхнього решета мають відкриватися приблизно на половину;
- за умови, коли до бункеру комбайна потрапляють щуплі і пошкоджені зернівки основної культури, а втрати у відходи повноцінного зерна

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

відсутні, до того ж на схід із колосового решета рухається мало матеріалу потрібно зменшити відкриття жалюзей як на верхньому так і на нижньому решеті та робити це до того часу, поки не буде досягнуто нормативної чистоти зібраного врожаю;

- за умови, якщо виникають втрати зернового матеріалу через недомолот у східних фракціях очистки комбайна потрібно більше відкрити жалюзі на задній частині решета очистки;
- за умови, коли до колосового шнеку потрапляє значна кількість повноцінного зерна та якщо отримують високу чистоти основної культури в бункері, потрібно більше відкрити жалюзі нижнього решета;
- якщо спостерігається ріст втрат повноцінного зерна основної культури разом із збоїною та половиною потрібно більше відкрити жалюзі обох частин верхнього решета та збільшити швидкість повітряного потоку за рахунок збільшення частоти обертання вентилятора, але при цьому уникнути винесення щуплого зерна основної культури разом із половиною;
- у випадку зростання кількості колосків, що залишилися необмолоченими та відходів зернового матеріалу в бункері-накопичувачі потрібно прикрити жалюзі нижнього решета очистки та підвищити загальну частоту обертання джерела потоку повітря.

Варто зазначити, що під час роботи комбайна в полі потрібно забезпечити періодичний контроль за станом та забезпечити за необхідності очищення поверхні струсної дошки, всіх решіт та інших робочих органів очистки зернозбирального агрегату від налипання бур'янів, соломи та полови тощо.

2.2. Напрямки вдосконалення повітряно-решітної очистки зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950

Повітряно-решітна очистка комбайна Єнісей КЗС-950, як і ряду інших подібних зернозбиральних агрегатів складається із пари плоских решіт, які за

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

своєю конструкцією відносяться до жалюзійних. Ці плоскі жалюзійні решета здійснюють зворотно-поступальний рух та за конструкцією об'єднуються в один чи два решітних стана. Додатково до решітних станів додається пристосування для вловлювання колосків, що не були обмолочені під час основного технологічного процесу обмолоту і очищення.

На етапі проведення комбайнування зернової маси зібране збіжжя сепарується (розділяється) із підкиданням всієї маси та її обдувом повітряним потоком поступово спочатку на верхньому (першому) жалюзійному решеті а потім розподілом компонентів зерномуміші за розмірами на другому решеті, теж жалюзійному, і знову із обдуванням потоком повітря. В подібних конструкціях очисних пристроїв комбайнів повітряний потік створюють різноманітні за конструкцією і принципом дії вентилятори, серед яких часто зустрічаються аксіальні, відцентрові, діаметральні із повітропроводами, різними направляючими коробами і регулювальними заслінками в районі вихідного патрубку вентилятора.

Загальновідомий факт, що для інтенсифікації технологічного процесу очистки зібраного збіжжя зернозбиральними комбайнами, зокрема при роботі агрегатів із високою пропускною здатністю, в конструкцію зерноочистки встановлюють різноманітні додаткові засувки та дефлектори. Однак, іноді таких інтенсифікаторів, спрямовувачів чи вирівнювачів повітряного потоку зерноочистки виявляється недостатньо, а тому, на наш погляд більш дієвим заходом для покращення очищення зібраного збіжжя є збільшення діапазону регулювання швидкості повітряного потоку за рахунок збільшення діапазону обертання вентилятора, що дозволить розпушити найбільш скупчений зерновий матеріал, що потрапляє на початок верхнього (першого) решета. А за умови спрощеного і дієвого регулювання цієї частоти обертання вентилятора, наприклад, використовуючи варіатор із керуючим гідравлічним циліндром, можна досягти підвищеної якості очистки та гнучкого регулювання інтенсивності видування домішок і розпушування скупчень із

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

кабіни комбайна.

На всіх комбайнах Єнісей КЗС-950 завод-виробник встановлює осьові вентилятори (рис. 2.5). В таких вентиляторах конструкцією передбачено встановлювати два крилача, перший 1 – служить для нагнітання повітря до центру кожуха 2 вентилятора, після потрапляння повітря контактує із поперечною перегородкою 3, яка забезпечує повертання потоку повітря на 90° та спрямовує потік на наступні етапи очищення збіжжя. Необхідність встановлювати в очистку зернозбирального комбайна таких осьових вентиляторів визначається тим, що вони мають помітно вищий коефіцієнт корисної дії аніж до прикладу вентилятори відцентрові. Поряд із тим, слід зазначити, що вентилятори осьового типу добре працюють тільки за умови високоякісного і точного виготовлення окремих елементів таких систем, до прикладу – робочих коліс (кридачів), корпусів тощо, і з часом якісні показники нагнітання повітряного потоку погіршуються.

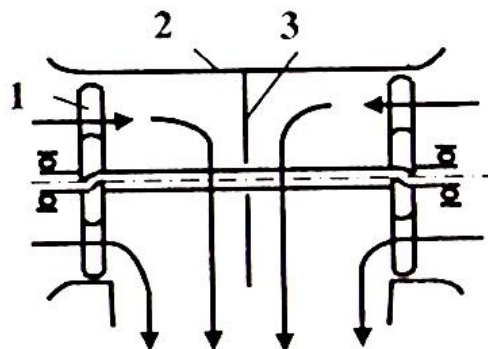


Рис. 2.5. Принципова схема джерела повітряного потоку зернозбирального комбайна (осьового вентилятора):

1 – крилач (робоче колесо); 2 – кожух; 3 –перегородка поперечна

Незалежно від того, яку конструкцію має вентилятор зернозбирального комбайна, швидкість та інтенсивність потоку повітря змінюється за рахунок зміни частоти обертання крилача вентилятора. Подібні зміни частоти обертання вентилятора реалізують в комбайнах типовим клинопасовим варіатором, який керується гідроприводами. Відмітимо, що виконавчий

механізм у зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950 реалізовано через гвинт, що приводиться в обертання механічним способом (вручну), при цьому у більшості закордонних аналогічних зернозбиральних агрегатів подібний за функціональністю гвинт приводиться в обертання електромотором. Зазначимо, що в такому випадку сам процес регулювання проводиться безпосередньо з кабіни комбайна із робочого місця комбайнера, при цьому агрегат можна не зупиняти.

Отже, є очевидним, що значним і дуже вагомим недоліком серійного зернозбирального агрегату Єнісей КЗС-950 є механічне регулювання приводного варіатора, яке крім іншого ще й виконується вручну. Тому, для налаштування і зміни частоти обертання вентилятора комбайнер проводить зупинку контрприводу, виходить із кабіни комбайна та оцінює втрати зерна за агрегатом і чистоту зібраного збіжжя в бункері, і вже за наслідками спостережень вимушений проводити регулювання ведучого шківів клинопасового варіатора для того щоб збільшити чи зменшити швидкість обертання крилача вентилятора порівняно із вихідною швидкістю обертання. Такий спосіб регулювання роботи вентилятора вимагає додаткових зупинок, часу на проведення робіт, значно на якість подібних операцій впливає кваліфікація механізатора, а отже існує висока ймовірність підвищених втрат при комбайнуванні врожаю сільськогосподарських культур. Отже, на етапі вдосконалення до конструкції зернозбирального комбайна найбільш просто додатки датчик, що міг би оцінювати втрати і передавав інформацію на бортовий комп'ютер комбайну і є необхідним змінити конструкцію привода вентилятора.

Принцип роботи вдосконаленого варіатора є таким: зерно після його сходження із зерноочистки комбайна та соломотряса потрапляє в зону дії п'єзоелектричних датчиків, що сигналізують про наявність тут зерна, а самі датчики встановлюються позаду модуля втрат. Цей модуль втрат передає імпульс на бортовий комп'ютер комбайна, який проводить обробку показників

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

всіх датчиків та керуючись опрацьованими даними, спеціального програмного забезпечення і алгоритмів подає відповідний сигнал на виконавчий механізм-ланцюг потім на гідравлічний (електрогідравлічний) розподільник та циліндр гідравлічний на варіаторі вентилятора. Ці механізми дозволяють збільшувати чи зменшувати швидкість веденого шківів, що безпосередньо залежить від тих показів, що передали описані вище датчики втрат.

Сам принцип роботи клинопасового варіатора комбайна із управлінням, що можна здійснювати дистанційно побудований за принципом синхронної зміни діаметрів ведучого та веденого шківів цього вузла, що відбувається в процесі обертання шківів і здійснюється за допомогою гідроциліндра (рис. 2.6).

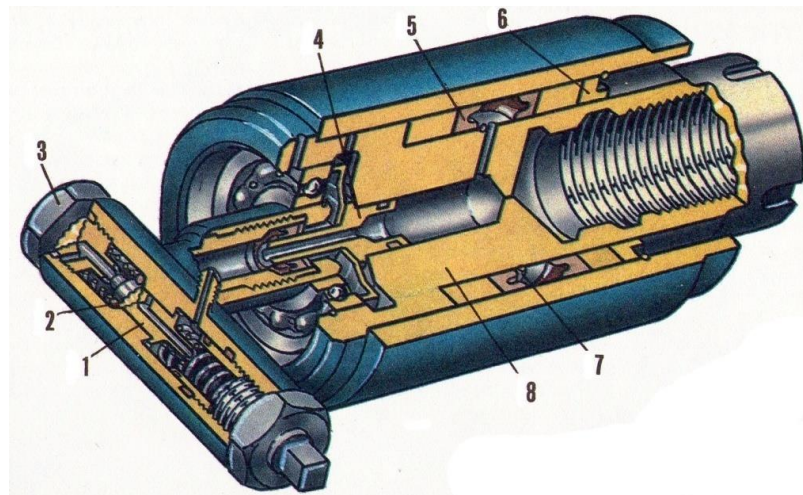


Рис. 2.6. Запропонований гідравлічний циліндр для управління варіатором зернозбирального комбайна:

1 – шток клапану (запірного); 2 – кільце ущільнююче; 3 – пробка; 4 – втулка; 5 – манжета робоча; 6 – шайба замкова; 7 – кільце упорне; 8 – шток гідроциліндра

Диски рухомі приводних шківів варіатора встановлюються з протилежних сторін з тією метою, щоб за умови зміни положення паси площа його руху у будь-якому випадку залишалася перпендикулярною відносно осей обертання шківів. Функціональна схема привода вентилятора зернозбирального комбайна, що здійснюється клинопасовим варіатором наведена на рис. 2.7.

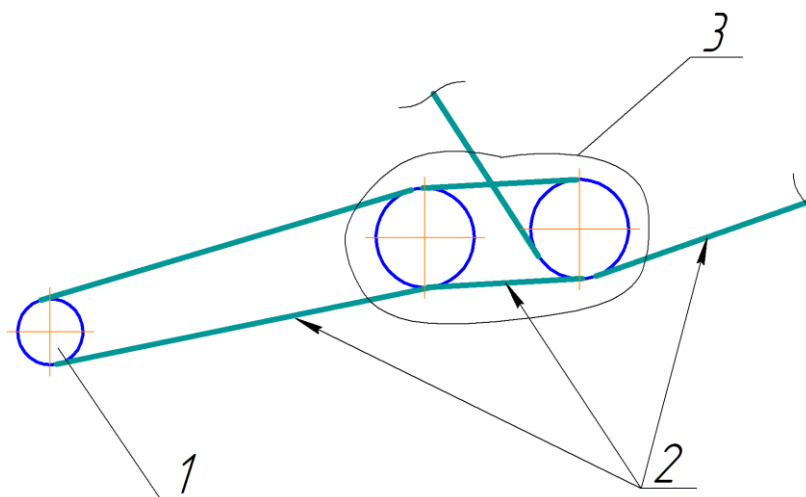


Рис. 3.7. Функціональна схема клинопасового варіатора вентилятора:

1 – шків вентилятора; 2 – клинові паси; 3 – вузол варіатора

Під час розрахунку та проектування привода вентилятора слід забезпечити розширений діапазон регулювання, а фактично провести розрахунок приводу, безпосередньо вентилятора і зрештою, визначити діючі сили і напруження на осі приводу вентилятора.

2.3. Інженерні розрахунки зернозбирального комбайна

2.3.1. Конструкторський розрахунок завантаження зернозбирального агрегату, підбір ширини захвату жатки

Відомо, що робоча ширина захвату жатки зернозбирального комбайна задається дійсною пропускною здатністю молотарки q , середньою швидкістю роботи під час комбайнування $V_{м-ср}$, середньою врожайністю культури, що збирається Q та співвідношенням яке встановлено між вмістом у збіжжі зерна і соломи (З:С). Щоб було забезпечено максимальне завантаження молотильного механізму комбайна ширина захвату жатки повинна дорівнювати:

$$B = \frac{v \cdot q}{Q \cdot V_{м-ср}},$$

де B – значення ширини захвату жатки комбайна, м;

q – пропускна здатність, що забезпечується молотильним механізмом зернозбирального комбайна, кг/с;

Q – середня врожайність, яка отримана на збиранні даної культури, кг/м²;

$V_{м.ср}$ – усереднена робоча швидкість прямого комбайнування, м/с;

ν – коефіцієнт, який враховує дійсний вміст зерна основної культури в хлібній масі, що можна описати наступною залежністю:

$$\nu = \frac{3}{3 + C}.$$

$$\text{За умови, що } 3 : C = 1 : 1,5 \quad \nu = \frac{1}{1 + 1,5} = 0,4.$$

Якщо при середній врожайності, що дорівнює $Q = 0,4$ кг/м² (40 ц/га), $3 : C = 1 : 1,5$ ($\nu = 0,4$) швидкості збирання врожаю (середній швидкості комбайна) $V_{м.ср} = 1,8$ м/с та пропускній здатності молотильного механізму комбайна $q = 10$ кг/с розрахуємо значення ширини захвату жатки, що дорівнює:

$$B = \frac{0,4 \cdot 10}{0,4 \cdot 1,8} = 5,55 \text{ м.}$$

Для підбору фактичної ширини захвату жатки виберемо її із наступного стандартного ряду [4]: 3,2; 4,1; 5; 6; 7; 10; 12; 15 м.

Із наведеного вище стандартного ряду приймемо найближче більше значення ширини захвату, що становить $B = 6$ м.

На етапі розрахунків приймемо, що мінімальна та максимальна врожайність знаходиться в таких межах: $Q_{\min} = 0,2$; $Q_{\max} = 0,6$ кг/м².

Якщо скористаємося значеннями максимальної і мінімальної врожайності використовуючи відомі формули можемо розрахувати бажані діапазони швидкостей руху зернозбирального агрегату. У символічному вигляді отримаємо:

$$V_{м \max} = \frac{q \cdot \nu}{B \cdot Q_{\min}}; \quad V_{м \min} = \frac{q \cdot \nu}{B \cdot Q_{\max}}.$$

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

Тоді, враховуючи відомі величини маємо:

$$V_{\text{max}} = \frac{10 \cdot 0,4}{6 \cdot 0,2} = 3,33 \text{ м/с};$$

$$V_{\text{min}} = \frac{10 \cdot 0,4}{6 \cdot 0,6} = 1,1 \text{ м/с}.$$

Таким чином, якщо відношення зерна до соломи під час збирання зернових становить $3:C=1:1,5$ маємо прийняти ширину захвату жатки комбайна на рівні $B=6$ м. Крім того, становлено що за умови зміни врожайності в діапазоні значень від $Q_{\text{min}}=0,2$ кг/м² до $Q_{\text{max}}=0,6$ кг/м², фактичні швидкості роботи зернозбирального агрегату в полі змінюються від 1,1 м/с до 3,33 м/с.

2.3.2. Вибір ріжучого апарату та обґрунтування умов його роботи

Різальний апарат жатки зернозбирального комбайна має здійснювати пряме зрізання стебел рослин зернових культур, причому якісно зрізатися мають як прямостоячі так і полегли рослини на встановлену висоту зрізання і з забезпеченням обраної робочої швидкості агрегату. Щоб перелічені умови роботи виконувалися, різальний апарат, який встановлюється на зернозбиральному комбайні повинен мати визначені кінематичні параметри і геометричні розміри. Під час обґрунтування і підбору необхідного для якісної роботи із зернозбиральним комбайном різальних апаратів, переважно використовуються стандартні елементи, зокрема – сегменти, пальці, притискні лапки, спинки ножа тощо. На етапі проектування конструкції основна задача полягає у вірному і повному виборі кінематичного режиму роботи апарату та розрахунку геометричних параметрів підібраних елементів конструкцій та їх відповідність і здатність забезпечити конкретні умови роботи.

Відомо [5], що вихідними даними, які є обов'язковими для розрахунку різального апарату комбайна є максимальна, за даних умов роботи швидкість прямого комбайнування V_{max} та мінімально можлива висота зрізання стебел

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

культурних рослин $H_{x\min}$. На етапі технологічного розрахунку потрібно обрати стандартні елементи конструкції та визначити потрібні для задовільної роботи частоту обертання кривошипа n , подачі матеріалу h , фактичного (розрахункового) значення відгину стебел рослин. Крім цього, варто перевірити відповідність умовам різання куту дійсного нахилу леза обраного для даного апарату сегмента. Шляхом багаточисельних експериментів доведено [4...6] доведено, що у якості різальних апаратів зернозбиральних комбайнів найчастіше використовуються сегменти, що мають насічку леза згори а самі вкладиші пальця – з гладким лезом, за ГОСТ 158-74 (рис. 2.8). Для подальших розрахунків приймемо кут тертя стебел рослин пшениці по лезу сегмента різального апарату, що дорівнює $\varphi_i = 32$, кут тертя по лезу вкладиша $\varphi_i = 16^\circ$. Кут нахилу обраного для роботи різального апарату становить $\alpha_1 = 34^\circ 45'$; кут нахилу вкладиша апарату $\alpha_2 = 0^\circ$.

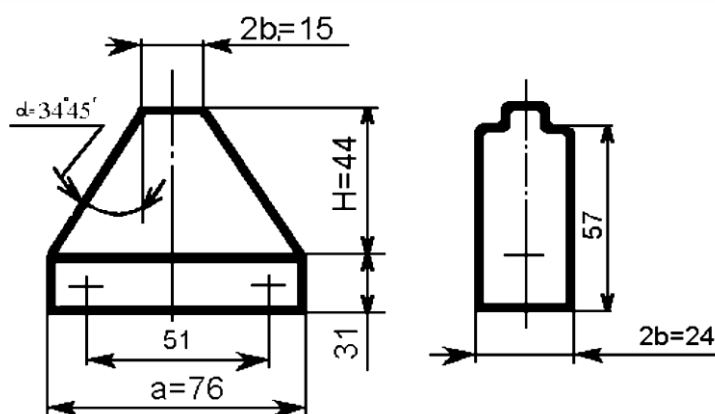


Рис. 2.8. Схема до визначення параметрів ріжучого апарату зернозбирального комбайна

Найбільш частіше у зернозбиральних комбайнах використовуються різальні апарати нормального різання, у яких

$$S = t = t_0 = 76,2 \text{ мм.}$$

Проведемо перевірку умови защемлення стебел пшениці в різальній парі апарату, що в символічному вигляді описується таким чином:

$$\varphi_1 + \varphi_2 \geq \alpha_1 + \alpha_2 .$$

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

$30^{\circ}+16^{\circ}\geq 34^{\circ}45'+0^{\circ}$, тоді маємо таку нерівність $48^{\circ}\geq 34,45'$.

Дані розрахунки підтверджують, що умова защемлення виконується, а це значить, що вибрані для роботи комбайна сегменти і вкладиші повністю задовольняють необхідні умови роботи. Достатня якість зрізання стебел сегментними апаратами забезпечується тоді, коли мінімальна швидкість ножа $V_{\min}=1,5$ м/с. Відомо, що ця мінімальна швидкість досягається або ж на початку чи в кінці технологічного процесу різання стебел.

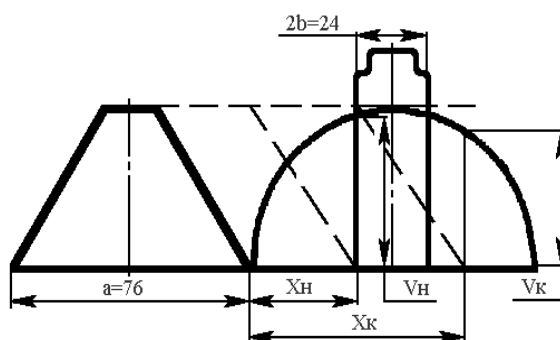


Рис. 2.9. Розрахункова схема до визначення потрібної швидкості ножа

Відомо, що розрахункова швидкість ножа різального апарату під час його зміщення на відстань X (рис. 2.9) відносно його крайнього положення може описуватися формулою:

$$V = \omega \cdot \sqrt{x \cdot (s - x)},$$

де ω – значення кутової швидкості кривошипа різального апарата, с^{-1} .

Зміщення ножа, що має місце до початку різання і в його кінці що із наведеної схеми рис. 2.9 може мати наступний зміст

$$X_{н.р.} = S - \frac{a + 2 \cdot b}{2};$$

$$X_{к.р.} = S - \frac{2 \cdot b_1 - 2 \cdot b}{2}.$$

$$X_{н.р.} = 76,2 - \frac{76 + 2 \cdot 12}{2} = 26,2 \text{ мм} = 0,0262 \text{ м};$$

$$X_{к.р.} = 76,2 - \frac{2 \cdot 15 - 2 \cdot 12}{2} = 56,7 \text{ мм} = 0,0567 \text{ м}.$$

Якщо підставимо в рівняння наведені вище значення X можемо написати:

$$V_{н.р.} = \omega \cdot \sqrt{X_{н.р.} \cdot (S - X_{н.р.})};$$

$$V_{к.р.} = \omega \cdot \sqrt{X_{к.р.} \cdot (S - X_{к.р.})}.$$

Після підстановки цифрових значень отримаємо:

$$V_{н.р.} = \omega \cdot \sqrt{0,0262 \cdot (0,0762 - 0,0262)} = 0,0362 \cdot \omega \text{ м/с};$$

$$V_{к.р.} = \omega \cdot \sqrt{0,0567 \cdot (0,0762 - 0,0567)} = 0,033 \cdot \omega \text{ м/с}.$$

Мінімальне значення швидкості ножа різального апарату буде спостерігатися в кінці різання, причому ця швидкість має бути не меншою за 1,5 м/с, отже фактично $V_{к.р.} = 0,033 \cdot \omega \geq 1,5 \text{ м/с}$.

$$\text{Враховуючи це } \omega = \frac{1,5}{0,033} = 45,5 \text{ с}^{-1}.$$

Крім цього, частота обертання кривошипа різального апарату:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi},$$

$$n = \frac{30 \cdot 4,5}{3,14} \approx 435 \text{ хв.}^{-1}.$$

З тією метою, щоб стебла рослин, які зрізаються під час їх підведення до пальця сегментом не ковзали по лезу до вершини самого сегменту та не спостерігалось виковзування цих стебел із ріжучої пари слід забезпечити таку умову:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 > \frac{V_{\text{м max}}}{\omega \cdot r},$$

де $r = \frac{S}{2} = \frac{76,2}{2} = 38,1 \text{ мм} = 0,0381 \text{ м}$ – розрахункове значення радіусу кривошипа різального апарату.

Тоді відповідно для наведених умов роботи: $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} 34^\circ 45' = 0,694$.

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

Отже, маємо наступну нерівність, яка описує наведену вище умову невисковзування стебел у цифровому вигляді:

$$0,694 > \frac{3,33}{45,5 \cdot 0,0381}, \text{ або } 0,694 > 1,92.$$

Оскільки умова не виконується, а це значить, що при швидкості зернозбирального комбайна $V_{\text{м max}} = 3,33$ м/с та розрахованої раніше частоті обертання кривошипу різального апарату $n = 435$ хв.⁻¹ є ймовірність висковзування стебел рослин із ріжучої пари апарату, а значить можливі втрати через незрізаний колосок. Для того, щоб зазначена умова все ж виконувалася слід підвищити кількість обертів кривошипа. Тоді із відомої залежності можемо розрахувати:

$$\omega \geq \frac{V_{\text{м max}}}{r \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{3,33}{0,0381 \cdot 0,694} = 125,93 \text{ с}^{-1};$$

$$n = \frac{30 \cdot 125,93}{3,14} = 1203 \text{ хв.}^{-1}.$$

Саме це отримане значення частоти обертання кривошипа і варто забезпечувати, оскільки за такої частоти забезпечуються всі кінематичні умови роботи ножа.

Після того, як приймемо раціональну кількість обертів кривошипу $n = 1203$ хв.⁻¹, розрахуємо подачу:

$$h = \frac{V_{\text{м max}} \cdot \pi}{\omega};$$

$$h = \frac{3,33 \cdot 3,14}{88,12} = 0,119 \text{ м.}$$

Розраховане значення подачі h є нижчим за допустиму границю для ріжучих апаратів нормального різання під час скошування такими апаратами зернових культур (допустимі значення 0,18...0,195 м за умови, що висота зрізання стебел дорівнює $H_x = 138...150$ мм).

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

Проведемо перевірку висоти отриманої стерні, що буде залишатися на полі після роботи комбайна на максимальній швидкості роботи. Таким чином, висота стерні може бути розрахована за рівністю:

$$H = \sqrt{H_x^2 + \delta^2},$$

де H_x – значення висоти встановлення ріжучого апарата комбайна над поверхнею поля, м;

δ – розрахункове значення поперечного чи поздовжнього відгину стебел пшениці, м.

Розрахункове значення поперечного відгинання стебел можна розрахувати використавши формулу:

$$\delta_{\text{поп}} = (t_0 - b) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{V_{\text{м max}} \cdot \pi}{\omega \cdot S} \right)^2},$$

$$\delta_{\text{поп}} = (0,0762 - 0,012) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{3,33 \cdot 3,14}{125,93 \cdot 0,0762} \right)^2} = 0,095 \text{ м.}$$

А відповідно поздовжнє відгинання стебел пшениці:

$$\delta_{\text{повз}} = A \cdot \frac{V_{\text{м max}} \cdot \pi}{\omega} - h;$$

$$\delta_{\text{повз}} = 1,29 \cdot \frac{3,33 \cdot 3,14}{125,93} - 0,119 = 0,012 \text{ м.}$$

де $A = 1,29$ – коефіцієнт, який прийнятий для різального апарата нормального різання [6].

Якщо порівняємо значення відгинів стебел рослин видно, що максимальний поперечний відгин є в декілька разів вищим за поздовжній тому і висота стерні фактично визначається цим відгином. До того ж, варто зазначити, що на переважну більшість стебел пшениці буде діяти поперечний відгин, в той час, як поздовжній відгин діятиме на незначну кількість рослин. Значить є правомірним підстановка у рівняння фактичного значення поперечного відгину стебел та мінімальної висоти стерні, що дозволить

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

розрахувати задану висоту установки різального апарату H_x , що має забезпечувати пристосування, яке регулює висоту зрізання стебел. Виходячи з цього запишемо:

$$0,15 = \sqrt{H_{x\min}^2 + 0,095^2};$$

$$H_{x\min} = \sqrt{0,15^2 + 0,095^2} = 0,116 \text{ м} = 116 \text{ мм.}$$

Таким чином, за результатами проведених розрахунків і міркувань для ефективного зрізання рослин приймемо сегмент і вкладиш за ГОСТ 158-74: сегментний різальний апарат типу $S = t = t_0 = 76,2 \text{ мм}$, частота обертання кривошипа $n = 1203 \text{ хв}^{-1}$.

Для розрахунку потужності, що потрібна для привода ріжучого апарата, відмітимо її залежність від подачі, гостроти леза, ширини захвату жатки, густини хлібостою тощо. Ця потужність може бути розрахованою за формулою:

$$N = N_n \cdot B,$$

де N_n – дійсна потужність, що потрібна на 1 м. ширини захвату жатки комбайна, кВт/м;

B – обґрунтована вище ширина захвату жатки комбайна, м.

$$N = 0,34 \cdot 6 = 2,04 \text{ кВт/м.}$$

Роль запобіжника, який захищає від поломок різальний апарат у зернозбиральних комбайнах виконує клиновий пас передачі, який починає пробуксовувати за умови, якщо апарат забивається.

2.3.3. Розрахунок соломотрясу зернозбирального комбайна

Під час розрахунку параметрів і режимів роботи соломотрясу зернозбирального комбайну проведемо вибір радіусу кривошипу та частоту обертання колінчастого валу, маємо знайти необхідну кількість клавів та довжину і ширину соломотрясу за відомих параметрах продуктивності молотильного пристрою і допустимих втратах врожаю.

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

За відомими довідниковими даними [5] доведено, що раціональні значення радіусу колінчастого валу соломотрясу рівні $r_k = 50$ мм, за умови, що оптимальна частота обертання цього колінчастого валу знаходиться в діапазоні значень $n_k = 195 \dots 215$ хв⁻¹. За наведених параметрів механізму приводу соломотряса усереднена швидкість переміщення грубого вороху зібраного збіжжя по ньому становить $V_c = 0,33 \dots 0,4$ м/с.

Логічно, що ширину соломотрясу B_c приймаємо рівною ширині молотарки зернозбирального комбайна. Крім цього, доведено, що при $B_c = 1500$ мм, клавіш на соломотрясі для якісної його роботи має бути 4. Резюмуючи вище приведені міркування для зернозбирального агрегату Єнісей КЗС-950 із пропускною здатністю молотарки на рівні $q = 10$ кг/с матеріалу, що комбайнується, загальній ширині молотильного пристрою 1500 мм приймаємо для якісної роботи чотиріклавішний соломотряс, який має ширину $B_c = 1500$ мм із радіусом колінчастого валу $r_k = 50$ мм та частотою обертання цього валу $n_k = 200$ хв⁻¹.

Щоб розрахувати довжина соломотрясу L використаємо відому залежність:

$$q_g = q_{з.п.} \cdot e^{-\mu \cdot L},$$

де $q_{з.п.}$ – фактична кількість зернового матеріалу, що потрапляє під час роботи на соломотряс зернозбирального комбайна, кг/с;

q_g – допустимі за чинними нормативами втрати зерна при обмолоті після очищення його на соломотрясі, кг/с;

μ – коефіцієнт сепарації врожаю під час розділення на соломотрясі, м⁻¹.

Використовуючи відоме співвідношення між вмістом зерна і соломи в матеріалу, що збирається $З : С = 1 : 1,5$ та прийнятій вище пропускній здатності молотильного апарату комбайна на рівні $q = 10$ кг/с проведемо розрахунок кількості зерна пшениці, що потрапляє на обробіток:

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

$$q_3 = \frac{q}{3 + C} \cdot 3;$$

$$q_3 = \frac{10}{1 + 1,5} \cdot 1 = 4 \text{ кг/с.}$$

Розрахуємо кількість зерна основної культури, що проходить через деку за одиницю часу:

$$q_0 \approx 0,8 \cdot q_3 = 0,8 \cdot 4 = 3,2 \text{ кг/с.}$$

Тоді, відповідно кількість повноцінного зерна, яке потрапляє на соломотряс комбайна становить

$$q_{з.п.} = q_3 - q_0 = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ кг/с.}$$

Використовуючи регламентований допустимий відсоток втрат зерна за соломотрясом комбайна [4, 5, 7], який становить близько 0,5...1% від всього зерна, що потрапляє до молотарки, знайдемо вагу зерна, що втрачається наступним чином:

$$q_6 = 0,005 \cdot q_3 = 0,005 \cdot 4 = 0,02 \text{ кг/с.}$$

Коефіцієнт сепарації зернової маси μ має прямий зв'язок із товщиною шару зернового матеріалу, що рухається по соломотрясі. За умови, що товщини шару вороху становить $H_0 = 0,17$ м, та якщо співвідношення зерна до соломи дорівнює $3:C=1:1,5$ та коефіцієнт сепарації $\mu_0 = 1,8 \text{ м}^{-1}$. Тоді відповідно для іншої товщини вороху, коефіцієнт сепарації μ можна розрахувати за співвідношення:

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(\frac{H_0}{H} \right)^m,$$

де $m = 0,8...1,2$

Знайдемо товщину шару збіжжя за залежністю:

$$H = \frac{q \cdot \left(1 - \frac{3}{3 + C} \right)}{B \cdot \gamma \cdot V_c};$$

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

$$H = \frac{10 \cdot \left(1 - \frac{1}{1+1,5}\right)}{6 \cdot 15 \cdot 0,4} = 0,16 \text{ м.}$$

де $\gamma = 10 \dots 20 \text{ кг/м}^3$ – значення об'ємної ваги зернового вороха;

$V_c = 0,4 \text{ м/с}$ – прийнята для розрахунків швидкість руху матеріал по поверхні соломотрясу.

Враховуючи наведене та після підстановки у вище представлені залежності можемо отримати:

$$\mu = 1,8 \cdot \left(\frac{0,17}{0,16}\right)^{0,8} = 1,89 \text{ м}^{-1}$$

Підставляючи наведені цифрові значення отримаємо:

$$0,02 = 0,8 \cdot e^{-1,89L},$$

Враховуючи останні перетворення маємо:

$$L = \frac{\ln(0,025)}{-1,89} = 1,95 \text{ м.}$$

2.3.4. Розрахунок системи очистки зернозбирального комбайна

Фактичні необхідні розміри системи очистки зернозбирального комбайну визначаються сумарною кількістю дрібного зернового вороха, що може потрапити на очищення протягом певного часового проміжку. Це можна описати залежністю:

$$Q_B = q \cdot (1 - \nu \cdot \alpha),$$

де q – подача зібраного збіжжя в молотарку комбайна, кг/с;

ν – значення коефіцієнту, який показує вміст зерна в оброблюваній хлібній масі;

α – коефіцієнт, що фактично залежить від встановленого на комбайні режиму роботи молотарки та показника вологості оброблюваної хлібної маси.

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

Можемо продемонструвати, що за умови, якщо подача хлібної маси до молотарки дорівнює $q=10$ кг/с та за її вологості $W=15\%$ і відомому співвідношенні зерна до соломи $3:C=1:1,5$, та коефіцієнту $\alpha=0,9$ розрахуємо навантаження на очищення

$$Q_B = 10 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,9) = 6,4 \text{ кг/с.}$$

Необхідна для роботи площа решітного очищення визначається виходячи із допустимого питомого навантаженням на одиницю площі решета $q_F = 1,5 \dots 2,5$ кг/с·м²:

$$F = \frac{Q_B}{q_F};$$

$$F = \frac{4,48}{2} = 2,24 \text{ м}^2.$$

Відомо, що робоча ширина решета обмежується лише шириною молотильного пристрою комбайна B_m і знаходиться за формулою:

$$B_p = (0,9 \dots 0,95) \cdot B_m;$$

У числовому вираженні

$$B_p = 0,9 \cdot 1,5 = 1,35 \text{ м.}$$

Отже за умови, що $B_m = 1,5$ м розрахункова довжина решета становить:

$$L = \frac{F}{B_p};$$

$$L = \frac{2,24}{1,35} = 1,66 \text{ м.}$$

Прийmemo розміри нижнього і верхнього решета очистки комбайна однаковими.

З метою отримання якомога вищої якості очищення зерна (на рівні 98% та вище) забезпечують навантаження на одиницю ширини очистки не вище $q_B = 1,5 \dots 1,7$ кг/с·м. За умови, якщо після проведення прямого комбайнування в господарстві реалізують післязбиральне очищення то на етапі

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

комбайнування можуть допускати підвищену засміченість зерна після комбайна, тобто чистота може бути на рівні 96%. Тоді і навантаження на метр ширини решета на етапі очищення може підвищуватися до $q_B = 2,5...3,8$ кг/с·м. Тоді в даному конкретному випадку можемо записати:

$$q_B = \frac{Q_B}{B} = \frac{4,4}{1,35} = 3,26 \text{ кг/с·м,}$$

а це, відповідно знаходиться в межах допустимого.

Отже, приймаємо розміри решіт наступні $B_p \times L = 1350 \times 1660$ мм.

Розрахуємо і довжину пальців подовжувача решета, які дорівнюють:

$$l_y = (0,15...0,2) \cdot L = 0,25 \cdot 1,66 = 0,249 \text{ м.}$$

Встановлено, що відстань між пальцями подовжувача решіт дорівнює 12...15 мм, кут нахилу решіт очистки до напрямку лінії горизонту становить $0^\circ...2^\circ$, за таких умов розмах коливань нижнього решета дорівнює 30...40 мм а розмах коливань верхнього решета – 60...80 мм. Відповідно частота коливань забезпечується на рівні $260...300 \text{ хв}^{-1}$.

Раціональне значення швидкості повітряного потоку для забезпечення заданих показників якості очищення над верхнім решетом рекомендована така:

- над передньою частиною решета – $5,8...6$ м/с;
- посередині та над задньою частинами решета – $3,8...4$ м/с;
- для каскадної очистки – $5...6$ м/с.

Крім перелічених режимів і параметрів, кут нахилу потоку повітря до напрямку лінії горизонту має забезпечуватися $25...30^\circ$.

Щоб уникнути ковзання зернового вороху під час очищення в зворотному напрямку, струсні дошки виготовляють із ступінчастою робочою поверхнею, а самі ці дошки здійснюють коливання синхронно (разом) із верхнім решетом зерноочистки. Сама струсна дошка в кінці закінчується пальцевою решіткою, за допомогою якої відбувається відведення крупних, переважно соломистих домішок до середньої частини решета. Такий

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

перерозподіл часток дозволяє поліпшити умови для просіювання основного вороха.

Під час обґрунтування параметрів вентилятора [7] приймемо, що ширина його вихідного вікна є співрозмірною із шириною решета:

$$B_B = B_p = 1,35 \text{ м.}$$

За відомою залежністю розрахуємо висоту вихідного вікна джерела повітряного потоку:

$$H_B = \frac{Q}{V_B \cdot B_B};$$

де $V_B = 8...12 \text{ м/с}$ – робоча швидкість потоку повітря в зоні його виходу із вентилятора;

Q – фактичні витрати повітря, $Q = 1,04 \cdot Q_B = 1,04 \cdot 6,4 = 6,656 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$H_B = \frac{6,656}{12 \cdot 1,35} = 0,41 \text{ м.}$$

Потік повітря має забезпечити обдування решета по всій його довжині. За таких умов, висота вихідного вікна вентилятора знаходиться за формулою:

$$H_B = \frac{L + a}{\frac{\cos \beta}{\sin(\delta - \beta)} - K_0},$$

де $K_0 = 0,5...0,6$ – коефіцієнт, що показує відхилення повітряного потоку решетом;

$\beta = 12...16^\circ$ – значення кута розширення струменя повітря;

$\delta = 25...30^\circ$ – фактичний кут нахилу повітряного потоку до робочого решета;

$a \approx 100 \text{ мм}$ – розмір, прийнятий із конструктивних міркувань.

Після підстановки знайдених величин у залежність, наведену вище:

$$H_B = \frac{1,66 + 0,1}{\frac{\cos 16}{\sin(26 - 16)} - 0,55} = 0,3529 \text{ м.}$$

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

Якщо ж розраховане значення H_B (рис. 2.10) буде перевищувати попереднє, тоді потрібно вибрати інше значення фіксованого розміру a .

Значення динамічного тиску визначимо так:

$$H_{\delta} = \frac{\rho \cdot V_B^2}{2},$$

де $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ – прийнята за нормальних умов густина повітря;

$$H_{\delta} = \frac{1,25 \cdot 12^2}{2} = 90 \text{ Па.}$$

Розрахуємо і статичний тиск:

$$H_{cm} = \frac{1 - K^2}{K^2} \cdot H_{\delta},$$

де $K = 0,35 \dots 0,4$.

$$H_{cm} = \frac{1 - 0,35^2}{0,35^2} \cdot 90 = 644,7 \text{ Па.}$$

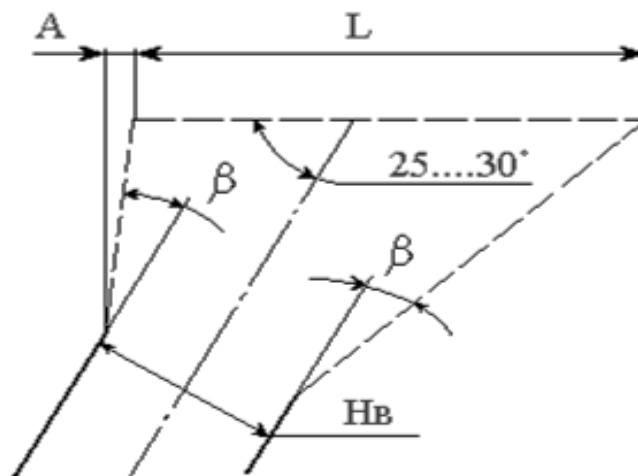


Рис. 2.10. Розрахункові параметри вихідного вікна вентилятора

З врахуванням наведеного, повний тиск дорівнює:

$$H = H_{cm} + H_{\delta} = 644,7 + 90 = 734,7 \text{ Па.}$$

Розраховуємо теоретичний тиск, який знаходимо враховуючи, що ККД джерела повітряного потоку зерноочистки $\eta = 0,5$.

$$H_T = \frac{H}{\eta};$$

$$H_T = \frac{734,7}{0,5} = 1469,4 \text{ Па.}$$

Розрахуємо діаметр вхідного отвору джерела повітряного потоку зерноочистки комбайна:

$$D_0 = 2,78 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}},$$

де $n = 450 \dots 1000$ об/хв – діапазон частот обертання джерела повітряного потоку, для розрахунків приймемо $n = 725$ об/хв.

$$D_0 = 2,78 \cdot \sqrt[3]{\frac{6,656}{725}} = 0,582 \text{ м.}$$

Можемо визначити зовнішній діаметр колеса за формулою:

$$D_2 = \frac{2}{n} \cdot \sqrt{\frac{H_T}{0,01 \cdot \rho}};$$

$$D_2 = \frac{2}{725} \cdot \sqrt{\frac{1469,4}{0,01 \cdot 1,25}} = 0,9458 \text{ м.}$$

З врахуванням зовнішнього діаметра колеса знайдемо і внутрішній діаметр:

$$D_1 = 0,4 \cdot D_2 = 0,4 \cdot 0,9458 = 0,378 \text{ м.}$$

Необхідна потужність для роботи вентилятора може бути розрахована за формулою:

$$N = \frac{Q \cdot H_T}{\eta_n},$$

де $\eta_n = 0,95 \dots 0,98$ – коефіцієнт корисної дії передачі приводу вентилятора.

$$N = \frac{6,656 \cdot 1469,4}{0,95} = 10295,1 \text{ Вт} \approx 10,29 \text{ кВт}$$

Враховуючи те, що швидкість повітряного потоку напряму залежить від властивостей зернового матеріалу, що збирається і сепарується, його вологості та ін. то в конструкції вентилятора передбачають можливість регулювання швидкості повітряного потоку в максимально широкому

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

діапазоні. Найпростіше і найбільш ефективно регулювати швидкість потоку повітря частотою обертання крилача вентилятора, а швидкість повітряного потоку змінюється пропорційно до зміни частоти обертання вентилятора.

2.4. Розрахунок зернозбирального комбайна на стійкість

2.4.1. Поперечна стійкість комбайна

На зернозбиральний комбайн в поперечно-вертикальній площині діє ряд сил, серед яких виділимо: вагу комбайна; реакцію ґрунту; силу інерції зернозбирального агрегату; силі вітру (рис. 2.11).

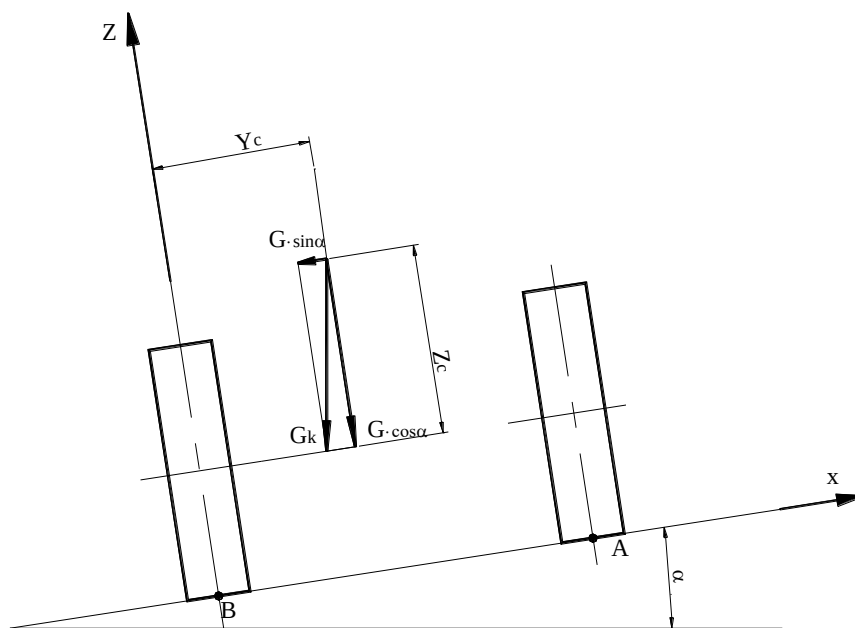


Рис. 2.11. Схема до визначення поперечної стійкості зернозбирального комбайна

Сила ваги зернозбирального комбайна прикладена до центру тяжіння агрегату, а координати цього центру тяжіння задаються конструкцією комбайна та обов'язково має враховуватися заповнення бункера-накопичувача зібраним врожаєм. Під час здійснення в полі поворотів на зернозбиральний комбайн діють додатково і відцентрові сили інерції.

Знайдемо кут γ використовуючи залежність:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{b}{2 \cdot a},$$

де b – фактичне значення колії комбайна, для Єнісей КЗС-950 приймемо $b = 2800$ мм.;

a – конструктивна відстань між осями коліс комбайна, $a = 3775$ мм.

$$\gamma = \arctg \frac{b}{2 \cdot a};$$

$$\gamma = \arctg \frac{2800}{2 \cdot 3775} = 20^\circ.$$

Знайдемо значення граничного кута нахилу α , при якому комбайн зберігатиме стійке положення і не буде перевертатися:

$$\alpha_1(\text{вправо}) = \arctg \left(\left((a - X_c) \cdot \operatorname{tg} \gamma + Y_c \right) \cdot \frac{\cos \gamma}{Z_c} \right);$$

$$\alpha_1(\text{вправо}) = \arctg \left(\left((3775 - 994,8) \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + (-63,997) \right) \cdot \frac{\cos 20^\circ}{1697} \right) = 27,695^\circ;$$

$$\alpha_2(\text{вліво}) = \arctg \left(\left((a - X_c) \cdot \operatorname{tg} \gamma + Y_c \right) \cdot \frac{\cos \gamma}{Z_c} \right);$$

$$\alpha_1(\text{вправо}) = \arctg \left(\left((3775 - 994,8) \cdot \operatorname{tg} 20^\circ - (-63,997) \right) \cdot \frac{\cos 20^\circ}{1697} \right) = 30,785^\circ.$$

Таким чином, зернозбиральний комбайн Єнісей КЗС-950 буде зберігати стійкість у поперечно-вертикальній площині, за умови, що максимальний кут нахилу дорівнює $30,785^\circ$.

2.4.2. Визначення поздовжньої стійкості зернозбирального комбайна

Є відомим фактом, що у зернозбиральних комбайнів класичної схеми обмолоту центр тяжіння має зміщення вперед і праворуч за ходом руху агрегату (рис. 2.12). Враховуючи такий перерозподіл ваги агрегату, виникнення аварійної ситуації, за якої комбайн може перевернутися є більш ймовірним у поздовжньо-вертикальній площині і виникає під час руху агрегату під уклон.

Можемо розрахувати за відомими залежностями кут поздовжньої стійкості агрегату:

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

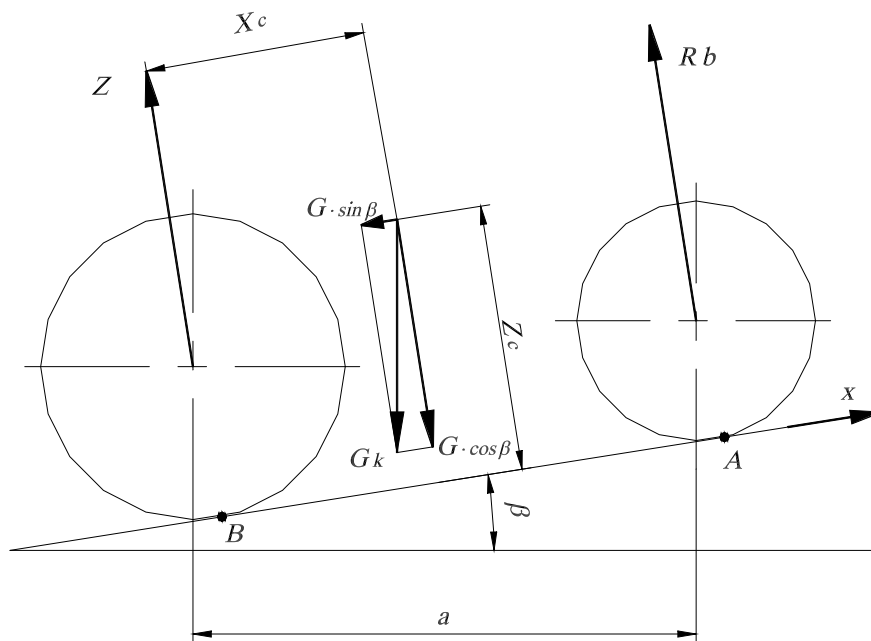


Рис. 2.12. Розрахункова схема сил, які діють на зернозбиральний комбайн у поздовжньо-вертикальній площині

$$\beta = \arctg \left(\frac{X_c}{Z_c} \right) = \arctg \left(\frac{994,8}{1697} \right) = 30,3793^\circ;$$

$$\beta = \arctg \left(\frac{a - X_c}{Z_c} \right) = \arctg \left(\frac{3775 - 994,8}{1697} \right) = 58,6^\circ.$$

Таким чином, визначено, що максимальний кут нахилу поверхні поля, при якому поздовжня стійкість зернозбирального комбайна забезпечена становить $58,6^\circ$.

2.5. Заходи по вдосконаленню механізму приводу джерела повітряного потоку

На етапі проектування механізму приводу, прийемо, що варіатор зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950, по аналогії із серійним агрегатом складається з пари осей та закріплених на цих осях парних розсувних клинопасових шківів. На осі приводного шківа змонтовано виконавчий механізм у вигляді гідроциліндра. Крім цього, основними елементами клинопасового варіатора є приводний та ведений шків та суцільний клиновий пас. За будовою кожен шків варіатора складається із двох розсувних конуса,

що дозволяє при розсуванні приводної пари гідроциліндром іншій парі зсуватися і навпаки. Під час такої роботи, привідний пас починає таким чином переміщуватися в конусах шківів, що робочий фактичний радіус одного шківів зменшується в той час, як іншого шківів – збільшується і навпаки. Це дозволяє міняти в певному діапазоні значень передаточне відношення всього варіатора та безступінчасто регулювати частоти обертання валу вентилятора при незмінній частоті обертання валу на якому змонтовано приводного шківів. Кінематична схема механізму приводу джерела повітряного потоку зернозбирального комбайна наведена на рис. 2.13.

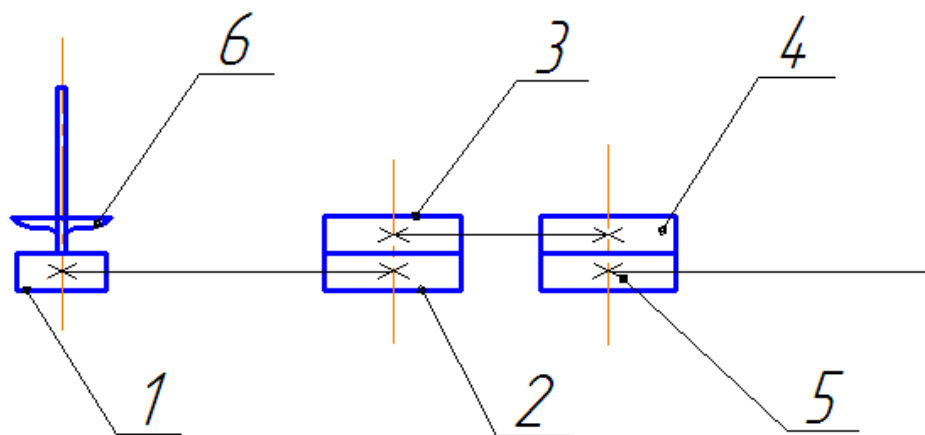


Рис. 2.13. Кінематична схема механізму приводу джерела повітряного потоку очистки зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950:

- 1 – шків джерела повітряного потоку; 2 – ведучий шків вентилятора;
3 – ведений шків варіатора; 4 – ведучий шків варіатора; 5 – шків;
6 – вентилятор

Розрахуємо можливий діапазон клинопасової передачі зернозбирального комбайна виходячи із потрібних максимальних та мінімальних обертів вентилятора:

$$n_{\min} = 643 \text{ хв.}^{-1}; \quad n_{\max} = 1852 \text{ хв.}^{-1} [9]$$

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}},$$

$$D = \frac{1852}{643} = 2,88.$$

Оскільки механізм передач у вигляді варіатора у схемі зернозбирального комбайна розміщено не на останній передачі (рис. 2.13), проведемо визначення колової швидкості і частоти обертання ведучого шківа 2 клинопасової передачі, який передає оберти на вентилятор та веденого шківа варіатора 3.

Початковим етапом цього розрахунку є визначення швидкості V_2 , яка має місце на веденому валу з врахуванням максимальних обертів валу. Можемо записати:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_2}{60 \cdot 1000},$$

де n_2 – частота обертання веденого шківа передачі, хв.⁻¹;

D_2 – значення діаметру веденого шківа клинопасової передачі, мм.

$$V_{2\max} = \frac{3,14 \cdot 188 \cdot 1852}{60 \cdot 1000} = 18,22 \text{ м/с};$$

$$V_{2\min} = \frac{3,14 \cdot 188 \cdot 643}{60 \cdot 1000} = 6,3 \text{ м/с}$$

Тоді розрахункове передаточне відношення цієї клинопасової передачі визначається таким чином:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1 \cdot D_2}{V_2 \cdot D_1} = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1 - \xi)},$$

де V_1 і V_2 – значення колової швидкості, що досягається на ведучому і веденому шківах відповідно, м/с;

D_1 і D_2 – діаметр ведучого та діаметр веденого шківів, мм;

n_1 і n_2 – частота з якою обертаються ведучий і ведені шківни клинопасової передачі, хв.⁻¹;

ξ – значення коефіцієнту пружного ковзання, що залежить від матеріалу з якого пас передачі виготовляється.

					УККС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Так, для прогумованих і текстильних пасів $\xi = 0,01$; для шкіряних пасів – $\xi = 0,015$; для кордтканинних клинових пасів – $\xi = 0,02$ і для кордшнурових пасів – $\xi = 0,01$.

Після підстановки цифрових значень маємо:

$$i = \frac{188}{288 \cdot (1 - 0,02)} = 0,84.$$

Таким чином, максимальні оберти ведучого шківа передачі становлять:

$$n_{1\max} = n_2 \cdot i = 1852 \cdot 0,84 = 1556 \text{ хв.}^{-1}.$$

Аналогічно визначаємо мінімальні оберти ведучого шківа передачі:

$$n_{1\min} = n_2 \cdot i = 643 \cdot 0,84 = 540 \text{ хв.}^{-1}.$$

Відмітимо, що із аналогічними обертами обертатиметься і ведений шків варіатора механізму привода, так як ці два шківа встановлено на одному приводному валу.

Щоб визначити діаметр меншого шківа D_2 , за умови, що його діаметр не приймається виходячи із конструктивних міркувань, керуючись габаритами зернозбирального агрегату, можна скористатися відомою залежністю Саверина М.А. [10]. Ця формула у символічному вигляді наступна:

$$D_2 = (1100 \dots 1300) \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1}{n_1}},$$

де N_1 – потужність, що розвивається на ведучому шківу передачі, кВт;

n_1 – значення частоти обертання ведучого шківа передачі, об/хв.

Оскільки є відомим діаметр шківа, можемо враховуючи цей діаметр розрахувати потужність. Отримаємо наступне рівняння:

$$N_1 = \left(\frac{D_2}{(1100 \dots 1300)} \right)^3 \cdot n_1.$$

Поведемо визначення потужності для варіантів, коли механізм передач працює із максимальними та мінімальними обертами:

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

$$N_{1\min} = \left(\frac{188}{(1100 \dots 1300)} \right)^3 \cdot 540 = 1,63 \dots 2,70 \text{ кВт.};$$

$$N_{1\max} = \left(\frac{188}{(1100 \dots 1300)} \right)^3 \cdot 1556 = 4,71 \dots 7,77 \text{ кВт.}$$

Таким чином, проведені розрахунки підтверджують, що варіатор, який встановлюється на зернозбиральному комбайні Єнісей КЗС-950 має повністю забезпечувати передачу потужності в діапазоні значень від 1,63 кВт до 7,77 кВт. Саме ці отримані значення приймемо в подальших розрахунках, отже можемо записати $P_1 = 1,63 \dots 7,77 \text{ кВт} = \text{const}$.

Можемо записати основні співвідношення, які є справедливими під час роботи вентилятора

$$\frac{Q}{n} = \text{const}; \quad \frac{P}{n^2} = \text{const}; \quad \frac{N}{n^3} = \text{const}.$$

Враховуючи те, що продуктивність вентилятора зернозбирального комбайна має регулюватися у доволі широких межах, до того ж під час зміни частот обертання, і відповідно і швидкостей повітряного потоку, під час збирання хлібів потрібно швидко і точно відрегулювати цей механізм і швидкість потоку, щоб забезпечити можливість зниження втрат повноцінного врожаю при комбайнуванні. Продуктивність джерела повітряного потоку, традиційно можна змінювати двома способами – або ж зміною опору всієї пневмосистеми або ж зміною напірної лінії вентилятора, фактично – зміною характеристики його роботи.

Для зміни опору в пневмережі зерноочисного комбайна до неї додають або змінюють положення дроселя, спеціальних клапанів або ж дефлекторів. Щоб змінити характеристику вентилятора (напірну лінію) потрібно провести безступінчасте регулювання частоти обертання цього вентилятора, що з успіхом реалізують в більшості принципових схем зернозбиральних агрегатів. До цього ж іноді під час зміни характеристик джерела повітряного потоку перед входом до вентилятора встановлюють

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

заслінки чи спеціальні напрямні пристрої, які поліпшують регулювання потоку повітря.

Відомо, що зміна продуктивності вентилятора комбайнів за рахунок включення до робочої мережі різноманітних додаткових опорів, в більшості випадків за рахунок встановлення дроселів чи заміни існуючих, залишається найбільш простим і поширеним способом. Однак, цей же спосіб регулювання продуктивності вентилятора очистки комбайна, є одним із самих енергозатратних. У комбайнах класичної схеми обмолоту таким дроселем у повітряно-решітних системах виступають обидва жалюзійні решета або динамічно змінний об'єм дрібного зернового матеріалу, що подається у систему на очистку.

Створення подібного додаткового опору у пневмосистемі є не вигідним з точки зору показників економічної ефективності. Саме з метою усунення таких перевитрат рекомендується збільшувати діапазон регулювання частот обертання, а отже і швидкостей повітря за рахунок використання запропонованого механізму приводу у вигляді варіаторного механізму передач.

Наведено [4...8], що існуючий на серійних зерноочисних агрегатах діапазон варіатора дорівнює $D = 2,88$.

Запропоновані вдосконалення дозволяють збільшити цей діапазон до $D = 3,40$.

Запишемо відому залежність:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{i_{\max}}{i_{\min}}.$$

Правомірно можемо прийняти, що нижня межа обертів є аналогічною раніше отриманій мінімальній частоті $n_{\min} = 540$ об/хв., враховуючи це отримаємо:

$$n_{\max} = D \cdot n_{\min},$$

$$n_{\max} = 3,40 \cdot 540 = 1836 \text{ хв.}^{-1}.$$

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

З врахуванням конструкції (рис. 2.13) передача від варіатора до джерела повітряного потоку залишається незмінною, з врахуванням чого маємо:

$$i = \frac{n_1}{n_2},$$

в цій залежності – $n_1 = 540 \dots 1836 \text{ хв.}^{-1}$;

$$i = 0,84.$$

Тоді в числовому вираженні маємо:

$$n_2 = \frac{540 \dots 1836}{0,84} = 643 \dots 2186 \text{ хв.}^{-1}.$$

Таким чином, враховуючи загальні залежності для вентилятора основні закономірності для джерела повітряного потоку змінюються, враховуючи максимальну кількість обертів. Можемо записати

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1852}{643} = 2,88;$$

$$\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{2186}{643} \right)^2 = 3,40^2 = 11,56;$$

$$\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 = \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{2186}{643} \right)^3 = 3,40^3 = 39,30.$$

Отримані розрахунки дають змогу співставити їх із існуючими закономірностями, отримаємо:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{2186}{643} = 3,40;$$

$$\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{1852}{643} \right)^2 = 2,88^2 = 8,29;$$

$$\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 = \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{1852}{643} \right)^3 = 2,88^3 = 23,89.$$

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

Це значить, що якщо відбувається зміна діапазону роботи варіатора джерела повітряного потоку забезпечуються зміни у витратах тиску та повітря, крім того, змінюється і споживання потужності джерела потоку повітря.

2.6. Короткий висновок за розділом

Таким чином, за результатами проведених обґрунтувань і розрахунків визначені бажані технологічні і конструктивні параметри та режими роботи зернозбирального агрегату Єнісей КЗС-950. Приведені результати дозволили запропонувати вдосконалену конструкцію клинопасового варіатора із збільшеним діапазоном швидкостей обертання самого вентилятора, що в сукупності забезпечує підвищення якості і гнучкості роботи очистки зернозбирального комбайна класичної схеми обмолоту та дозволяє проводити безступінчасте регулювання швидкості потоку повітря з кабіни комбайна, використовуючи органи управління. В роботі проведені необхідні інженерні розрахунки, енергетичні і силові обґрунтування та визначення стійкості агрегату, що в своїй сукупності повністю підтверджує працездатність проведених розробок.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

Сьогодні науковцями нашої держави і зарубіжжя проведено значну кількість досліджень, отримано різні математичні моделі та наявні результати експериментів щодо вивчення технологічного процесу очищення зібраного збіжжя очисткою зернозбиральних комбайнів. Можна відмітити, що практично в польових умовах обґрунтування конструктивних параметрів та режимів роботи зернозбиральних агрегатів є ускладненим через різноманітний стан як самих технічних систем і кваліфікації механізаторів так і через значну різницю в стані і кількості зібраного збіжжя, його вологості та ін. Отже, проведення експериментальних досліджень в конкретних польових умовах, із використанням отриманих попередніми науковцями теоретичних моделей і використовуючи відомі тенденції вдосконалення очисних частин

					УККС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

зернозбиральних комбайнів є важливою прикладною задачею, що дозволить вдосконалити процес прямого комбайнування та поліпшити точність виділення домішок із мінімальними втратами повноцінного зернового матеріалу під час прямого комбайнування.

Мета дослідження: інтенсифікація повітряно-решітної очистки зернозбирального комбайна за рахунок вдосконалення пневмосепаруючої системи та обґрунтування параметрів механізму приводу очистки.

Об'єкт дослідження: процес очищення зібраного врожаю зерноочисним агрегатом класичної схеми роботи.

Предмет дослідження: експериментальні закономірності, які дозволяють інтенсифікувати очищення зерна в повітряно-решітній очистці збирального агрегату враховуючи деякі конструктивні і технологічні параметри комбайна.

Враховуючи проведений вище огляду існуючого стану техніки для прямого комбайнування сільськогосподарських культур та попередніх досліджень в роботі будуть вирішуватися такі **задачі**:

- провести оцінку існуючих технічних систем для проведення якісної очистки зібраного зерна під час його прямого комбайнування;
- запропонувати на основі існуючих рішень напрямки вдосконалення та інтенсифікації роботи очистки комбайну, довести доцільність використання запропонованого вдосконалення;
- експериментально дослідити і обґрунтувати окремі параметри та режими роботи зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950 із вдосконаленою очисткою зерна.

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

3.1. Послідовність проведення експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження були проведені на полі фермерського господарства під час яких досліджували роботу зернозбирального комбайна Єнісей КЗС-950 із змонтованим на цьому агрегаті запропонованим у інженерній частині клинопасовим вентилятором, що дозволяє проводити у більш широкому діапазоні і без зупинки агрегату та прямої участі комбайнера регулювання швидкості потоку повітря в очистці комбайна. Крім цього, запропоновано та встановлено подовжені граблини пальцевої решітки із можливістю їх регулювання під час проведення досліджень.

До початку проведення досліджень із оцінки якості роботи вдосконаленого зернозбирального комбайна, були проведені наступні операції:

1. Запустили всі без виключення робочі органи і системи зернозбирального комбайна без навантаження (вхолосту);
2. Відрегулювали на якісну роботу основні системи і механізми зернозбирального агрегату;
3. Провели пробний прохід в полі, і після оцінки якості роботи за потреби внесли корективи в регулювання вузлів і систем.

Як зазначалося вище, зернозбиральний комбайн було дообладнано розробленим клинопасовим вентилятором, який дозволяє збільшити діапазон регулювання порівняно із базовим частоти обертання вентилятора зерноочистки комбайна та було встановлено в решітній частині пальцеву решітку, з можливістю зміни її довжини.

3.2. Результати проведених експериментів

Проведення експериментальних досліджень та їх обробка проводилася за стандартною методикою планування факторного експерименту [15, 16]. Серед факторів, що найбільш суттєво впливають на роботу очистки зернозбирального комбайна прийняли наступні:

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

- 1) швидкість потоку повітря повітряній очистці комбайна V , м/с;
- 2) продуктивність очистки комбайна (подача вороху на очистку), Q , кг/с;
- 3) довжина граблин, що розміщені на пальцевій решітці h , мм.

До таблиці 2 включені найбільш впливові фактори на процес роботи очистки зернозбирального комбайна із їх фізичними величинами та рівнями змін, що мали місце під час проведення експериментів.

Таблиця 2

Фактори та рівні їх варіювання під час експериментального вивчення якості роботи очистки зернозбирального комбайна

№	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Нижній (-)	Верхній (+)	
1	Швидкість потоку повітря повітряній очистці комбайна V , м/с	x_1	5,0	11,0	3
2	Подача вороху на очистку Q , кг/с	x_2	1,0	4,0	1,5
3	Довжина граблин, що розміщені на пальцевій решітці h , мм.	x_3	5	55	25

Порядок побудови плану-матриці експериментальних досліджень

Зважаючи на кількість факторів для проведення експериментальних досліджень побудуємо матрицю виду $n = 2^3 = 8$. Для цієї побудови скористаємося можливостями пакету програм STATISTICA 12, що реалізується шляхом послідовного виконання певного набору команд. Візуальне відображення цієї послідовності команд у даному програмному продукті наведено на рис. 3.1.

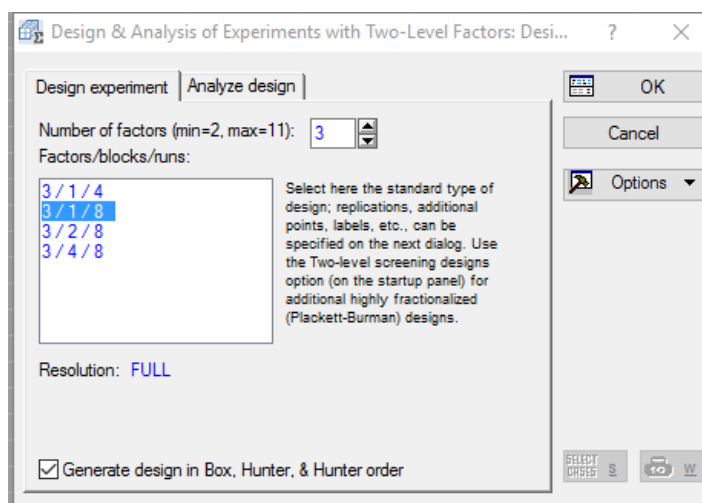
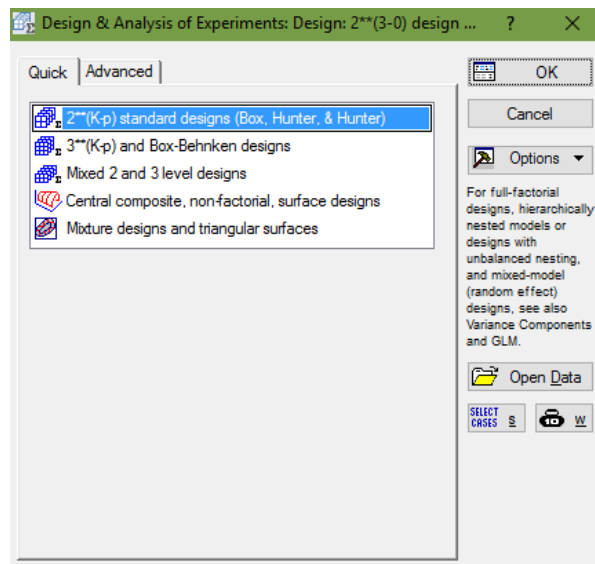


Рис. 3.1. Загальний вигляд вікна програми STATISTICA 12 під час проведення моделювання експерименту

Після вибору типу статистичної моделі і кількості перемінних слід ввести назви факторів, їх позначення та рівні. Кінцевим результатом даних дій система STATISTICA 12 подає матрицю для проведення експериментальних досліджень із чіткою послідовністю реалізації експериментів та порядком зміни рівнів факторів. Слід зазначити, що для подальшого виконання моделювання потрібно до наведеної на рис. 3.2. матриці експериментів додати четвертий стовпчик, в який слід занести середнє значення результату, яке отримане в результаті трикратної повторюваності дослідів. Внесення в четвертий стовпчик критерію оптимізації Y дозволяє побудувати статистичну

модель впливу наведених факторів на якість очищення врожаю в очистці комбайна.

	1	2	3	4
	V, м/с	Q, кг/с	h, мм	Y
1	5,0	1,0	5,0	66,8
2	11,0	1,0	5,0	75,0
3	5,0	4,0	5,0	62,4
4	11,0	4,0	5,0	72,6
5	5,0	1,0	55,0	88,4
6	11,0	1,0	55,0	95,7
7	5,0	4,0	55,0	79,5
8	11,0	4,0	55,0	81,3

Рис. 3.2. Скомпільована системою STATISTICA 12 матриця

експериментальних досліджень із результатом проведених робіт

Таким чином, після внесення до матриці експериментів середнє значення результатів (рис. 3.2) можемо навести табличний результат (рис. 3.3).

Effect Estimates; Var.:Y; R-sqr=.99164; Adj.:94147 (Spreadsheet5.sta) 2**(3-0) design; MS Residual=7,03125 DV: Y										
Factor	Effect	Std.Err.	t(1)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	77,71250	0,937500	82,89333	0,007680	65,8004	89,62457	77,71250	0,937500	65,8004	89,62457
(1)V, м/с	6,87500	1,875000	3,66667	0,169501	-16,9491	30,69913	3,43750	0,937500	-8,4746	15,34957
(2)Q, кг/с	-7,52500	1,875000	-4,01333	0,155461	-31,3491	16,29913	-3,76250	0,937500	-15,6746	8,14957
(3)h, мм	17,02500	1,875000	9,08000	0,069831	-6,7991	40,84913	8,51250	0,937500	-3,3996	20,42457
1 by 2	-0,87500	1,875000	-0,46667	0,722035	-24,6991	22,94913	-0,43750	0,937500	-12,3496	11,47457
1 by 3	-2,32500	1,875000	-1,24000	0,432050	-26,1491	21,49913	-1,16250	0,937500	-13,0746	10,74957
2 by 3	-4,12500	1,875000	-2,20000	0,271599	-27,9491	19,69913	-2,06250	0,937500	-13,9746	9,84957

Рис. 3.3. Табличний результат проведених досліджень оцінки впливу факторів на якість очищення зерна очисткою зернозбирального комбайна

Підсумовуючи, використовуючи табличний результат (рис. 3.3) можемо отримати статистичну математичну модель впливу обраних факторів на критерій оптимізації в традиційному вигляді:

$$Y = 77,712 + 3,437x_1 - 3,762x_2 + 8,512x_3 - 0,437x_1x_2 - 1,162x_1x_3 - 2,062x_2x_3$$

За наведеною статистичною математичною моделлю побудуємо графіки попарного впливу досліджуваних факторів на якість очищення збіжжя, що наведені на рис. 3.4, 3.5, 3.6.

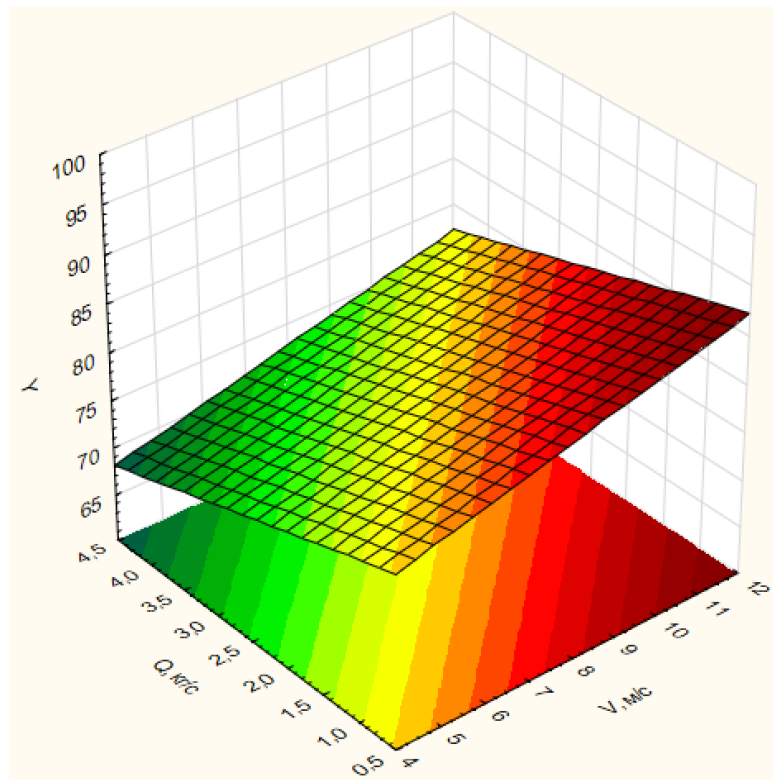


Рис. 3.4. Графіки попарного впливу швидкості потоку повітря повітряній очистці комбайна (V) та подачі вороху на очистку (Q) на якість очистки (Y)

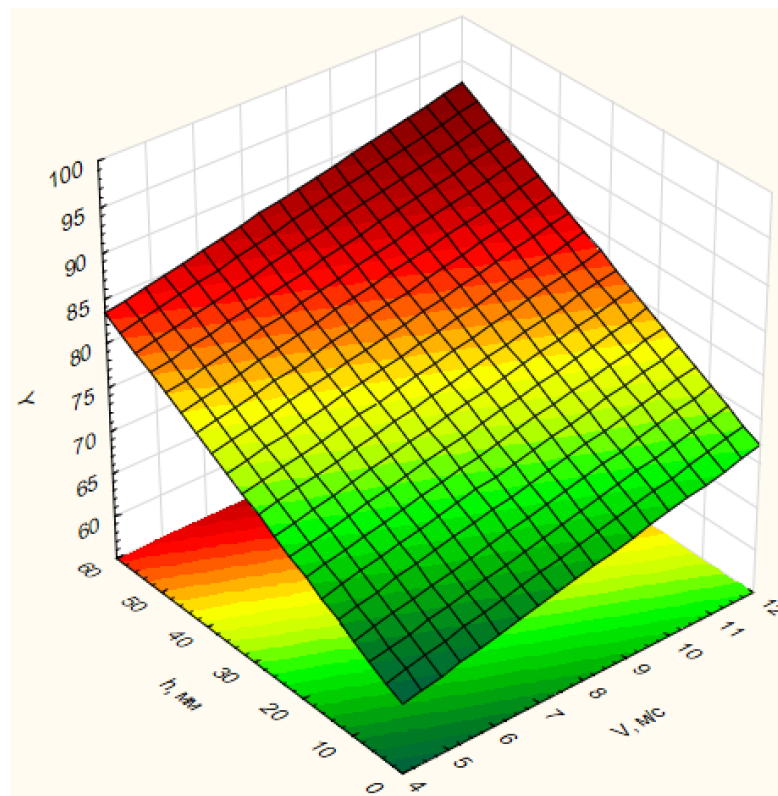


Рис. 3.5. Графіки попарного впливу швидкості потоку повітря повітряній очистці комбайна (V) та довжини граблін, що розміщені на пальцевій решітці (h) на якість очистки (Y)

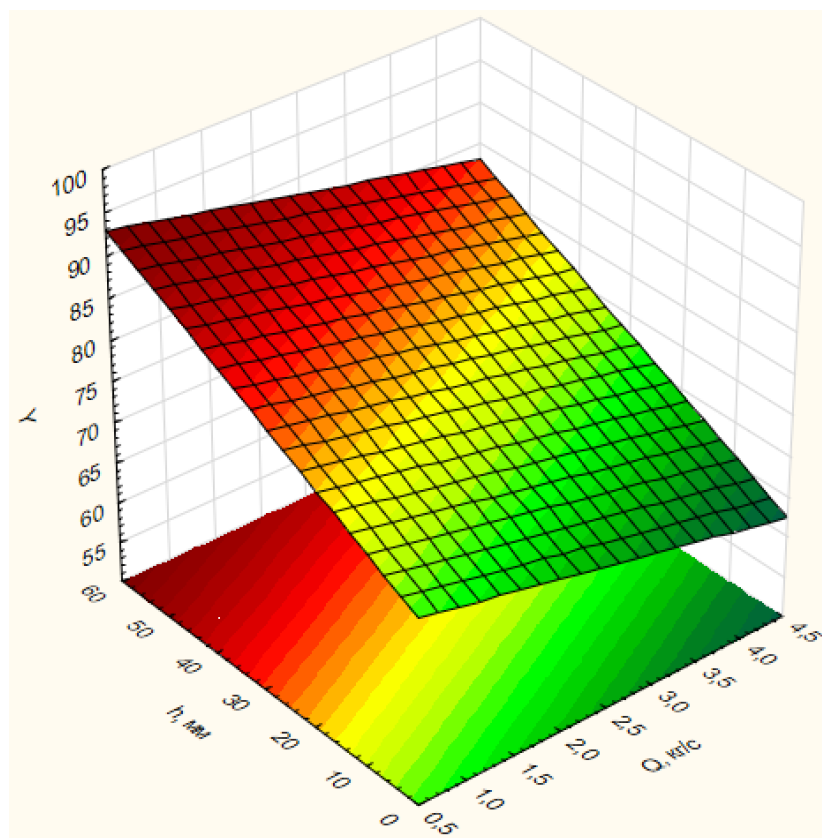


Рис. 3.6. Графіки попарного впливу подачі вороху на очистку (Q) та довжини граблин, що розміщені на пальцевій решітці (h) на якість очистки (Y)

Ретельний аналіз представлених результатів досліджень дозволяє відмітити, що швидкість потоку повітря в очистці комбайна (V) та довжина граблин, що розміщені на пальцевій решітці (h) суттєво впливають на якість очищення зібраного зернового вороху, а їх вплив на показник якості – позитивний. Тобто, збільшення кожного із перелічених факторів, в обраному діапазоні значень сприяє поліпшенню виконання якості робіт. Виходячи із конструкції очистки комбайна і враховуючи надані результати експериментальних досліджень можемо обрати області раціональних значень цих факторів, що становлять $V = 8,5 \dots 9,5$ м/с; $h = 40 \dots 45$ мм.

Тоді як подача вороху на очистку (Q) є фактором, що чинить негативний вплив на загальну якість процесу, але саме цей фактор і визначає можливість забезпечення загальної продуктивності виконання робіт зерноочисною частиною зерноочисного комбайна. Враховуючи загальну продуктивність комбайна та загальні габарити молотильно-сепаруючого

пристрою і очистки для безперебійного виконання технологічного процесу подача збіжжя в очистку повинна знаходитися в діапазоні значень $Q = 2,6...2,8$ кг/с. Аналіз отриманих результатів дозволяє відмітити, що під час встановлення на очистці комбайна рекомендованих діапазонів значень факторів загальна ефективність проведення робіт може досягати $Y = 92...95\%$. Наведена якість повністю відповідає чинним нормативам та відповідає аналогічним показникам кращим зразкам закордонної техніки для збирання врожаю методом прямого комбайнування.

Таким чином, наукова частина даної кваліфікаційної роботи дозволила обґрунтувати напрямки вдосконалення очисного пристрою класичного зернозбирального комбайна та після проведення експериментальних досліджень встановити рекомендовані конкретні параметри ряду впливових факторів.

В роботі наведені задачі досліджень, обґрунтовані об'єкт та мета проведених робіт. Всі дослідження реалізовувалися на основі методики планування факторного експерименту із використанням програми STATISTICA 12. Встановлено, що найбільш впливовими факторами на якість очищення є наступні:

- 1) швидкість потоку повітря повітряній очистці комбайна V , м/с;
- 2) подача вороху на очистку Q , кг/с;
- 3) довжина граблин, що розміщені на пальцевій решітці h , мм.

Аналіз представлених результатів та їх обробка дозволила встановити раціональні значення перелічених факторів, що дозволять досягти раціональних показників якості очищення зернового вороху зернозбиральним агрегатом, які є наступними: $V = 8,5...9,5$ м/с; $Q = 2,6...2,8$ кг/с; $h = 40...45$ мм.

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

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час роботи в полі на зернозбиральному комбайні організм механізатора підлягає чи може підлягати впливу ряду небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Традиційно, серед таких факторів виділяють фактори фізичної природи дії, хімічні та психофізіологічні.

До фізичних шкідливих та небезпечних факторів, які можуть проявлятися під час роботи зернозбирального агрегату в полі відносять:

- машини і механізми комбайна і допоміжного обладнання під час процесу збирання, що рухаються (рух зернозбирального комбайна з жаткою під час робочого процесу чи підготовчих операцій, транспортні засоби, що відвозять зібране збіжжя, інші збиральні агрегати тощо);
- підвищена загазованість та (або) запиленість повітря в робочій зоні чи в зоні обслуговування комбайна;
- підвищена чи знижена температура на поверхні агрегату чи допоміжного або ж іншого обладнання;
- підвищена чи знижена температура, яка проявляється в зоні виконання робіт;
- вищий за нормативний рівень шуму в місці виконання робіт;
- надто високий рівень вібрації комбайна чи іншого обладнання;
- підвищена чи знижена швидкість руху повітря в зоні роботи агрегату;
- підвищена чи знижена вологість повітря;
- надто високий рівень статичної електрики;
- вище за допустиме значення напруги в електричному ланцюгу, що у випадку замикання може привести до того, що ця напруга може пройти крізь тіло людини і вразити її (що часто спостерігається під час роботи комбайну під лініями електропередач);
- понижена контрастність в зоні виконання робіт;
- прямий чи (або) відбитий блискіт світла під час роботи з агрегатом;

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

- підвищена чи знижена яскравість світла в зоні виконання технологічного процесу;
- відсутність або нестача освітлення (природнього), що має місце при виконанні робіт у темну пору доби);
- гострі крайки, наявність задирок, шорсткість на окремих поверхнях зернозбирального комбайна, жатки, робочих органів органів керування тощо;
- розміщення робочого місця під час здійснення процесу збирання на значній висоті від поверхні поля.

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори хімічної дії:

- подразливі речовини, та такі, що впливають на репродуктивну функцію людини, серед основних подібних речовин – відпрацьовані вихлопні гази, випари технічних рідин, засоби агрохімії, паливо-мастильні матеріали, підвищена концентрація в робочій зоні пилу із наявністю в ньому SiO_2 тощо.

Психофізіологічні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- наявність фізичних перевантажень під час збирання врожаю (динамічні та статичні);
- перевантаження нервово-психічного характеру, до прикладу – монотонність праці.

Відмітимо, що під час роботи зернозбирального агрегату основними джерелами небезпечних і шкідливих факторів бувають:

- транспорт, який рухається;
- зовнішні фактори метеорологічного характеру (наприклад опади, гроза, вітер, сонячна радіація, висока чи низька температура повітря робочої зони, ожеледиця та ін.);
- невірно виставлені режими роботи обладнання та інших технологічних систем;
- наявність інженерних комунікацій;

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

- інструменти, обладнання та інший інвентар, що є не придатні до використання під час виконання певного виду робіт;
- потреба виконувати роботи вручну, що може викликати загальні фізичні чи(або) нервово-психічні перевантаження організму;
- наявність відкритих рухомих та обертових елементів збирального агрегату, жатки та ін;
- несправність чи повна відсутність блокуючого пристрою що унеможливорює запуск двигуна при включеній передачі;
- несправність рульового механізму чи гальмівної системи комбайна;
- несправність системи запуску двигуна з кабіни;
- несправність чи відсутність контрольно-вимірювальних та(або) освітлювальних приладів агрегату;
- несправність чи невірна робота муфти зчеплення;
- підтікання охолоджувальних чи інших рідин, мастила, пального;
- відсутність чи недоступність попереджувальних знаків і написів, що сповіщають працюючого та інших осіб про існуючі небезпеки зернозбирального агрегату;
- повна відсутність чи неактуальність інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки, інших технічних описів, інструкції з експлуатації комбайна тощо.

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

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

За результатами проведення вдосконалення зернозбирального агрегату Снісей КЗС-950 запропоновано нову конструкцію клинопасового варіатора, який дає можливість проводити безступінчасте регулювання швидкості повітряного потоку в очистці зернозбирального комбайна, до того ж забезпечує більш широкий діапазон регулювань робочої швидкості. Такі вдосконалення дозволяють поліпшити якісні показники виділення домішок, а в поєднанні із подовженням граблин на пальцевій решітці суттєво знизити втрати повноцінного зерна при його сепарації комбайном класичної схеми обмолоту. Зазначені зміни ще дають змогу значно знизити час, що затрачається на обслуговування зернозбирального агрегату, оскільки для налаштування очистки не потрібна зупинка агрегату та механічне регулювання швидкості обертання вентилятора комбайнером. Оцінку економічної ефективності розробок проведено за традиційною методикою [19, 20] а результати цієї оцінки зведені до таблиці 3

Таблиця 3

Техніко-економічні показники базового і модернізованого зернозбирального комбайна

Показники	Один. виміру	Машина	
		Базова	Модерні- зована
1	2	3	4
1. Агрегаткування		Самохідний колісний	
2. Маса машини	кг	11254	11300
3. Маса покупних виробів	кг	5800	5890
4. Оптова ціна машина	грн	860000	
5. Собівартість машини	грн	686000	
6. Вартість покупних виробів у собівартості машини	грн	430000	435000
7. Продуктивність	т/год	9,5	9,5

8. Коефіцієнт використання часу зміни -робочого -експлуатаційного		0,82 0,76	
9. Кількість обслуговуючого персоналу	<u>чол</u>	1	1
10. Кількість комплектувань оригінальних деталей, розроблених в процесі модернізації	<u>шт</u>		11
11. <u>Середньогодинна</u> заробітна плата -робітника -конструктора -технолога	грн	31,7 36,6 36,6	31,7 36,6 36,6
12. Кількість найменувань деталі в машині всього у тому числі: -оригінальних -стандартних	<u>шт</u>	12000 600 8630	12500 668 8650
13. Кількість деталей в машині	<u>шт</u>	22300	22350
14. Середньорічна програма випуску машин	<u>шт</u>		50

Зазначимо повторно, що економічну доцільність внесених змін оцінювали за стандартною загальноприйнятою методикою, а отриманий показник техніко-економічного рівня вдосконаленого зернозбирального комбайна зафіксовано на рівні 1,27. Такий показник техніко-економічного рівня дозволяє підтвердити, що розроблені вдосконалення зернозбирального комбайна, а саме її очистки дозволяють поліпшити загальну конкурентоздатність та сумарний техніко-економічний рівень збирального агрегату. Доведено, що прогнозований економічний ефект, який за оцінкою

має отримати виробник модернізованого комбайна, за умови його випуску до 50 одиниць на рік, приблизно дорівнює 23250 грн за кожен зернозбиральний агрегат. Поряд із тим, суттєвий економічний ефект прогнозується для споживача модернізованого ґрунтообробного агрегату, який за наведених економічних показників може досягати 64875 грн, при цьому не враховуються збільшення чистого робочого часу роботи агрегату та скорочення затрат на проведення обслуговування і ремонту зерноочистки зернозбирального комбайна. Отже, прогнозований економічний ефект для споживача і виробника модернізованого зернозбирального агрегату підтверджує економічну ефективність внесених змін.

6. ВИСНОВОК

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи доведено, що незважаючи на способи збирання зернових культур проблема своєчасного і якісного очищення зібраного збіжжя під час прямого комбайнування залишається актуальною. На відміну від свого прототипу комбайна «Єнісей-1200», у комбайні Єнісей КЗС-950 вже проведено ряд поліпшень, що дозволяють інтенсифікувати якість очищення зерна, зокрема в прототипі збільшено діапазон регулювання джерела потоку повітря та обґрунтовано збільшено площу соломотрясу і решітної очистки. Крім переліченого, до конструкції агрегату внесено такі заміни: замість діаметрального вентилятора у очистці комбайна використовується вентилятор осьового типу, в якого коефіцієнт корисної дії є вищим. Однак, навіть запропоновані виробником зміни на завжди дозволяють досягти заданих якісних показників зібраного збіжжя та уникнути зайвих втрат.

Для комплексного вирішення питання підвищення якості очистки комбайном зерна в розрізі даної роботи запропоновано розширити діапазон регулювання варіатора, вдосконалити існуючий механізм привода вентилятора та встановити в очистку подовжену пальцеву решітку.

					УККС 00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті модернізації зернозбирального агрегату Єнісей КЗС-950 запропоновано нову конструкцію клинопасового варіатора, який дозволяє безступінчасто і в розширеному діапазоні змінювати швидкість потоку повітря в повітряно-решітній очистці комбайна. В роботі проведені всі необхідні технологічні, кінематичні та енергетичні розрахунки, що загалом доводять працездатність модернізованого зерноочисного агрегату.

На етапі проведення експериментальних досліджень керуючись методикою планування багатофакторного експерименту проведено планування та реалізація дослідів. В науковій частині обґрунтовані напрямки вдосконалення очисного пристрою зернозбирального агрегату та встановлено рекомендовані параметри ряду впливових факторів. Експериментальні дослідження були реалізовані в пакеті програм STATISTICA 12. Встановлено, що факторами, які найбільше впливають на якість очищення є: швидкість потоку повітря повітряній очистці комбайна V , м/с; подача вороху на очистку Q , кг/с; довжина граблин, що розміщені на пальцевій решітці h , мм.

Аналіз представлених результатів та їх обробка дозволила обґрунтувати раціональні значення факторів, що дозволять досягти найвищої якості очищення зернового вороху зернозбиральним агрегатом, які є наступними: швидкість потоку повітря повітряній очистці комбайна $V = 8,5 \dots 9,5$ м/с; подача вороху на очистку $Q = 2,6 \dots 2,8$ кг/с та довжина граблин, що розміщені на пальцевій решітці $h = 40 \dots 45$ мм.

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

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Васильковський О.М., Петренко Д.І., Васильковська К.В., Лещенко С.М., Мороз С.М. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 38 с.
2. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 3. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / Сисолін П.В., Петренко М.М., Свіренєв М.О. За ред. Черновола М.І. – К.: Фенікс, 2007. – 432 с.
3. Сільськогосподарські машини / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко, М.М. Косінов. – К.: Урожай, 1996. – 240 с.
4. 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.
5. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.
6. 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.
7. 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.
8. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В. В. Адамчука, М. І. Грицишина. – Київ : Аграрна наука, 2012. – 416 с.
9. 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.

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

10. Бабенко Д.В. Механіка матеріалів і конструкцій: практикум: навчальний посібник / Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 384 с.
11. Іванчук А.В. Деталі машин: Навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
12. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
13. 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.
14. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля. – Київ: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
15. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с.
16. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки: Навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. – Харків: Мачулін, 2019. – 164 с. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10486>
17. Приводи сільськогосподарської техніки : метод. рекомендації до викон. практ. робіт / [уклад.: В. А. Дейкун, С. М. Лещенко, Д.І. Петренко, Р.В. Кісільов]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 67 с. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9359>.
18. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва – Тернопіль:, 2005. – 228 с.

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

19. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
20. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
21. Шелюк Л.Ю. Організація і планування діяльності аграрних формувань: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 324 с.
22. 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.
23. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

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

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

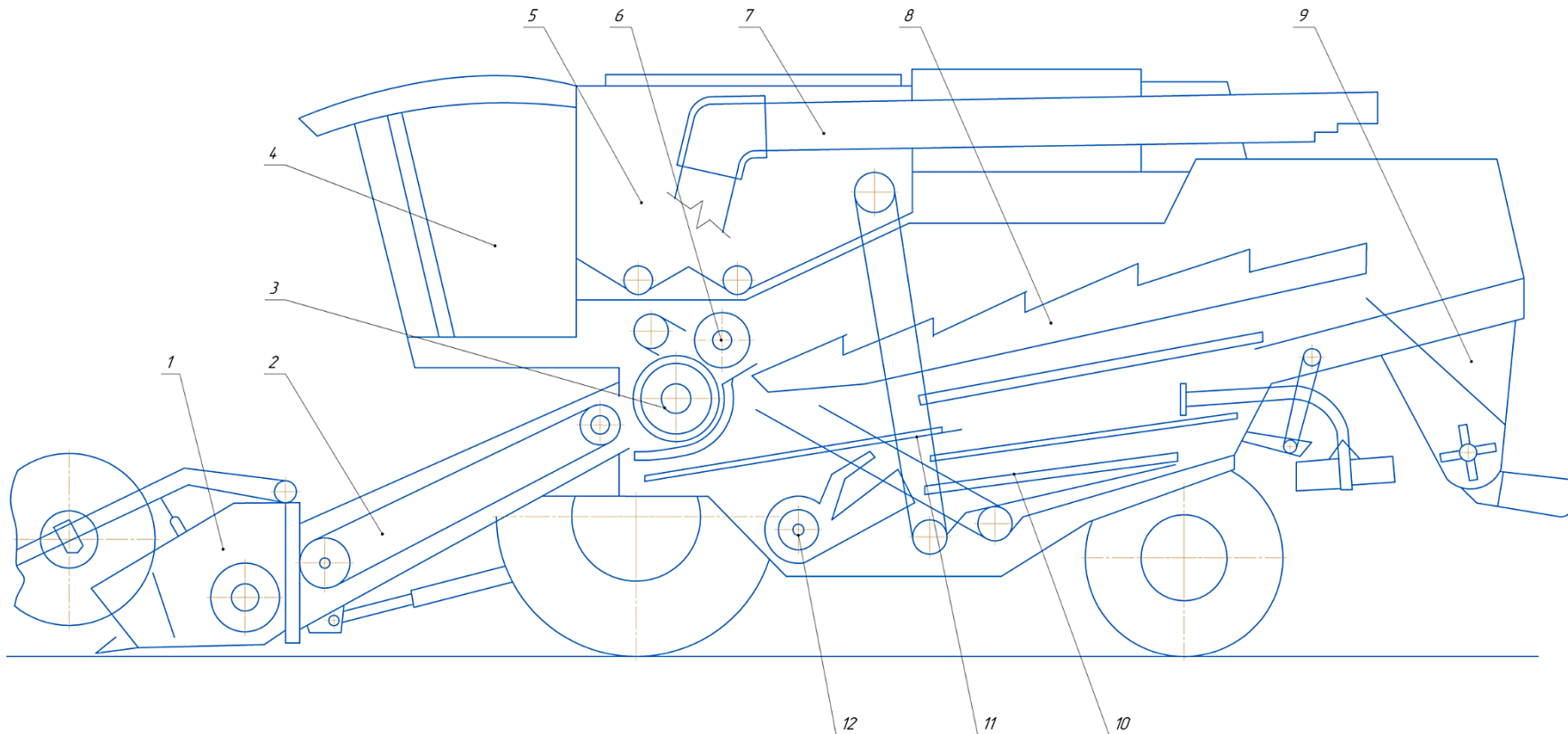
Презентація графічної кваліфікаційної роботи за
другим рівнем вищої освіти на тему:

Удосконалення комбайна класичної схеми обмолоту з дослідженням системи очистки зерна

Виконав: ст. гр. ГМ-22М-1,1 Іщенко Михайло Сергійович

Керівник роботи: доц. Сергій ЛЕЩЕНКО

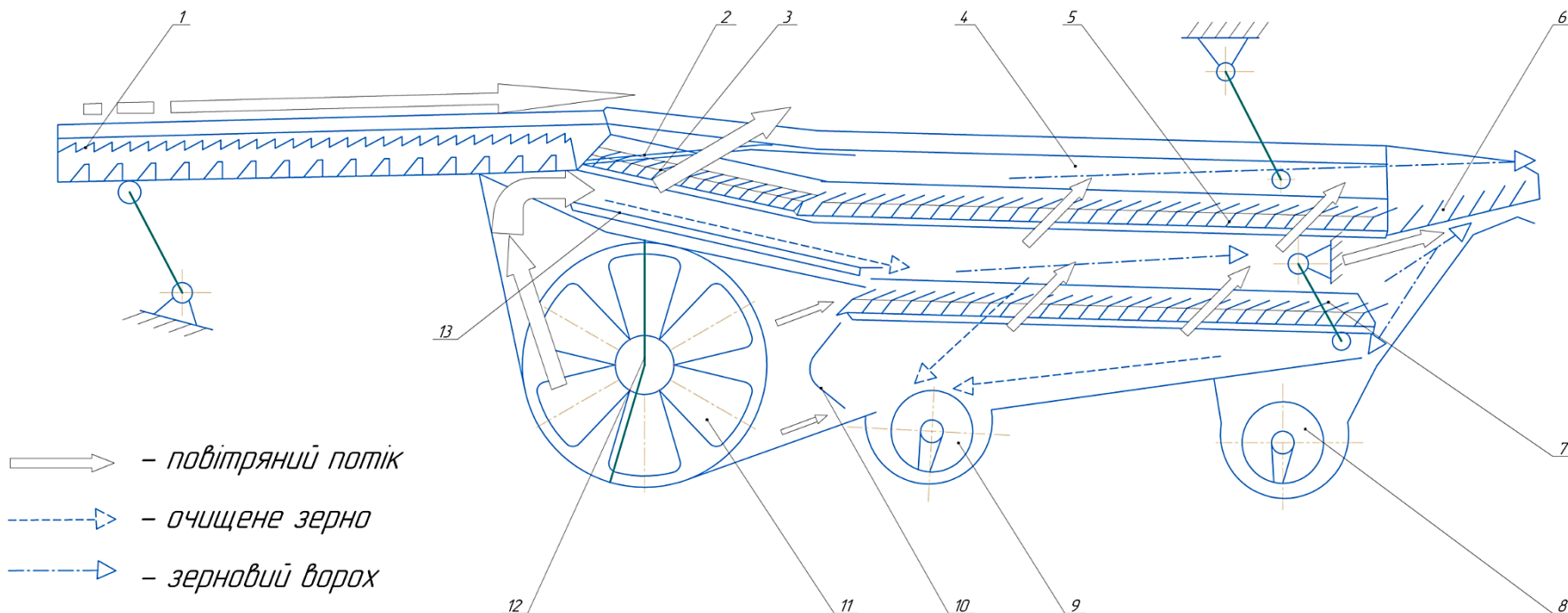
Кропивницький, 2024 р.

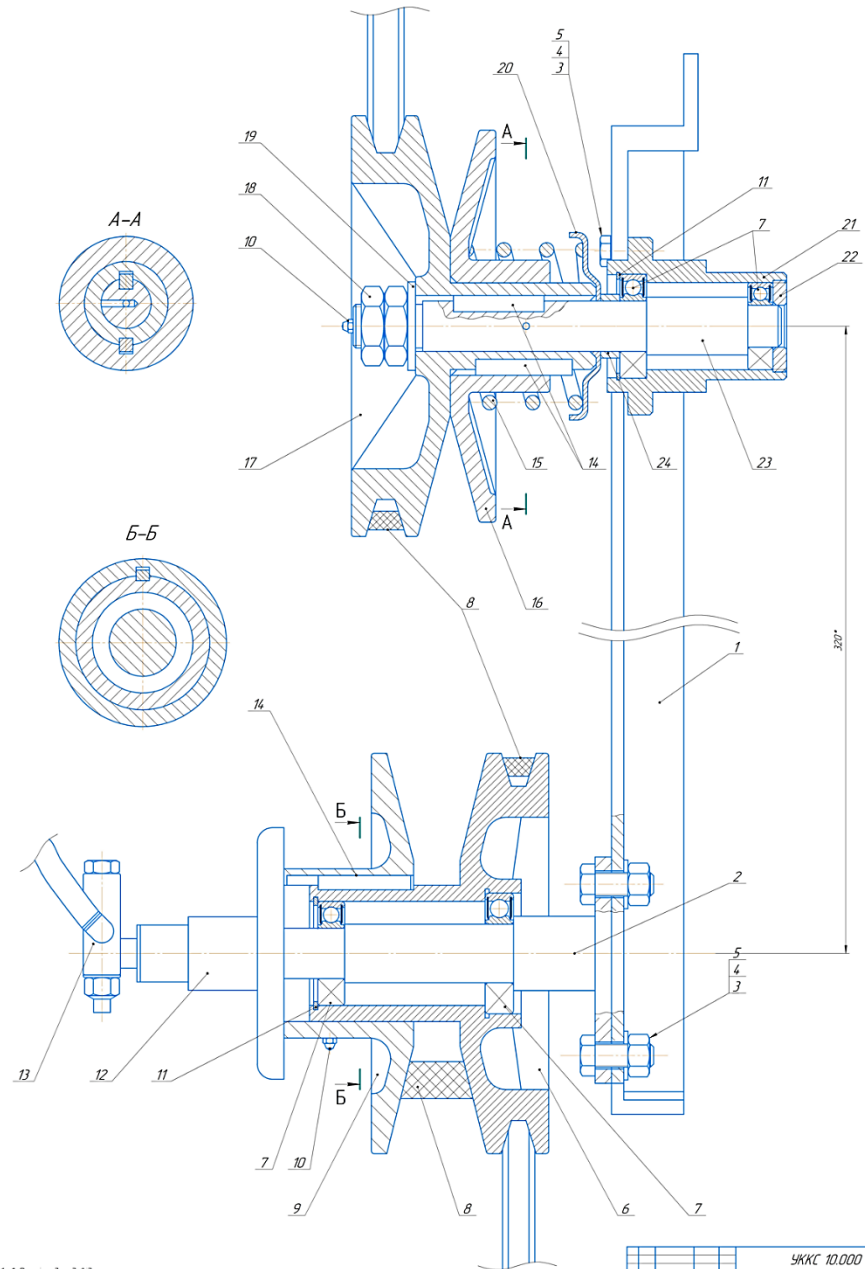


УККС 00.000 С2									
Функциональная									
Схема зерноуборочного									
комбайна									
—									
ЦНТУ									
зр. ГМ-22М-11									
Формат А1									

Позначення:

- 1 – Транспортна дошка; 2 – палецевий підовжувач; 3 – надставка жалюзійна; 4 – верхній решітний стан;
5 – решето верхнє; 6 – підовжувач верхнього решета; 7 – решето нижнє; 8 – шнек колосовий;
9 – шнек зерновий; 10 – нерухомий дефлектор; 11 – крильчатка вентилятора;
12 – перегородка поздовжня; 13 – похила скатна площа

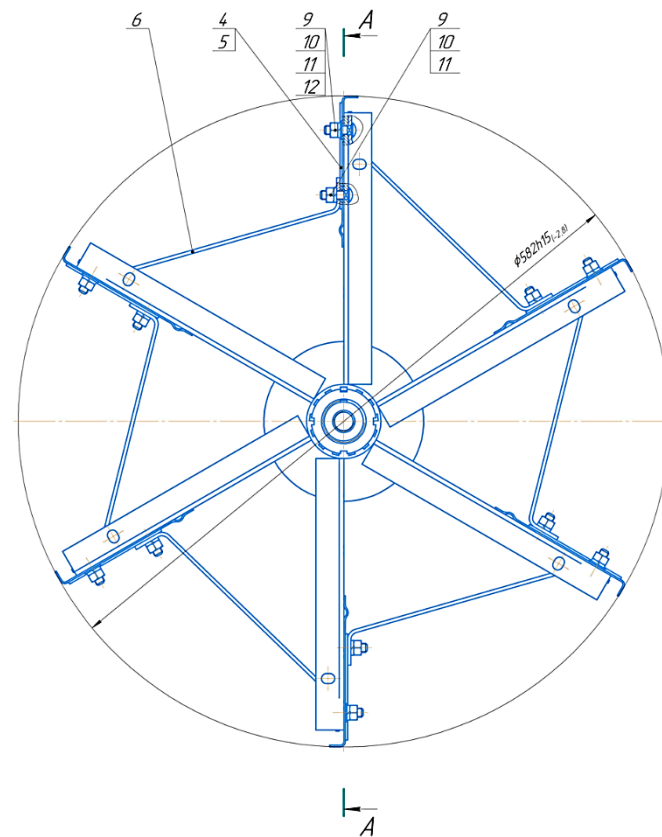
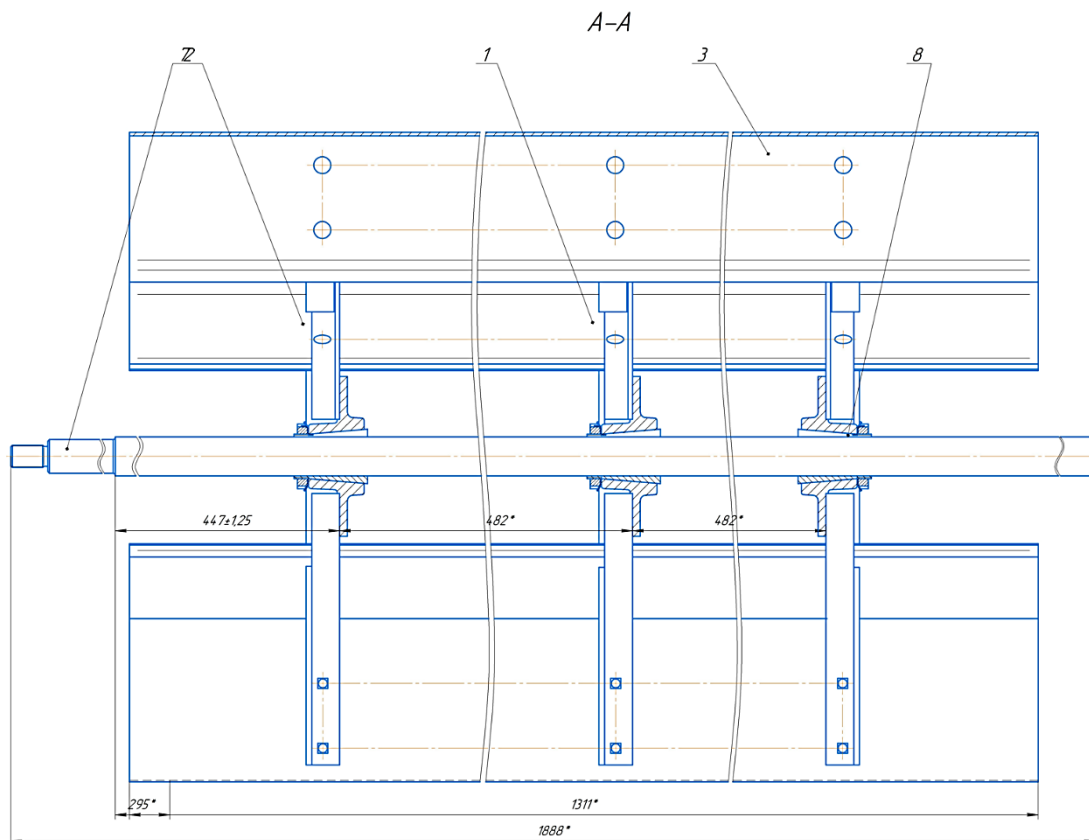
[illegible]



Лист 1 з 1
Лист 2 з 2
Лист 3 з 3
Лист 4 з 4
Лист 5 з 5
Лист 6 з 6
Лист 7 з 7
Лист 8 з 8
Лист 9 з 9
Лист 10 з 10
Лист 11 з 11
Лист 12 з 12
Лист 13 з 13
Лист 14 з 14
Лист 15 з 15
Лист 16 з 16
Лист 17 з 17
Лист 18 з 18
Лист 19 з 19
Лист 20 з 20
Лист 21 з 21
Лист 22 з 22
Лист 23 з 23
Лист 24 з 24
Лист 25 з 25
Лист 26 з 26
Лист 27 з 27
Лист 28 з 28
Лист 29 з 29
Лист 30 з 30
Лист 31 з 31
Лист 32 з 32
Лист 33 з 33
Лист 34 з 34
Лист 35 з 35
Лист 36 з 36
Лист 37 з 37
Лист 38 з 38
Лист 39 з 39
Лист 40 з 40
Лист 41 з 41
Лист 42 з 42
Лист 43 з 43
Лист 44 з 44
Лист 45 з 45
Лист 46 з 46
Лист 47 з 47
Лист 48 з 48
Лист 49 з 49
Лист 50 з 50
Лист 51 з 51
Лист 52 з 52
Лист 53 з 53
Лист 54 з 54
Лист 55 з 55
Лист 56 з 56
Лист 57 з 57
Лист 58 з 58
Лист 59 з 59
Лист 60 з 60
Лист 61 з 61
Лист 62 з 62
Лист 63 з 63
Лист 64 з 64
Лист 65 з 65
Лист 66 з 66
Лист 67 з 67
Лист 68 з 68
Лист 69 з 69
Лист 70 з 70
Лист 71 з 71
Лист 72 з 72
Лист 73 з 73
Лист 74 з 74
Лист 75 з 75
Лист 76 з 76
Лист 77 з 77
Лист 78 з 78
Лист 79 з 79
Лист 80 з 80
Лист 81 з 81
Лист 82 з 82
Лист 83 з 83
Лист 84 з 84
Лист 85 з 85
Лист 86 з 86
Лист 87 з 87
Лист 88 з 88
Лист 89 з 89
Лист 90 з 90
Лист 91 з 91
Лист 92 з 92
Лист 93 з 93
Лист 94 з 94
Лист 95 з 95
Лист 96 з 96
Лист 97 з 97
Лист 98 з 98
Лист 99 з 99
Лист 100 з 100

- 1 - Розміри для довідок.
2. Після складання механізму привода підшипники повинні вільно обертатися.
3. Технічні вимоги за ГОСТ 15467-88.

УАКС 10.000 СБ									
Вид	Матеріал	Маса	Кількість	Всього	Всього	Всього	Всього	Всього	Всього
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						
Вентилятор	Сталь	726	11						



1*Размеры для доводки.
2. Статичный дисбаланс не больше 10,2 г.м.

УККС 20.000 СБ				Лист		Масса	Масштаб
Крылач				426		12	
вентилятора				Лист		Листов	1
—				ЦНТУ		гр. ГМ-22М-11	
Копировать				Формат		А1	

Наукова частина роботи

Фактори та рівні їх варіювання під час експериментального вивчення якості роботи очистки зернозбирального комбайна

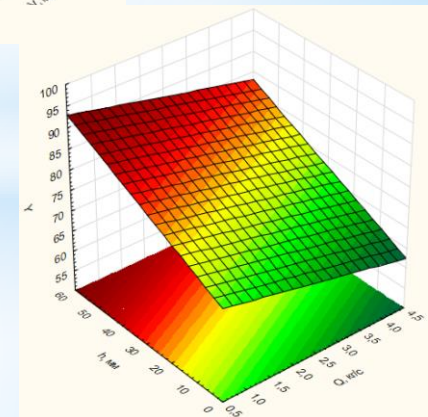
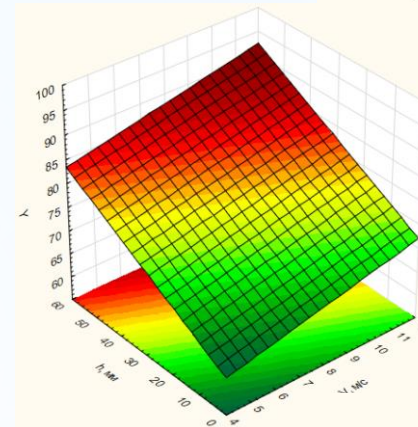
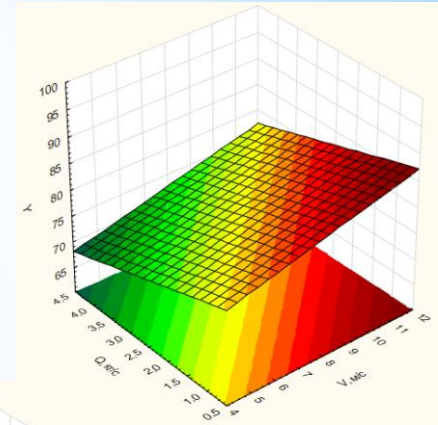
№	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Нижній (-)	Верхній (+)	
1	Швидкість потоку повітря повітряний очистці комбайна V , м/с	x_1	5,0	11,0	3
2	Подача вороху на очистку Q , кг/с	x_2	1,0	4,0	1,5
3	Довжина граблин, що розміщені на пальцевій решітці h , мм.	x_3	5	55	25

Скомпільована системою STATISTICA 12 матриця експериментальних досліджень

	1 V , м/с	2 Q , кг/с	3 h , мм	4 Y
1	5,0	1,0	5,0	66,8
2	11,0	1,0	5,0	75,0
3	5,0	4,0	5,0	62,4
4	11,0	4,0	5,0	72,6
5	5,0	1,0	55,0	88,4
6	11,0	1,0	55,0	95,7
7	5,0	4,0	55,0	79,5
8	11,0	4,0	55,0	81,3

Статистична математична модель впливу обраних факторів на критерій оптимізації

$$Y = 77,712 + 3,437x_1 - 3,762x_2 + 8,512x_3 - 0,437x_1x_2 - 1,162x_1x_3 - 2,062x_2x_3$$



Дякую за увагу!