

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту ”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Сергій ЛЕЩЕНКО

“ ____ “ _____ 20 ____ р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Обґрунтування модернізації комбайна КЗС-9 з дослідженням
роботи подрібнювача соломи»

Виконав здобувач вищої освіти __П__ курсу,
групи ГМ(СМ)-21М(1,9)

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве

машинобудування»

_____ Темченко Олександр Сергійович

« ____ » _____ 20 ____ р.

Керівник проекту

доцент, канд. техн. наук

_____Сергій МОРОЗ

« ____ » _____ 20 ____ р.

Рецензент _____

Станіслав КАТЕРИНИЧ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2023 року

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

_____ Темченка Олександра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

Обґрунтування модернізації комбайна КЗС-9 з дослідженням роботи
подрібнювача соломи

2. Керівник роботи (проекту)

Мороз Сергій Миколайович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 10.05.2023 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) _____

Підвищення ефективності роботи подрібнювача соломи зернозбирального
комбайна

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1–5	Мороз С.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	10.05.2023 р.	
2	Графічна частина	10.05.2023 р.	
3	Захист роботи	23.05.2023 р.	

Дата видачі завдання
« 29 » січня 2023 р.

Підпис керівника

_____ Мороз С.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 29 » січня 2023 р.

Підпис здобувача _____ Темченко О.С.
(прізвище та ініціали)

Перв. примен.		№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание		
		1								
		2			Документация общая					
		3								
		4			Заново розроблена					
Справ. №		5								
		6	A4	ПС 00. 000 ПЗ	Пояснювальна записка	42				
		7	A1	ПС 00. 000 С2	Комбайн зернозбиральний	1				
		8			КЗС-9					
		9								
		10			Документація					
		11			з наукової частини					
		12								
		13			Заново розроблена					
		14								
Підп. и дата		15	A1	ПС 00. 001 НЧ	Сучасний стан машин	1				
		16	A1	ПС 00. 002 НЧ	Мета, задачі, об'єкт та	1				
		17			предмет досліджень					
		18	A1	ПС 00. 003 НЧ	Багатофакторний	1				
И-нв. № д-дл		19			експеримент					
		20	A1	ПС 00. 004 НЧ	Обробка результатів	1				
		21			експерименту					
Взам. инв. №		22								
		23				1				
		24								
Підп. и дата										
И-нв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПС 00. 000 ВП			
		Разраб.	Темченко							
		Пров.	Мороз							
		И.контр.	Мачок							
		Утв.	Лещенко				Відомість роботи	Лит.	Лист	Листов
									1	2
							ЦНТУ гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)			

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
1			Документация			
2			по сборочным единицам			
3						
4			Заново розроблена			
5						
6	A1	ПС 00. 370 СБ	Політніковач	1		
7						
8			Документация по деталям			
9						
10			Заново розроблена			
11						
12	A3	ПС 00. 370. 030. 101	Шків	1		
13	A3	ПС 00. 370. 501	Планка перетиральна	1		
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
		ПС 00. 000 ВП				Лист
						2

И-в. № подл.

Подп. и дата

Взам. инв. №

И-в. № дубл.

Подп. и дата

Изм.

Лист

№ докум.

Подп.

Дата

Копировал

Формат A4

Зміст

	стор.
Вступ.....	6
2. Наукова частина	7
3. Інженерна частина.....	31
4. Охорона праці	36
5. Економічна частина	38
Висновки	39
Список використаної літератури	40

ВСТУП

Сучасне машинобудування з кожним роком нарощує випуск сільськогосподарської техніки. Мова йде не тільки про збільшення кількості машин для аграріїв та моделей серед їх видів. З'являються нові види машин.

Крім того виробники змінили свій підхід при розробці машин. Для них тепер немає основних та другорядних робочих органів. Удосконалюються всі робочі органи. Всім робочим органам приділяється однакова увага. Всі робочі органи повинні забезпечувати високу якість технологічних операцій, що вони виконують. Також вони повинні забезпечувати високу надійність роботи.

Розпад колгоспної системи у сільському господарстві по різному вплинув на подальший розвиток його галузей у різних регіонах України.

Виникнення та розвиток нових фермерських господарств позитивно вплинуло на розвиток рослинництва у всіх регіонах країни. Були залучені та впровадженні нові технології вирощування сільськогосподарських культур. Цьому сприяли не тільки насичення ринку техніки новими та більш якісними машинами, що дозволяють спростити технології вирощування культур та скоротити терміни проведення технологічних операцій. Але нові сорти культур та засоби їх захисту.

На відміну від рослинництва, тваринництво у переважній більшості регіонів занепало, внаслідок великого терміну окупності, високих капітальних витрат та низької рентабельності.

Це негативно вплинуло на забезпечення рослинництва органічними добривами.

Тому виробники збиральної техніки стали приділяти роботі подрібнювачів рослинних решток набагато більше уваги.

					<i>ПС 00. 000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Темченко</i>				<i>Пояснювальна записка</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Мороз</i>						
<i>Н.контр.</i>	<i>Мачокій</i>						
<i>Затв.</i>	<i>Леценко</i>						
						<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>
							<i>Аркушів</i>
							6 34
						<i>ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)</i>	

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Огляд літератури

Відсутність у середніх та дрібних фермерських господарствах тваринництва негативно впливає на насичення ґрунтів органікою, а саме гноєм та перегноєм. Тому єдиним видом органіки, який вони можуть використати для уникнення постійного зниження родючості ґрунтів – це використання решток рослин сільськогосподарських культур.

Першим етапом у внесенні рослинних решток у ґрунт є подрібнення стебел рослин сільськогосподарської культури, що вирощувалася на цьому ж полі.

Подрібнювачі стебел рослин почали використовувати в конструкціях зернозбиральних комбайнів досить давно з середини 60-х та початку 70-х років минулого сторіччя.

Розглянемо різні відомі конструкції та проведемо аналіз їх роботи.

У всіх подрібнювачах рослинних решток зернозбиральних комбайнів використовується технологія опорного різання.

Кожен подрібнювач складається з корпусу, в якому на підшипникових опорах встановлено ротор з ножами та протирізи. Ножі встановлено так, що вони при обертанні ротора проходять між двома сусідніми протирізами.

Одним з найперших є подрібнювач, на валу якого жорстко закріплені ножі (рис. 2.1) [6]. В якості протирізів використовуються сегменти різального апарату з насічками.

Апарат працює наступним чином. Солома сходить з поверхні клавіш соломотрясу та попадає до подрібнювача. Ротор з ножами обертається з великою частотою обертання. Ножу вдаряють по соломі, яка попадає та лягає на протирізи. Ножі своїми лезами перерізають стебла рослин на шматки.

Для забезпечення динамічного балансу ротора на одному кронштейні встановлено два ножі, що мають діаметрально протилежне розташування.

					ПС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7



Здовж осі ротора кронштейни ножів мають кутове зміщення 60° . Таким чином зменшено одночасне навантаження на ножі й протирізи та опір обертанню ротора. Окрім того леза ножів мають двохсторонню заточку для заміни у випадках їх зношення.



Рис. 2.2. Ротор подрібнювача соломи ПУН-5

Недоліком конструкції є низька якість дотримання вимог щодо довжини подрібнених решток через велику відстань між ножами одного ряду,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ПС 00.000 ПЗ

Арк.

8

що призводить до частого забивання апарата рештками, його зупинці та деформації чи поломці ножів й сегментів.

Для усунення вказаних недоліків та зменшення довжини подрібнених часток стали використовувати шарнірно закріплені ножі.

Так в комбайнах Дон–1500 відстань між ножами ротора скоротили за рахунок їх розташування не в 6 рядів, а в 4. Застосування цих змін дозволило збільшити довжину різання через відхилення ножа відносно власної осі та зменшити довжину подрібнених часток внаслідок зменшення відстані між ножами [3].



Рис. 2.3. Ротор подрібнювача соломи комбайна Дон–1500

До недоліків слід віднести П–подібну форму ножа [4].



Рис. 2.4. Ніж подрібнювача соломи комбайна Дон–1500

Відсутність леза на його робочій поверхні призводило не до перерізання стебел рослин вздовж їх довжини на шматки, а до зминання, протягування та накопичення їх на ножах. Таким чином подрібнювачі часто забивалися неподрібненою соломою.

На відміну від подрібнювача, зі встановленими на роторі ножів з П–подібною формою, пристрій для подрібнення рослинних решток на роторі якого шарнірно встановлені плоскі ножі з двохсторонню заточкою забезпечує

потрібну довжину подрібнених часток стебел сільськогосподарських рослин. Крім того встановлення в кожному кронштейні ротора не одного ножа, а двох [5] дозволяє значно підвищити якість подрібнення соломистої маси, зменшити навантаження на один ніж та збільшити роботоздатність всіх ножів загалом.



Рис. 2.5. Подрібнювач соломи комбайна КЗС–9 Славутич [5]

Подрібнювачі рослинних решток, що використовувалися на зернозбиральних комбайнах компанії JOHN DEERE пройшли досить значну еволюцію та втілилися від найпростішої конструкції до сучасних систем подрібнення соломи: DELUXE [6], INTERMEDIATE [6], PREMIUM [6], FINE CUT [7–8] та EXTRA FINE CUT [7–8].

Різниця в конструкціях систем полягає у кількості встановлених протирізів, ножів на роторі, частоти його обертання та способі регулювання довжини протирізів.

В залежності від продуктивності зернозбирального комбайна, на роторах систем DELUXE, INTERMEDIATE та PREMIUM може встановлюватися 44 або 100 спарених ножів [6] (табл. 2.1).

У системі DELUXE спарені ножі розміщено на роторі в чотири ряди. Кронштейни спарених ножів розставлено на поверхні ротора по гвинтовій

лінії. Протирізи розставлені рівномірно вздовж довжини камери подрібнювача.

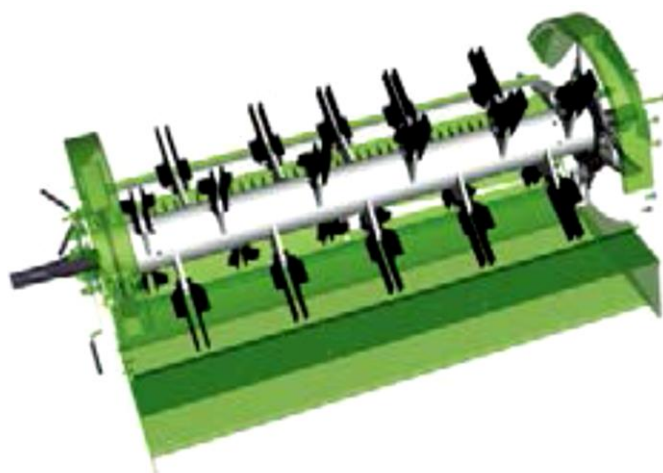


Рис. 2.6. Система DELUXE [6]

Перехід від однієї до іншої швидкості подрібнення соломи здійснюється вручну.

У системах INTERMEDIATE та PREMIUM протирізи встановлені посередині між кронштейнами кожної пари ножів. Спарені ножі розміщено на роторі в чотири ряди. Кронштейни спарених ножів розставлено на поверхні ротора по гвинтовій лінії [6].

Зміна швидкості подрібнення соломи також здійснюється вручну.

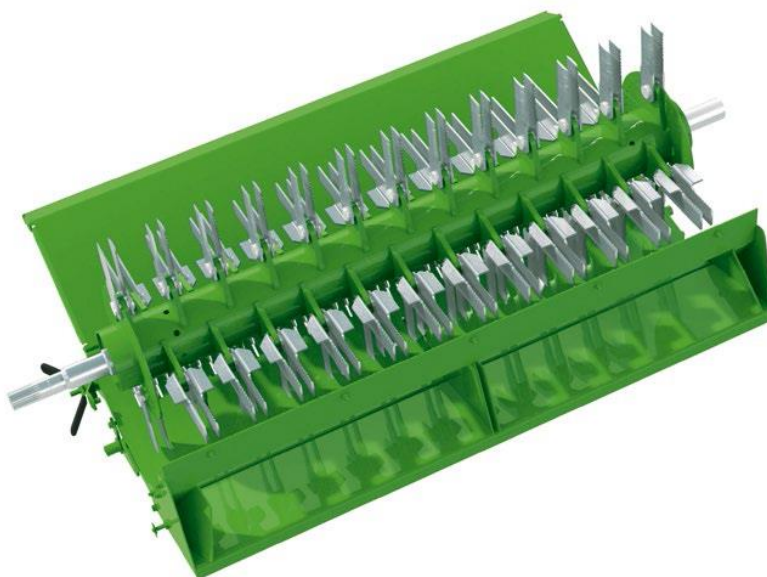


Рис. 2.7. Системи INTERMEDIATE та PREMIUM [7]

Таблиця 2.1

Технічні характеристики систем подрібнення соломи

	DELUXE	INTERMEDIATE	PREMIUM
Подрібнення соломи	Тонка нарізка	Надзвичайно дрібна нарізка	
Кількість ножів/протиризів	44/44	100/49	
Частота обертання, хв ⁻¹	2500/3000		
Електронне регулювання положення передньої стінки	—	+	
Power Cast	+	—	
Advanced Power Cast	—	+	
Відбійник солом'яної гірки	—		+



Рис. 2.8. Схема подрібнення та виведення соломи з комбайна

Як видно з таблиці системи відрізняються одна від інших також використанням: електронне регулювання положення заднього борта Power Cast, Advanced Power Cast та відбійник солом'яної гірки.

Система DELUXE має меншу вагу в порівнянні до подрібнювачів преміум-класу та споживає менше потужності внаслідок відсутності відбійного бітера.

На відмінну від систем DELUXE та INTERMEDIATE PREMIUM має:

- систему Chop to Drop для перемикання з подрібнення соломи на скидання у валок;
- овершотовий бітер;
- центральний роздільник розкидача Active Power Cast (APC) для рівномірного розподілу матеріалу здійснює маятниковий рух.

На сучасних високопродуктивних зернозбиральних комбайнах замість систем DELUXE, INTERMEDIATE та PREMIUM використовуються нові системи подрібнення рослинних решток FINE CUT та EXTRA FINE CUT [7–8].

На зернозбиральних комбайнах з меншою продуктивністю на роторі системи FINE CUT може встановлюватися у шість рядів 68 або 88 ножів. Частота обертання ротора при збиранні всіх культур, окрім кукурудзи, становить 2400 хв^{-1} [7–8].

На зернозбиральних комбайнах з великою продуктивністю на роторі системи EXTRA FINE CUT у шість рядів встановлюється 124 ножі. Частота обертання ротора при збиранні всіх культур, окрім кукурудзи, становить 3000 хв^{-1} [7–8].

При збиранні кукурудзи для обох систем необхідно знизити частоту обертання ротора до 1600 хв^{-1} [7–8].



Рис. 2.9. Низько енергетичний ніж подрібнювача систем FINE CUT та EXTRA FINE CUT [7–8]

На відміну від систем DELUXE, INTERMEDIATE та PREMIUM в системах FINE CUT та EXTRA FINE CUT використовуються протирізи зі змінною довжиною леза [7–8].

Інший лідер світового сільськогосподарського машинобудування компанія CLAAS постачає на світовий ринок сільськогосподарської техніки зернозбиральні комбайни з кількома видами систем подрібнення соломи.

Найпростішою з них є STANDARD CUT [9].



Рис. 2.10. Подрібнювач соломи STANDARD CUT

У передній верхній частині корпусу системи встановлено ніж 1. У боковинах корпусу на підшипниках кочення встановлено ротор 2, на якому шарнірно закріплені ножі 3. Нижче ножа 1 встановлено протирізи 5. Ще далі на днищі корпусу встановлено перетиральну планку 4.

Ніж 1 використовується для обмеження об'єму соломи, що захоплюється ножами 3 та подається до протирізів 5. Зазор між ножем 1 та ножами 3 регулюється за допомогою виготовленими в ньому пазів. Ножі ротора 3 мають двосторонню заточку для швидкого переустановлення у випадку затуплення робочого леза. Для регулювання положення протирізів 5

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ПС 00.000 ПЗ

Арк.

14

в корпусі виготовленні щілини. Для кращого подрібнення та руйнування часток у поздовжньому напрямі використовується перетиральна планка 4.

Зміною довжини протирізів 5 здійснюють регулювання ступень подрібнення соломи. Він має пряму залежність від довжини протирізів 5.

На більш продуктивних комбайнах встановлюється подрібнювач соломи системи SPECIAL CUT [10].



Рис. 2.11. Подрібнювач соломи SPECIAL CUT

Подрібнювач соломи системи SPECIAL CUT складається з корпусу, в якому встановлені:

- поперечний ніж 1;
- ротор 2, з шарнірно закріпленими ножами 3;
- днище 4;
- поворотний сектор 5;
- протирізи 6.

Відмінності подрібнювача соломи системи SPECIAL CUT від STANDARD CUT:

- застосовано поворотний механізм протирізів 6;
- замість перетиральної планки 4 (рис. 2.10) застосовується поворотний сектор 5;
- днище 4 – окремий елемент системи.

У середині поворотного сектору 5 біля переднього краю встановлено вісь, яка дозволяє підводити чи відводити від подрібнювальних ножів 3 його задній край.

Удосконалена конструкція подрібнювача соломи дозволяє підвищити не тільки якість подрібнення рослинних решток, але й збільшити руйнування отриманих часток. Це покращує їх переробку бактеріями та мікроорганізмами після загортання у ґрунт.

Працює подрібнювач соломи подібно до попереднього пристрою.

Система подрібнення соломи SPECIAL CUT II [11].

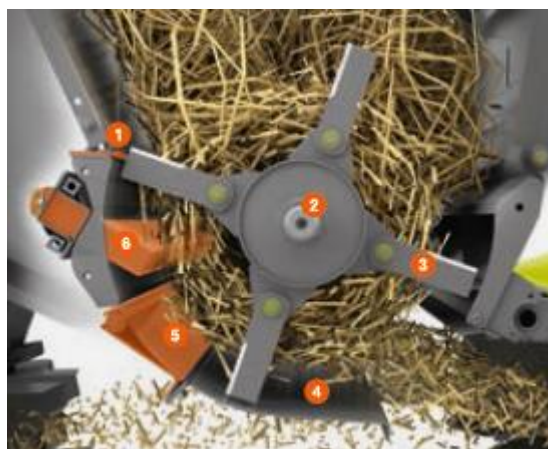


Рис. 2.12. Система SPECIAL CUT II

Конструкція подрібнювача соломи цієї системи подібна конструкції подрібнювача соломи попередньої системи.

Відмінності подрібнювача соломи системи SPECIAL CUT II від подрібнювача соломи системи SPECIAL CUT:

- механічне регулювання повороту протирізів 6;
- перетиральне днище 4.

Ці зміни дозволяють зменшити як витрати ручної праці, так і час на проведення регулювання ступеню подрібнення соломи.

Працює подрібнювач подібно до попередніх пристроїв.

До системи подрібнення соломи SEMOS AUTO CHOPPING входять [11]:

датчики вологості соломи в похилій камері
 комп'ютер управління комбайном
 подрібнювач соломи SPECIAL CUT II
 гідросистема керування подрібнювач соломи SPECIAL CUT II.



Рис. 2.13. Подрібнювач соломи системи SPECIAL CUT II з гідросистемою його керування



Рис. 2.14. Загальна схема системи подрібнення соломи CEMOS AUTO CHOPPING

У комбайнах MASSEY FERGUSON всіх серій встановлюються подрібнювачі соломи з роторами, на яких розташовані у 6 рядів спарені шарнірно закріплені з двосторонньо загостреними лезами із зазубринами ножі [12]. Протирізи також мають регулювання довжини різання. Днище подрібнювача має подібну форму поверхні як і у подрібнювача соломи системи SPECIAL CUT II.



Рис. 2.15. Система подрібнення соломи CEMOS AUTO CHOPPING

На підставі проведеного аналізу конструкцій подрібнювачів соломи зернозбиральних комбайнів робимо наступні висновки:

якість подрібнення соломи залежить від конструкції подрібнювача;
 застосування на роторах шарнірно закріплених ножів дозволяє покращити процес подрібнення стебел рослин внаслідок заміни різання рубання різанням ковзанням. Відхилення ножів під час різання від поздовжньої осі дозволяє збільшити довжину різання;
 застосування додаткових деталей в конструкції подрібнювача дозволяє покращити якість подрібнення рослинних решток внаслідок збільшення в подрібненій масі часток, довжина яких відповідає агротехнічним вимогам;
 від місця встановлення протирізальних ножів залежать витрати енергії на привід ротора подрібнювача. Витрати енергії на подрібнення соломи мають пряму залежність від відстані входу до камери подрібнювача до місця встановлення протирізів, при збільшенні відстані – витрати енергії зростають.

2.2. Постановка мети і задач досліджень

Проведений аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів соломи зернозбиральних комбайнів дозволив визначити напрямки удосконалення цього пристрою.

Проведемо дослідження якості роботи подрібнювача незернової частини врожаю зернозбирального комбайна.

Мета дослідження: підвищення якості роботи зернозбирального комбайна.

Об'єкт дослідження: процес подрібнення незернової частини врожаю подрібнювачем соломи зернозбирального комбайна.

Предмет дослідження: закономірності впливу конструктивних та технологічних параметрів подрібнювача незернової частини врожаю зернозбирального комбайна на якість його роботи.

Задачі досліджень:

- провести аналіз впливу конструкцій подрібнювача соломи зернозбирального комбайна на якість його роботи;
- встановити вплив конструктивних та технологічних параметрів подрібнювача соломи зернозбирального комбайна на якісні показники його роботи при його роботі.

2.3. Організація проведення експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводилися на полях фермерського господарства під час яких застосовувався однофазний спосіб збирання врожаю озимої пшениці комбайном КЗС–9. Конструкція його подрібнювача незернової частини врожаю виконана так, щоб її можна було змінювати одночасно з режимами його роботи.

Перед початком роботи комбайна для проведення експериментальних досліджень потрібно провести відповідні

налаштування, що стосуються робочого органу, якісні показники якого будуть досліджуватися. А саме:

- провести налаштування робочих органів, що проводяться при непрацюючому двигуні зернозбирального комбайна

- завести двигун комбайна та увімкнути всі робочі органи комбайна, включно з подрібнювачем незернової частини врожаю без навантаження вхолосту;

- здійснити основні регулювання, зокрема й подрібнювача незернової частини;

- здійснити пробний прохід. Після оцінювання якості його роботи, провести корегування налаштувань систем комбайна, якість яких не задовольняють вимоги до його роботи.

Експериментальні дослідження проводилися з триразовою повторюваністю. Для опрацювання результатів досліджень застосовували загальноприйняту стандартну методику з використанням планування багатofакторного експерименту. Для обробки результатів експериментальних досліджень використовували систему прикладних програм STATISTICA 10 [13], результати наведені далі.

2.4. Програма досліджень. Вибір факторів, що варіюються

Програма експериментальних досліджень передбачає встановлення якості подрібнення незернової частини врожаю зерно–бобових культур в залежності від конструктивних та технологічних параметрів:

- висоти перетиральної планки h , мм;
- подачі стеблової маси до подрібнювача q , кг/с;
- частоти обертання ротора подрібнювача n , хв⁻¹.

Кодування факторів

Кодування значень факторів проводимо за стандартною методикою, яка передбачає позначення їх прописними літерами x .

					ПС 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Зв'язок між кодovими і натуральними значеннями факторів встановлює залежність [13]:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2.1)$$

де x_i ; X_i – відповідно кодове та натуральне значення i -го фактору;

X_{i0} – натуральне значення i -го фактору на нульовому рівні;

ΔX_i – інтервал варіювання i -го фактору.

В результаті, кодові значення факторів становитимуть: «+1» – для верхнього, «0» – для нульового і «-1» – для нижнього рівнів, їх ще позначають як «+», «0» і «-» (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Умови проведення дослідів та варіювання факторів

Фактори	Позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання		
			верхній	нульовий	нижній
Висота перетиральної планки h , мм	x_1	5	20	15	10
Подача стеблової маси до подрібнювача q , кг/с	x_2	1	11	10	9
Частота обертання ротора подрібнювача n , хв ⁻¹	x_3	300	1500	1200	900

Нульовий рівень займає центр інтервалу варіювання (середнє значення фактору).

Складання плану–матриці експерименту

План–матриця трифакторного експерименту передбачає проведення восьми дослідів ($n=2^3=8$) і має наступний вигляд (табл. 2.2) [13].

Призначення рівнів варіювання факторів базується на даних, які були отримані на основі проведення пошукових дослідів і з урахуванням необхідних параметрів роботи подрібнювача соломи зернозбирального комбайна.

План–матриця ПФЕ 2³

Номер досліджу	Значення кодових факторів		
	x_1	x_2	x_3
1	–1	–1	–1
2	+1	–1	–1
3	–1	+1	–1
4	+1	+1	–1
5	–1	–1	+1
6	+1	–1	+1
7	–1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Планування факторного експерименту проводимо в наступній для неповного квадратичного рівняння регресії вигляду [13]:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (2.2)$$

Обробка результатів багатофакторного експерименту полягає у перевірці відтворюваності дослідів, перевірці адекватності моделі та оцінці значущості коефіцієнтів регресії.

2.5. Результати проведення факторного експерименту

Згідно складеної робочої матриці проводимо експерименти з трикратною повторністю. Значення параметра оптимізації, отриманого в кожному досліді, записуємо в таблицю 2.3.

Визначаємо дисперсії результатів дослідів [13]:

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{Ui} - \bar{Y}_{Ui})^2, \quad (2.3)$$

де m_0 – кількість повторів кожного досліді;

Таблиця 2.3

Результати проведення експериментальних дослідів

Рандомізація	Точка плану і номер дослідів	Значення кодових факторів			Повторності			Середньо- арифметичне значення $\bar{Y}_i$, %
		x_1	x_2	x_3	1	2	3	
5	1	-1	-1	-1	84	88	88	86
2	2	+1	-1	-1	78	85	80	81
7	3	-1	+1	-1	73	73	76	74
1	4	+1	+1	-1	70	68	75	71
4	5	-1	-1	+1	95	95	98	96
6	6	+1	-1	+1	90	90	93	91
8	7	-1	+1	+1	85	88	88	87
3	8	+1	+1	+1	86	87	82	85

i – номер повторності;

Y_{Ui} – значення вихідного параметру у i -й повторності;

$\bar{Y}_U$ – середнє значення вихідного параметру у U -му досліді;

$$S_{u1}^2 = \frac{(84 - 86)^2 + (88 - 86)^2 + (88 - 86)^2}{3 - 1} = 6;$$

$$S_{u2}^2 = \frac{(78 - 81)^2 + (85 - 81)^2 + (80 - 81)^2}{3 - 1} = 13;$$

$$S_{u3}^2 = \frac{(73 - 74)^2 + (73 - 74)^2 + (76 - 74)^2}{3 - 1} = 3;$$

$$S_{u4}^2 = \frac{(70 - 71)^2 + (68 - 71)^2 + (75 - 71)^2}{3 - 1} = 13;$$

$$S_{u5}^2 = \frac{(95 - 96)^2 + (95 - 96)^2 + (98 - 96)^2}{3 - 1} = 3;$$

$$S_{u6}^2 = \frac{(90-91)^2 + (90-91)^2 + (93-91)^2}{3-1} = 3;$$

$$S_{u7}^2 = \frac{(85-87)^2 + (88-87)^2 + (88-87)^2}{3-1} = 3;$$

$$S_{u8}^2 = \frac{(86-85)^2 + (87-85)^2 + (82-85)^2}{3-1} = 7.$$

Визначаємо дисперсію відтворюваності (помилка досліду) [13]:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2; \quad (2.4)$$

$$S_y^2 = \frac{1}{8} (6 + 13 + 3 + 13 + 3 + 3 + 3 + 7) = 6,375.$$

Перевіряємо відтворюваність дослідів за умови [13]:

$$G = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2} \leq G(0,05; n; f_u), \quad (2.5)$$

де S_u^2 – дисперсія, що характеризує розсіювання результатів в u -му досліді;

$S_{u\max}^2$ – найбільша із дисперсій;

$$G = \frac{13}{6 + 13 + 3 + 13 + 3 + 3 + 3 + 7} = 0,2549.$$

Умова виконується, оскільки:

$$G = 0,2549 \leq G(0,05; 8; 2) = 0,5157.$$

Тоді приходимо до висновку, що процес відтворюваний.

Коефіцієнти математичної моделі визначаємо за формулами [13]:

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n y_{Ucep} \\ b_i &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} y_{Ucep} \\ b_{ij} &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} y_{Ucep} \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

де x_{iu} – значення i -го кодового фактору в рядку матриці в u -му досліді;
 x_{ju} – значення j -го кодового фактору в рядку матриці в u -му досліді;

$$b_0 = \frac{1}{8}(86 + 81 + 74 + 71 + 96 + 91 + 87 + 85) = 83,875;$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(-86 + 81 - 74 + 71 - 96 + 91 - 87 + 85) = -1,875;$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(-86 - 81 + 74 + 71 - 96 - 91 + 87 + 85) = -4,625;$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(-86 - 81 - 74 - 71 + 96 + 91 + 87 + 85) = 5,875;$$

$$b_{12} = \frac{1}{8}(86 - 81 - 74 + 71 + 96 - 91 - 87 + 85) = 0,625;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8}(86 - 81 + 74 - 71 - 96 + 91 - 87 + 85) = 0,125;$$

$$b_{23} = \frac{1}{8}(86 + 81 - 74 - 71 - 96 - 91 + 87 + 85) = 0,875;$$

$$b_{123} = \frac{1}{8}(-86 + 81 + 74 - 71 + 96 - 91 - 87 + 85) = 0,125.$$

Рівняння регресії матиме вигляд:

$$y = 83,875 - 1,875x_1 - 4,625x_2 + 5,875x_3 + 0,625x_1x_2 + 0,125x_1x_3 + 0,875x_2x_3 + 0,125x_1x_2x_3.$$

Перевірка адекватності проводиться за критерієм Фішера F [13]:

$$F^P = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} \leq F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (2.7)$$

де F^P – розрахункове значення коефіцієнту Фішера;

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – табличне значення коефіцієнту Фішера для 5%-го рівня значущості;

f_{ad} – число ступенів вільності дисперсії адекватності;

f_y – число ступенів вільності дисперсії відтворення;

S_y^2 – дисперсія відтворюваності дослідів;

S_{ad}^2 – дисперсія адекватності

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \cdot \sum_{U=1}^n (Y_{Ui} - \bar{Y}_{Ui})^2. \quad (2.8)$$

де Y_{Ui} – розрахункове значення відгуку в i -му досліді, яке визначається шляхом підстановки знайдених коефіцієнтів до лінійної частини обраного поліному:

$$Y_{u1} = 83,875 - 1,875(-1) - 4,625(-1) + 5,875(-1) = 84,5;$$

$$Y_{u2} = 83,875 - 1,875(+1) - 4,625(-1) + 5,875(-1) = 80,75;$$

$$Y_{u3} = 83,875 - 1,875(-1) - 4,625(+1) + 5,875(-1) = 75,25;$$

$$Y_{u4} = 83,875 - 1,875(-1) - 4,625(1) + 5,875(-1) = 71,5;$$

$$Y_{u5} = 83,875 - 1,875(-1) - 4,625(-1) + 5,875(1) = 96,25;$$

$$Y_{u6} = 83,875 - 1,875(+1) - 4,625(-1) + 5,875(+1) = 92,5;$$

$$Y_{u7} = 83,875 - 1,875(-1) - 4,625(+1) + 5,875(+1) = 87;$$

$$Y_{u8} = 83,875 - 1,875(+1) - 4,625(+1) + 5,875(+1) = 83,25;$$

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{8 - 3 - 1} \left((84,5 - 86)^2 + (80,75 - 81)^2 + (75,25 - 74)^2 + (71,5 - 71)^2 + (96,25 - 96)^2 + (92,5 - 91)^2 + (87 - 87)^2 + (83,25 - 85)^2 \right) = 2,313$$

Число ступенів вільності дисперсії відтворення розраховується як [13]:

$$f_y = n(m_0 - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16.$$

Число ступенів вільності дисперсії адекватності розраховується як:

$$f_{ad} = n - k - 1 = 8 - 3 - 1 = 4.$$

Тоді:

$$F^P = \frac{2,313}{6,375} = 0,3628 \leq F(0,05; 4; 16) = 3,11.$$

– отже отримане рівняння адекватне.

Визначення значущості коефіцієнтів регресії проводиться за критерієм Стюдента. Коефіцієнт вважається значущим, якщо виконується умова [13]:

$$|b_a| \geq \Delta b_a, \quad (2.9)$$

де $|b_a|$ – розраховані коефіцієнти поліному;
 Δb_a – довірча границя.

Довірчу границю визначимо за рівнянням [13]:

$$\Delta b_a = t(0,05; f_y) \sqrt{\frac{S_y^2}{n}}, \quad (2.10)$$

де $t(0,05; f_y) = 2,1$ – коефіцієнт Стюдента при 5%-му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності $f_y = 16$ [13].

Таким чином довірча границя становить:

$$\Delta b_a = 2,1 \cdot \sqrt{\frac{6,375}{8}} = 1,875.$$

Порівнявши з довірчою границею дослідні коефіцієнти рівняння регресії, робимо висновок, що коефіцієнти $b_1 = -1,875$, $b_2 = -4,625$ та $b_3 = 5,875$ є значущими, а сумісною дією факторів x_2 та $x_1x_2x_3x_4$ можна знехтувати та не брати до уваги [13].

Таким чином рівняння регресії матиме наступний вигляд

$$y = 83,875 - 1,875x_1 - 4,625x_2 + 5,875x_3.$$

Для наочності та статистичного аналізу були проведені розрахунки у програмі STATISTICA [13]. Результати наведені в рисунках нижче. Вони дозволяють візуально оцінити взаємний вплив чинників на якість подрібнення незернової частини врожаю.

Як видно з графіку (рис. 2.17) збільшення висоти перетиральної планки та подачі незернової частини врожаю до подрібнювача зменшують кількість часток, довжина яких відповідає агротехнічним вимогам. Збільшення подачі збільшує кількість стебел, призводить до збільшення довжини різання лезами молотків ротора подрібнювача. Збільшення висоти

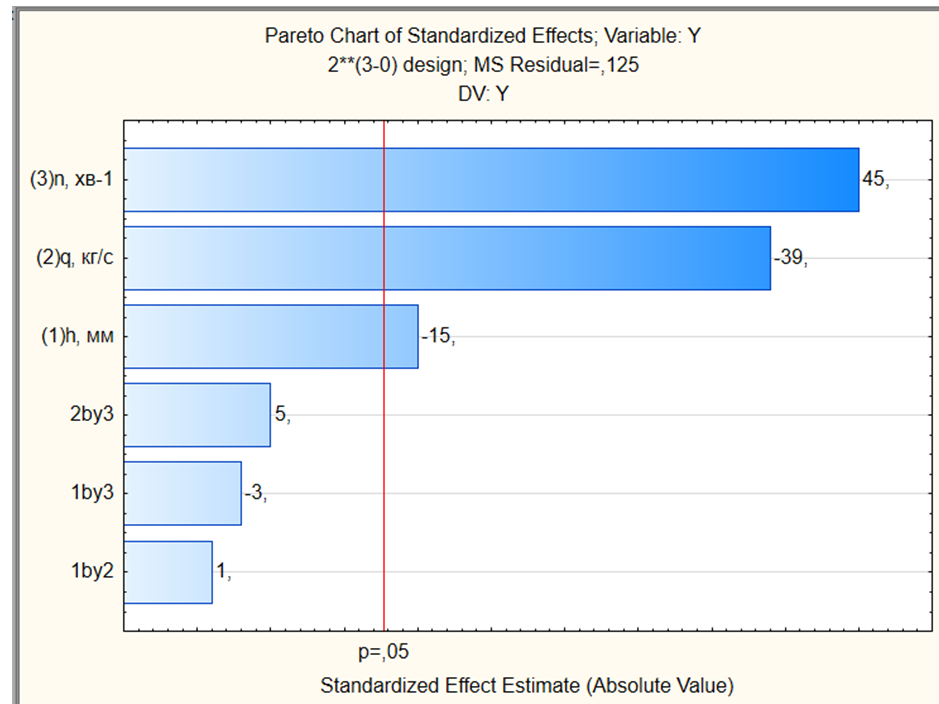


Рис. 2.16. Парето карта результатів дослідження Y

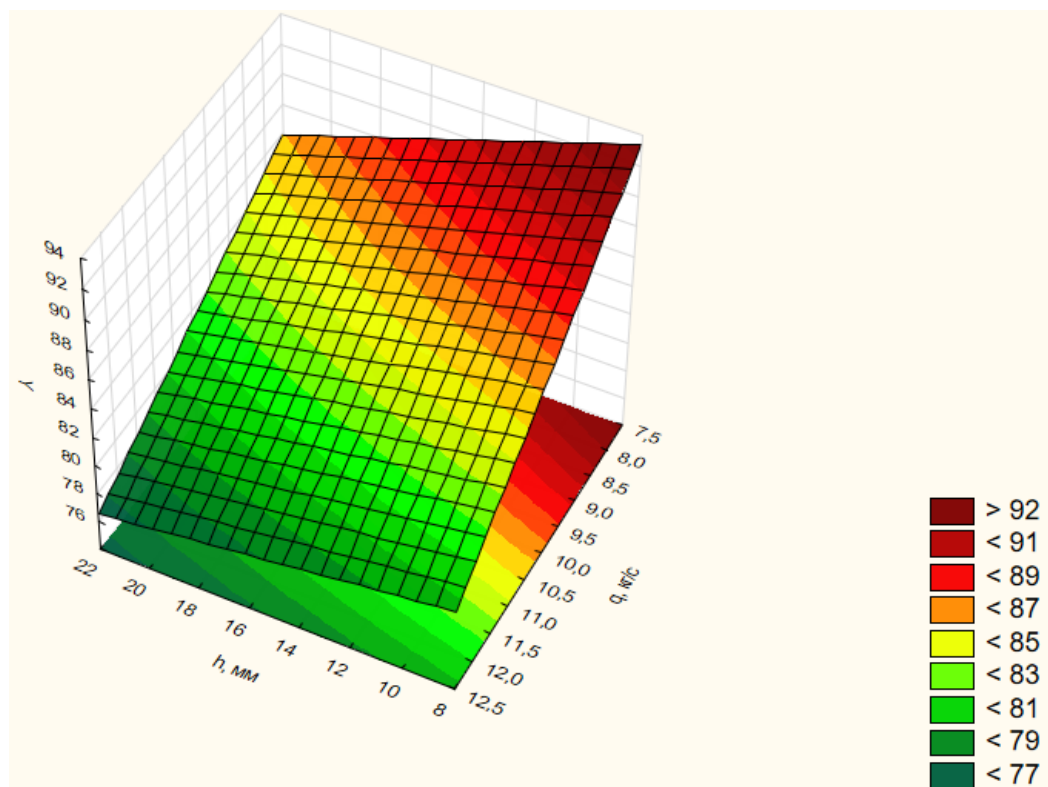


Рис. 2.17. Поверхні відгуку та графіки ліній рівного виходу результатів дослідження $Y=f(x_1x_2)$

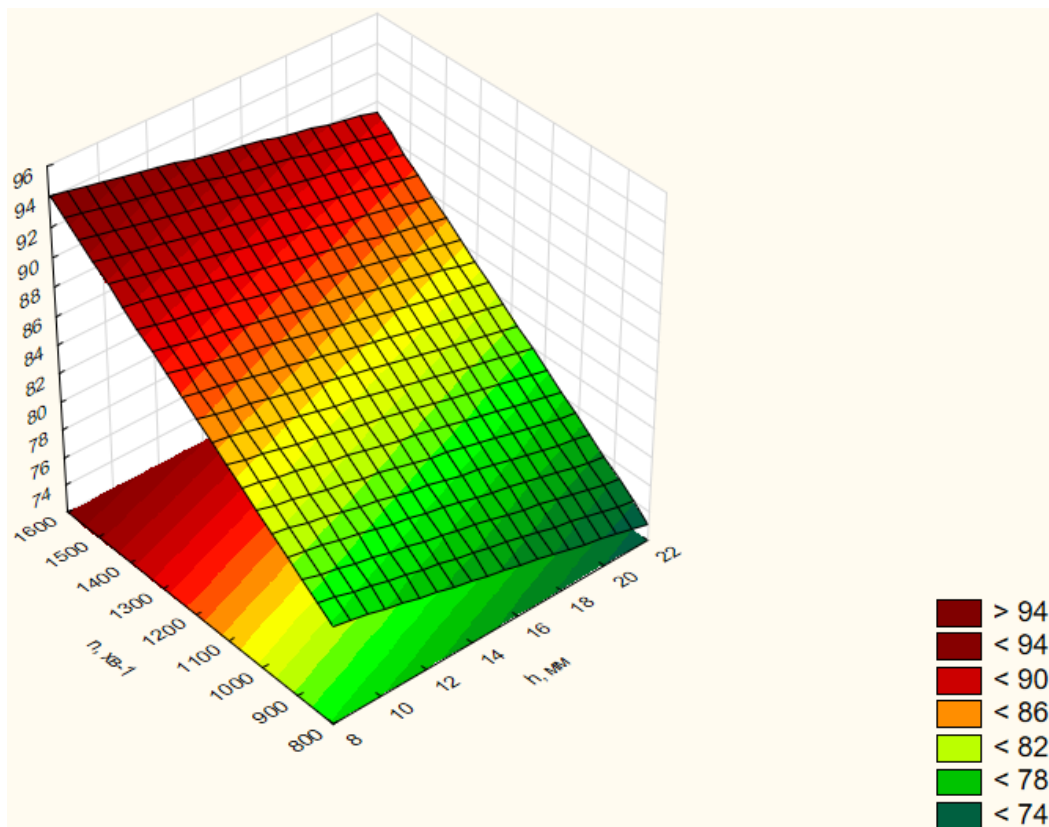


Рис. 2.18. Поверхні відгуку та графіки ліній рівного виходу результатів дослідження $Y=f(x_1x_3)$

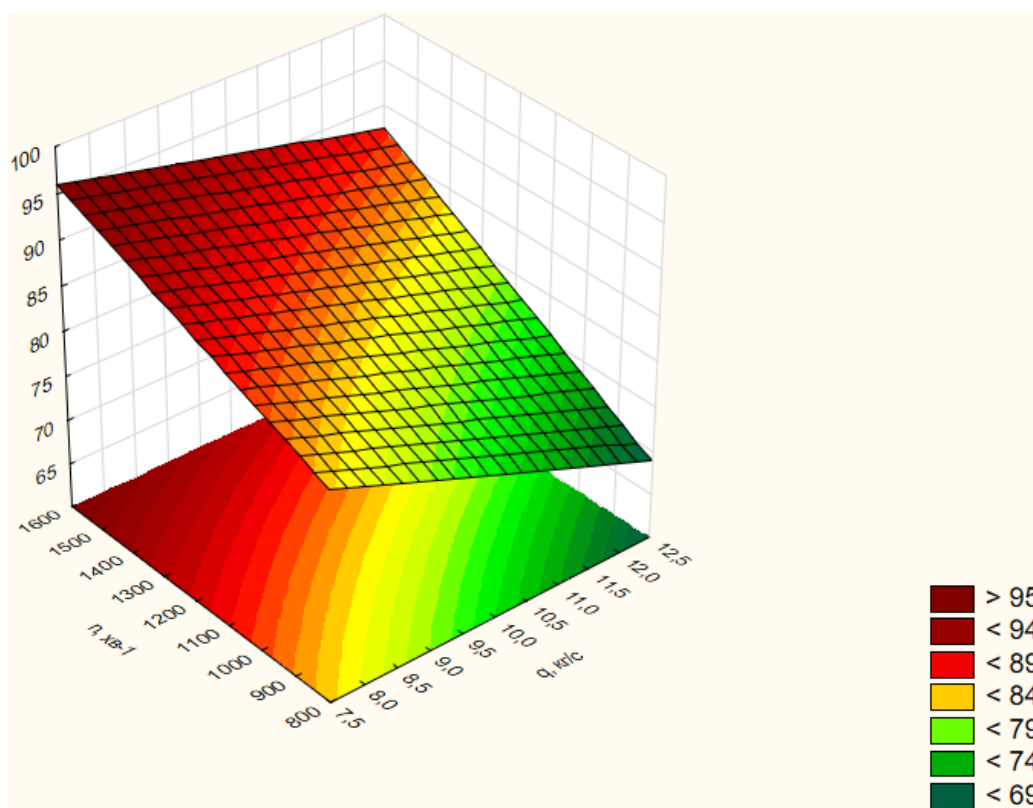


Рис. 2.19. Поверхні відгуку та графіки ліній рівного виходу результатів дослідження $Y=f(x_2x_3)$

перетиральної планки збільшую кількість часток, що попадають на повторне подрібнення молотками. Тобто відбувається накопичення маси між протирізами та планкою. Це не сприяє подрібненню, оскільки молотки не перебивають стебла, а тільки їх зминають.

Однак збільшення частоти обертання ротора дозволяє забезпечити отримання значень якості подрібнення рослинних решток з дотриманням агротехнічних вимог до роботи подрібнювача незернової частини врожаю зернозбирального комбайна:

Парето карта (рис. 2.16) показують, що всі три чинники впливають на якість подрібнення незернової частини врожаю.

Висновки по розділу

Проведені експериментальні дослідження дозволяють встановити, що на якість подрібнення незернової частини врожаю впливають всі три досліджувані параметри. Найбільше впливає частота обертання ротора подрібнювача, від якої прямо залежить якість подрібнення. В той же час збільшення висоти перетиральної планки та подачі незернової частини врожаю на подрібнення зменшують якісні показники.

При цьому збільшення висоти перетиральної планки збільшує кількість зруйнованих по довжині подрібнених часток.

3. ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ

3.1. Вибір ширини захвату жатки. Розрахунок завантаження комбайна

Робоча ширина захвату жатки визначається пропускною здатністю q молотарки комбайна, його середньою робочою швидкістю $v_{мсер}$, середньою врожайністю збираної культури Q і співвідношенням між зерном і соломою в хлібній масі ($3:C$). Для забезпечення максимального завантаження молотарки середня робоча швидкість комбайна має бути рівна [14–16]:

$$v_{мсер} = \frac{v \cdot q}{Q \cdot B}, \quad (3.1)$$

де B – ширина захвату жатки, м;

q – пропускна здатність молотарки комбайна, кг/с;

Q – середня врожайність збираної культури, кг/м²;

$v_{мсер}$ – середня робоча швидкість комбайна, м/с;

v – коефіцієнт, який визначає вміст зерна в хлібній масі і визначається за співвідношенням:

$$v = \frac{3}{3 + C}. \quad (3.2)$$

$$\text{При } 3:C=1:1,5 \quad v = \frac{1}{1+1,5} = 0,4.$$

Так, при середній врожайності $Q=0,50$ кг/м² (50 ц/га), $3:C=1:1,5$ ($v=0,4$) та ширини захвату жатки $B=6$ м і пропускної здатності молотарки $q=9$ кг/с необхідна ширина захвату жатки

$$v_{мсер} = \frac{0,4 \cdot 9}{0,5 \cdot 6} = 1,2 \text{ м/с.}$$

Значення врожайності в розрахунках приймемо в межах $Q_{min}=0,5$; $Q_{max}=0,55$ кг/м².

Знаючи найбільше і найменше значення врожайності можна розрахувати необхідний діапазон швидкостей руху комбайна [14–16]:

$$V_{\text{м max}} = \frac{q \cdot v}{B \cdot Q_{\text{min}}}; V_{\text{м min}} = \frac{q \cdot v}{B \cdot Q_{\text{max}}}. \quad (3.3)$$

$$V_{\text{м max}} = \frac{9 \cdot 0,4}{6 \cdot 0,5} = 1,2 \text{ м/с};$$

$$V_{\text{м min}} = \frac{9 \cdot 0,4}{6 \cdot 0,55} = 1,09 \text{ м/с}.$$

Отже при відношенні зерна до соломи $3:C=1:1,5$ приймаємо ширину захвату жатки $B=6$ м. При зміні врожайності від $Q_{\text{min}}=0,5$; до $Q_{\text{max}}=0,55$ кг/м², діапазон швидкостей змінюється від 1,09 м/с до 1,2 м/с.

3.2. Визначення параметрів соломотряса

У процесі розрахунку вибираємо радіус кривошипа і частоту обертання колінчастого валу, ширину і довжину соломотряса, число клавішею при заданих значеннях продуктивності молотарки і допустимих втратах.

Багаторічним досвідом комбайнобудування встановлено, що оптимальний радіус коліна вала $r_k=50$ мм, а оптимальна частота обертання колін частого вала $n_k=195...215$ хв⁻¹. При цьому середня швидкість руху грубого вороху по соломотрясу становить $v_c=0,33...0,4$ м/с.

Ширину соломотряса B_c приймаємо рівною ширині молотильного апарата. Кількість клавіш при $B_c=1500$ мм становить п'ять. Для молотарки з пропускною здатністю $q=10$ кг/с хлібної маси та шириною молотарки 1500 мм обираємо соломотряс шириною $B_c=1500$ мм, 5-клавішний, $r_k=50$ мм, $n_k=200$ хв⁻¹. Довжину соломотряса L визначаємо із виразу [14–16]:

$$q_g = q_{\text{з.с.}} \cdot e^{-\mu \cdot L}, \quad (3.4)$$

де $q_{\text{з.с.}}$ – кількість зерна, що надходить на соломотряс, кг/с;

q_g – допустимі втрати зерна за соломотрясом, кг/с;

μ – коефіцієнт сепарації, м^{-1} .

Кількість зерна, що надходить до молотарки [14–16]:

$$q_z = \frac{q}{3 + C} \cdot 3, \quad (3.5)$$

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

Кількість зерна, що просипається крізь деку:

$$q_d = 0,8 \cdot q_z = 0,8 \cdot 3,6 = 2,88 \text{ кг/с.}$$

Кількість зерна, що надходить на соломотряс:

$$q_{z.c.} = q_z - q_d = 3,6 - 2,88 = 0,72 \text{ кг/с.}$$

За заданим відсотком допустимих втрат зерна за соломотрясом (0,5...1,0% від кількості, що надходить до молотарки) визначаємо вагу зерна, що втрачається. При втратах 0,5%:

$$q_e = 0,005 \cdot q_z = 0,005 \cdot 3,6 = 0,018 \text{ кг/с.}$$

Коефіцієнт сепарації μ залежить від товщини шару вороху на соломотрясі. Для товщини шару $H_0=0,17$ м, за співвідношення зерна та соломи $3:C=1:1,5$, коефіцієнт $\mu_0=1,8 \text{ м}^{-1}$. Для інших значень товщини шару коефіцієнт μ визначається з виразу [14–16]:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{H_0}{H} \right)^m, \quad (3.6)$$

де $m=0,8 \div 1,2$.

Знаходимо товщину шару соломи на соломотрясі [14–16]

$$H = \frac{q \cdot \left(1 - \frac{3}{3 + C} \right)}{B \cdot \gamma \cdot v_c}, \quad (3.7)$$

де γ – об'ємна вага вороха, $\gamma=10 \dots 20 \text{ кг/м}^3$. Приймаємо $\gamma=20 \text{ кг/м}^3$;

v_c – швидкість руху вороху по соломотрясу, $v_c=0,4 \text{ м/с}$

$$H = \frac{9 \cdot \left(1 - \frac{1}{1+1,5}\right)}{1,5 \cdot 20 \cdot 0,4} = 0,45 \text{ м.}$$

Підставляємо отримані значення у формулу (4.6) й отримуємо:

$$\mu = 1,8 \left(\frac{0,17}{0,45} \right)^{0,8} = 0,8262 \text{ м}^{-1}.$$

Після підставлення значень у формулу (4.7) визначені значення, отримаємо:

$$0,018 = 0,72 \cdot e^{-0,8262L}.$$

Звідки

$$L = \frac{\ln(0,025)}{-0,8262} = 4,47 \text{ м.}$$

У випадку коли допустимі втрати в 1%, тобто $q_6 = 0,036 \text{ кг/с}$, тоді

$$0,036 = 0,72 \cdot e^{-1,085L},$$

$$L = \frac{\ln(0,05)}{-0,8262} = 3,63 \text{ м.}$$

3.2. Визначення потужності, необхідної на привод подрібнювача соломи зернозбирального комбайна

Потужність, що витрачається на привод подрібнювача соломи [17]:

$$N = q \cdot A, \quad (3.8)$$

де q – продуктивність, $q = 15 \text{ кг/с}$;

A – робота, що затрачається при подрібненні матеріалу, кДж/кг [17]

$$A = C_1 \cdot \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1), \quad (3.9)$$

де C_1 – коефіцієнт, $C_1 = 0,12 \text{ кДж/кг}$ [17];

C_2 – коефіцієнт утворення нових поверхонь при подрібненні 1 кг матеріалу, $C_2 = 1,3 \text{ кДж/кг}$ [17];

λ – ступінь подрібнення матеріалу [17]

$$\lambda = \frac{D}{d}, \quad (3.10)$$

де D – розмірів часток вихідної сировини, $D=0,35$ м;

d – розмірів часток кінцевого продукту, $d=0,05$ м.

Тоді вираз (3.8) матиме наступний вигляд:

$$N = q \cdot \left(C_1 \cdot \lg \left(\frac{D}{d} \right)^3 + C_2 \left(\frac{D}{d} - 1 \right) \right), \quad (3.11)$$

$$N = 15 \cdot \left(0,12 \cdot \lg \left(\frac{0,35}{0,05} \right)^3 + 1,3 \left(\frac{0,35}{0,05} - 1 \right) \right) = 78,724 \text{ кВт.}$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Розрахунок захисту ангара зберігання техніки від блискавки

Блискавковідвід для захисту від блискавок складається з кількох елементів: металевого приймачника, струмоведучого спуску та заземлювача. Металевий приймачник встановлюється над спорудою і сприймає удар блискавки. Струмоведучий спуск – металевий дріт чи пруток, що з'єднує металевий приймачник з заземлювачем. Заземлювач служить для відведення струму блискавки в землю.

Проектування захисту від блискавки виконуємо для визначення зони імпульсної ділянки заземлення та захисту споруди складу для зберігання техніки від блискавок. Визначаємо загальну висоту штирового захисту.

Коефіцієнт грозозахисту [18–20]:

$$\kappa_{з.з.} = (1 + \operatorname{ctg} \alpha) \cdot \beta_n, \quad (4.1)$$

де α – кут захисту, приймається рівним $\alpha=45^\circ$ [18–20];

β_n – коефіцієнт надійності захисту, $\beta_n=0,65$ [18–20]

$$\kappa_{з.з.} = (1 + \operatorname{ctg} 45) \cdot 0,65 = 1,3.$$

Висота даху та блискавкоприймачника [18–20]:

$$\Sigma h = 0,5 \cdot b_{\max} \cdot k_{з.з.}, \quad (4.2)$$

де $b_{\max}$ – максимальна ширина споруди, $b_{\max}=32$ м

$$\Sigma h = 0,5 \cdot 32 \cdot 1,3 = 20,8 \text{ м.}$$

Довжина блискавкоприймачника [18–20]:

$$k_{б.н.} = \Sigma h - h_{cn}, \quad (4.3)$$

де h_{cn} – висота ангара, $h_{cn}=8$ м

$$k_{б.н.} = 20,8 - 8 = 12,8 \text{ м.}$$

Загальна висота штирового захисту [18–20]:

$$H_{з.з.} = h_{cn} + \Sigma h, \quad (4.4)$$

$$H_{\text{з.з.}} = 20,8 + 8 = 28,8 \text{ м.}$$

Радіус грозозахисту на рівні землі [18–20]:

$$R_{\text{з.з.}} = k_{\text{з.з.}} \cdot H_{\text{з.з.}}; \quad (4.5)$$

$$R_{\text{з.з.}} = 1,3 \cdot 28,8 = 37,44 \text{ м.}$$

Опір однієї труби розтіканню струму промислової частоти [18–20]:

$$R_{\text{mp}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{mp}}} \cdot \ln \frac{4 \cdot l_{\text{mp}}}{d_{\text{mp}}}, \quad (4.6)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, $\rho = 10^5$ Ом·см [18–20];

l_{mp} – довжина труби, $l_{\text{mp}} = 3,0$ м;

d_{mp} – діаметр труби, приймаємо $d_{\text{mp}} = 0,03$ м

$$R_{\text{mp}} = \frac{10^5}{2 \cdot \pi \cdot 300} \cdot \ln \frac{4 \cdot 300}{3} = 59,04 \text{ Ом.}$$

Імпульсний опір труби [18–20]:

$$R_{\text{i.mp}} = R_{\text{mp}} / \alpha_i, \quad (4.7)$$

де α_i – коефіцієнт імпульсного опору, $\alpha_i = 0,35$ [18–20].

$$R_{\text{i.mp.}} = \frac{59,04}{0,35} = 168,69 \text{ Ом.}$$

Кількість труб для імпульсного заземлювача [18–20]:

$$n_i = \frac{R_{\text{i.mp.}}}{R_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{екр}}}, \quad (4.8)$$

де $R_{\text{д}}$ – опір розтіканню струму, для промислових споруд $R_{\text{д}} = 200$ Ом [18–20];

$\eta_{\text{екр}}$ – коефіцієнт екранування заземлення, $\eta_{\text{екр}} = 0,92$ [18–20];

$$n_i = \frac{168,69}{20 \cdot 0,92} = 9,17 \text{ шт.}$$

Для імпульсного заземлювача приймаємо 10 труб.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічна ефективність залежить від різних факторів та визначатися багатьма показниками. Одним з таких показників є економія коштів на проведення технологічної операції.

При роботі серійний комбайн витрачає палива 35,2 кг/год. Запропоновані удосконалення конструкції дозволяють знизити витрати палива через зменшення потужності на привід ротора подрібнювача незернової частини врожаю на 1,3 кг/год. Мінімальна ціна ДП на АЗС регіону становить 47 грн/л. Мінімальна різниця вартості палива між ними:

$$\frac{1,3}{0,86} \cdot 47 = 71,05 \text{ грн.}$$

Мінімальне річне завантаження комбайна становить 180 годин.

Тоді мінімальна економія за час роботи комбайна протягом сезону становитиме

$$71,05 \cdot 180 = 12789 \text{ грн.}$$

Висновок: запропоноване вдосконалення конструкції подрібнювача незернової частини врожаю, на підставі проведених досліджень, дозволяє покращити якісні його роботи та отримати річну економію на витратах палива.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі проведено огляд конструкцій подрібнювачів рослинних решток зернозбиральних комбайнів.

Встановлено залежність якості їх роботи від їхніх конструкцій.

На підставі проведеного аналізу обґрунтовані мета та задачі досліджень, встановлені об'єкт та предмет досліджень.

В результаті проведених експериментальних досліджень було встановлено залежність якості роботи подрібнювача рослинних решток зернозбирального комбайна від конструктивних та технологічних параметрів. Було встановлено, що якість подрібнення рослинних решток має обернену залежність від подачі рослинних решток. Зі збільшенням подачі якість падає і навпаки, зі зменшенням подачі якість зростає. В той же час якість має пряму залежність від частоти обертання ротора. Застосування перетиральної планки по ходу руху подрібнених решток незернової частини врожаю покращує руйнування їх зовнішньої поверхні, що сприяє їх більш швидкому переходу в органічне добриво. Однак збільшення висоти планки більше 15 мм зменшує якість подрібнення часток.

В конструкторському розділі запропонована модернізація подрібнювача соломи зернозбирального комбайна, яка дозволяє збільшити якість подрібнення незернової частини врожаю.

Запропоновані в проекті технологічні зміни дозволяють одержати економію в розмірі 12789 грн на рік.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Подрібнювач-розкислювач, бункер (сичкарня) ПУН-5 комбайна НІВА СК-5, НІВА-ЕФЕКТ, Єнісей-1200 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://agrozapchasti.in.ua/p1532919110-izmelchitel-razbrasyvatelbunker-sichkarnya.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQiA-JacBhC0ARIsAIxybyOsCydONgK6N8dzIA2P3M1ourIOPj0-Wpuidb-ow6SHUii2XQ_jmg8aAnC0EALw_wcB (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
2. Вал измельчителя на комбайн нива ск5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://flagma.ua/uk/val-izmelchitelya-na-kombayn-niva-sk5-o8300550.html> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
3. Вал (Барабан) подрібнювача з П-образними ножами комбайна ДОН-1500 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agrozapchasti.in.ua/p1191248785-val-baraban-izmelchitelya.html> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
4. Молоток барабана іємельчика ДОН-1500А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p1131528102-molotok-barabana-iemelchitelya.html> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
5. Измельчитель-разбрасыватель комбайна КЗС-9-1 Славутич [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://agrozapchasti.in.ua/p1565996478-izmelchitel-razbrasyvatel-kombajna.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQiA-JacBhC0ARIsAIxybyOOuQOWRafnt-InQpPF4GV6bz8Og3JEZWIKUmGQSqwOyl0ZKeE7wdQaAg-iEALw_wcB (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
6. S-SERIES COMBINES [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdn.agroklub.com/upload/documents/john-deere-s-serija.pdf> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.

					ПС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

7. Комбайни серії Т [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.deere.ua/assets/publications/index.html?id=a9f7fc6f#24> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
8. 100 тонний комбайн [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.deere.ua/assets/publications/index.html?id=2be09ba8#40> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
9. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.claas.ru/produktsiya/zyernouborochnyye-kombajny/tucano500-lrc/potok-rastityelnoj-massy> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
10. Зерноуборочный комбайн LEXION 770 760 750 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ats.in.ua/storage/tb-products_tree.files/2016/05/19/1463658163_prospekt-lexion-770-750.pdf (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
11. Зернозбиральні комбайни CLAAS LEXION 8700-7700. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ats.in.ua/products/claas-lexion-8000-6000/1765> (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
12. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.masseyferguson.com/uk_ua.html (дата звернення: 18.04.2023). – Назва з екрана.
13. Підручник дослідника / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с. з іл.
14. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підручник для студентів вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання с.-г. виробництва» Кн. 2. Машини для рільництва / Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М.; За ред. Черновола М.І. – Київ, Урожай, 2002. – 364 с.

15. 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.
16. 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.
17. Машини та обладнання для тваринництва: Підручник. / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.С. Хмельовський та ін. - К.: ЦП «Компринт», 2018. -567 с.
18. 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.
19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.
20. Войналович О. Охорона праці у сільському господарстві. Навчальний посібник / Войналович О., Білько Т., Марчиниша Є. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 691 с.

ДОДАТКИ

СУЧАСНИЙ СТАН МАШИН



Подріднювач соломи
ПУН-5



Подріднювач соломи
комбайна Нива ЕФЕКТ



Подріднювач соломи
комбайна КЗС-9 Славутич



Подріднювач соломи
DELUXE, John Deer



Подріднювачі соломи
INTERMEDIATE та PREMIUM,
John Deer



Подріднювач соломи
STANDARD CUT, CLAAS



Подріднювач соломи
SPECIAL CUT, CLAAS



Подріднювач соломи
SPECIAL CUT II, CLAAS



Система подріднення соломи CEMOS AUTO CHOPPING, CLAAS

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

ПС 00. 004 НЧ

Перевірка математичної моделі на відтворюваність за критерієм Кохрена

$G=0,2549 \leq G(0,05; 8; 2)=0,5157$

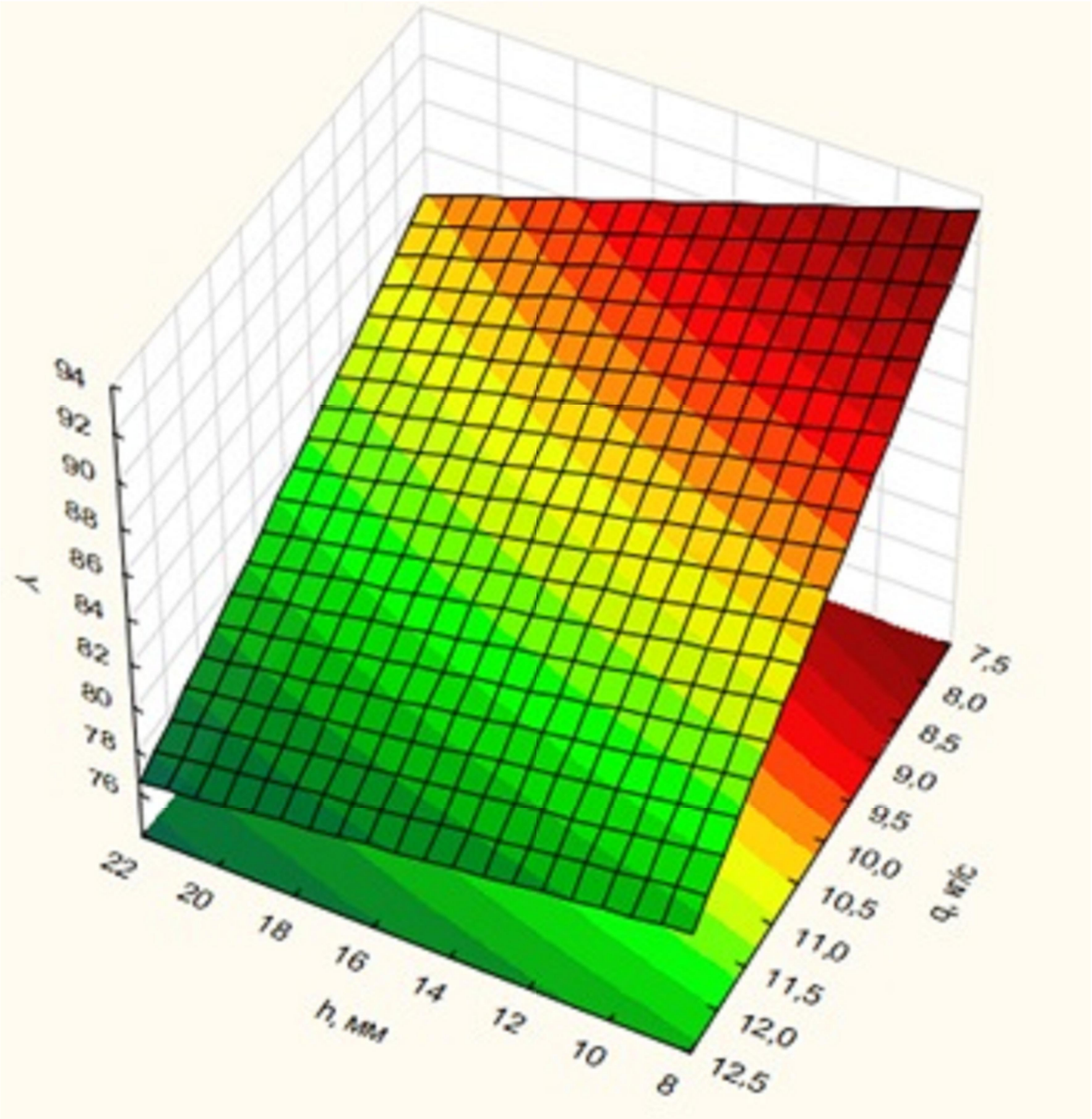
Перевірка математичної моделі на адекватність за критерієм Фішера

$F^P=0,3628 \leq F(0,05; 4; 16)=3,11$

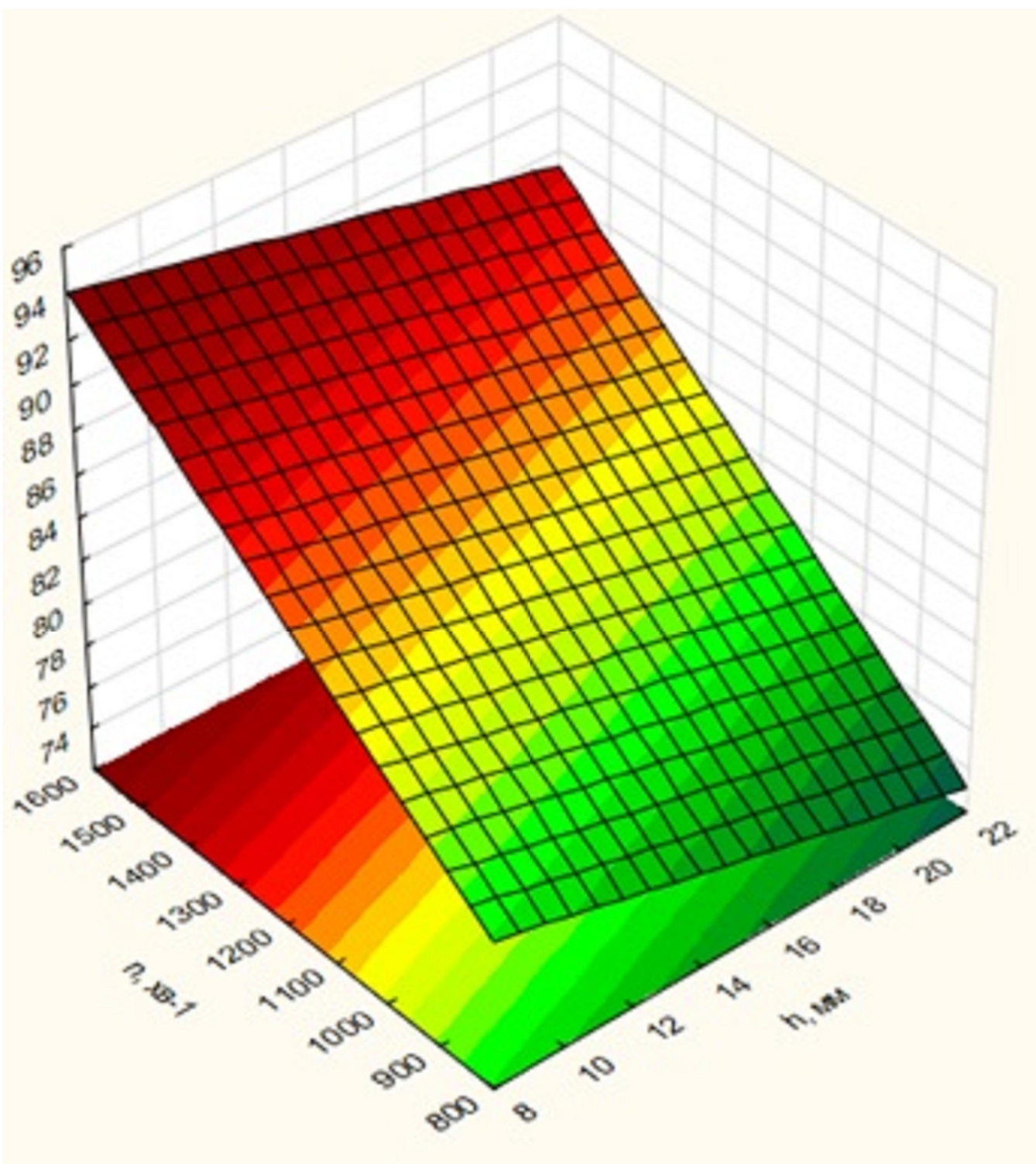
Визначення значущості коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента

$\Delta b_a=1,875$

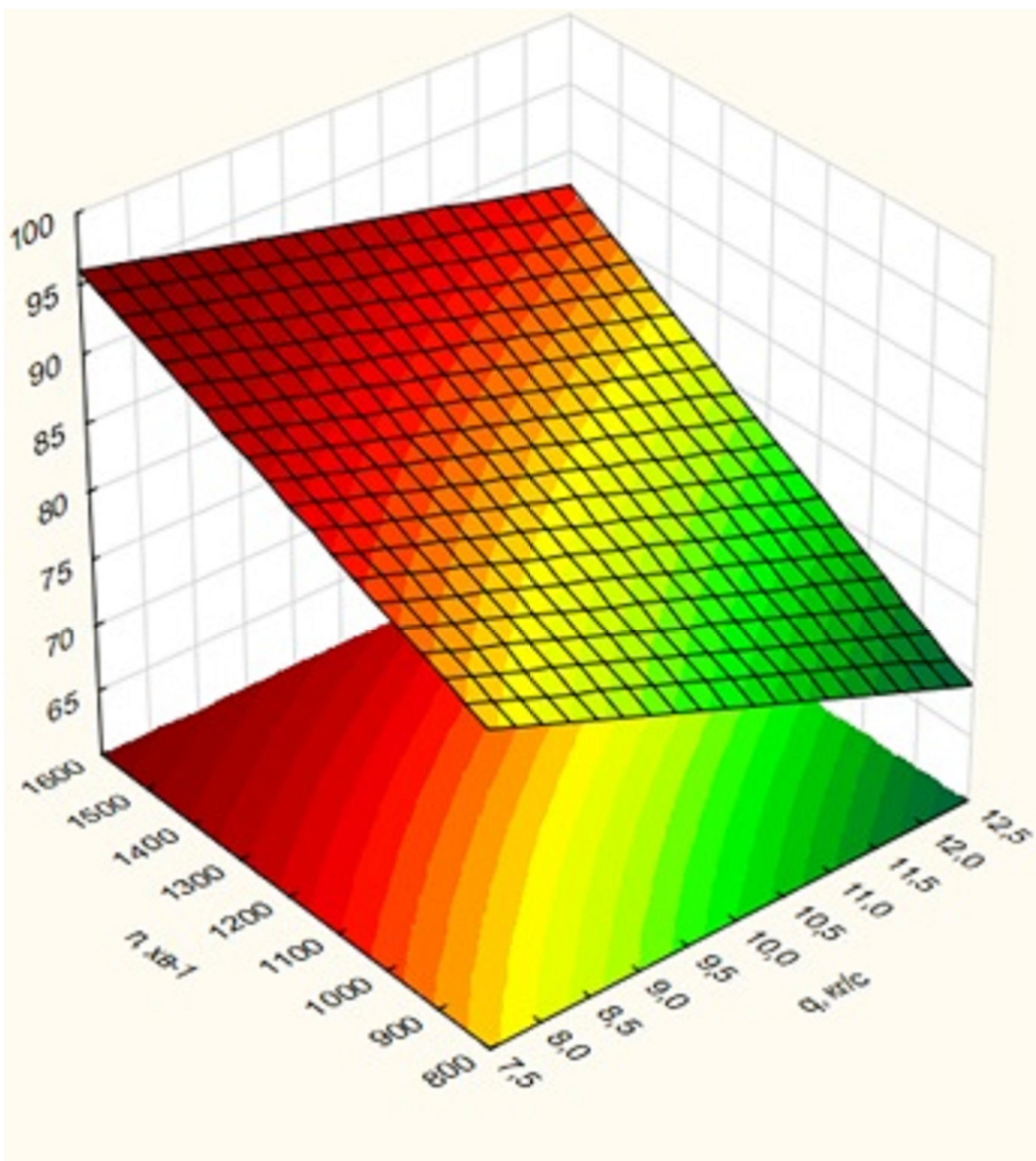
Поверхні відгуку та графіки ліній рівного виходу



$Y=f(x_1; x_2)$

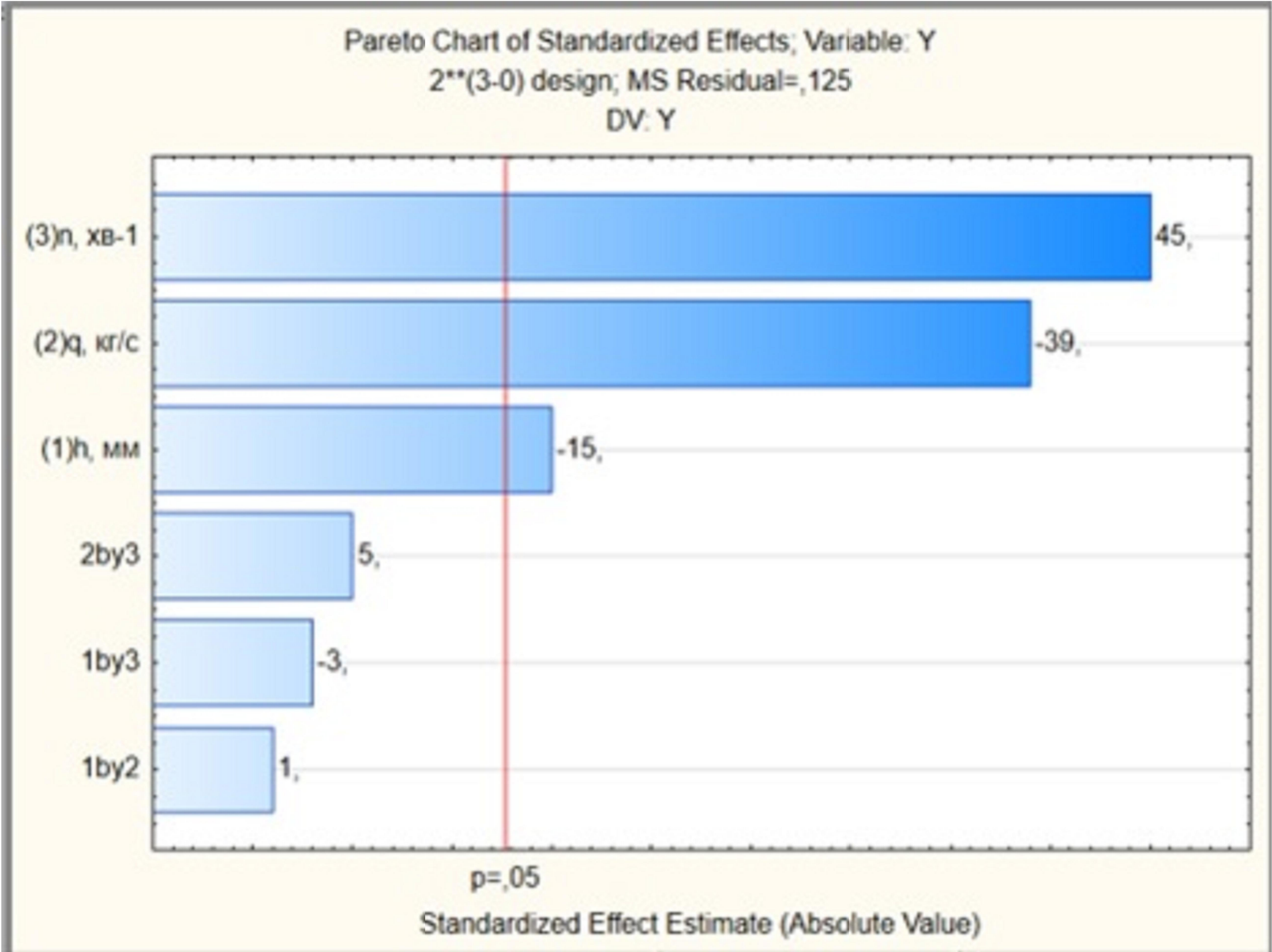


$Y=f(x_1; x_3)$



$Y=f(x_2; x_3)$

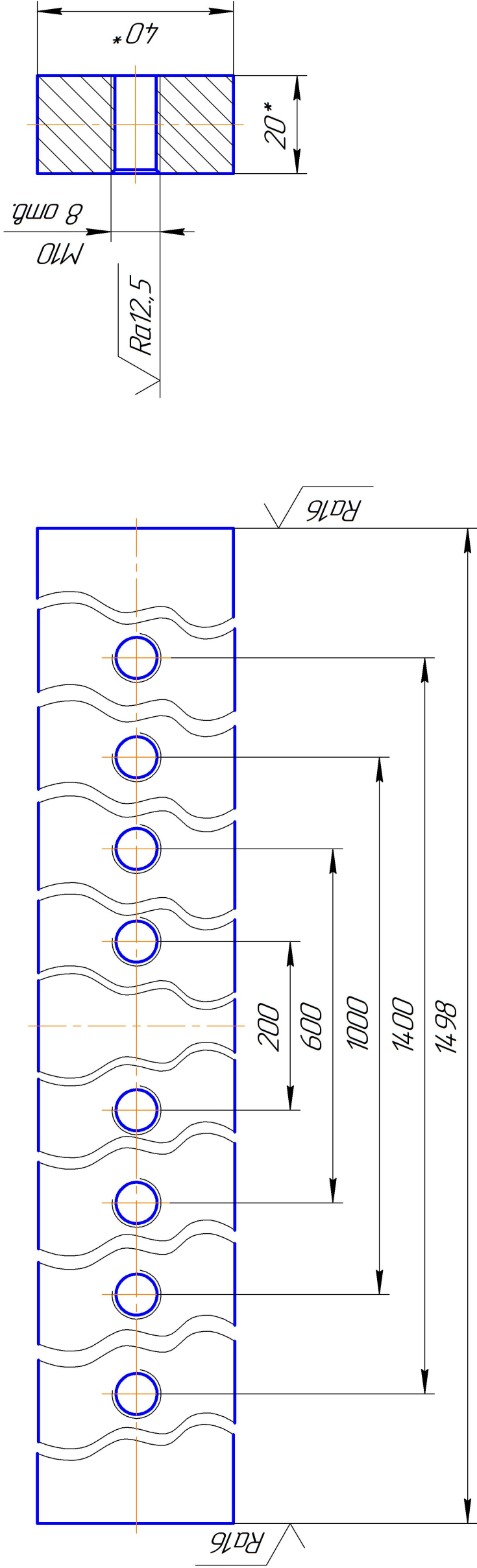
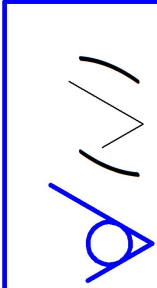
Парето-карта



				ПС 00. 004 НЧ		
Ім'я	Лист	№ док-м	Підп.	Дата	Обробка результатів експерименту	
Розроб	Темченко					
Проб	Мороз				Лист	Листів 1
І.контр.					ЦНТУ	
Н.контр.	Мочок				гр. ГМІСМ-21М(1,9)	
Утв.	Лещенко				Формат А1	

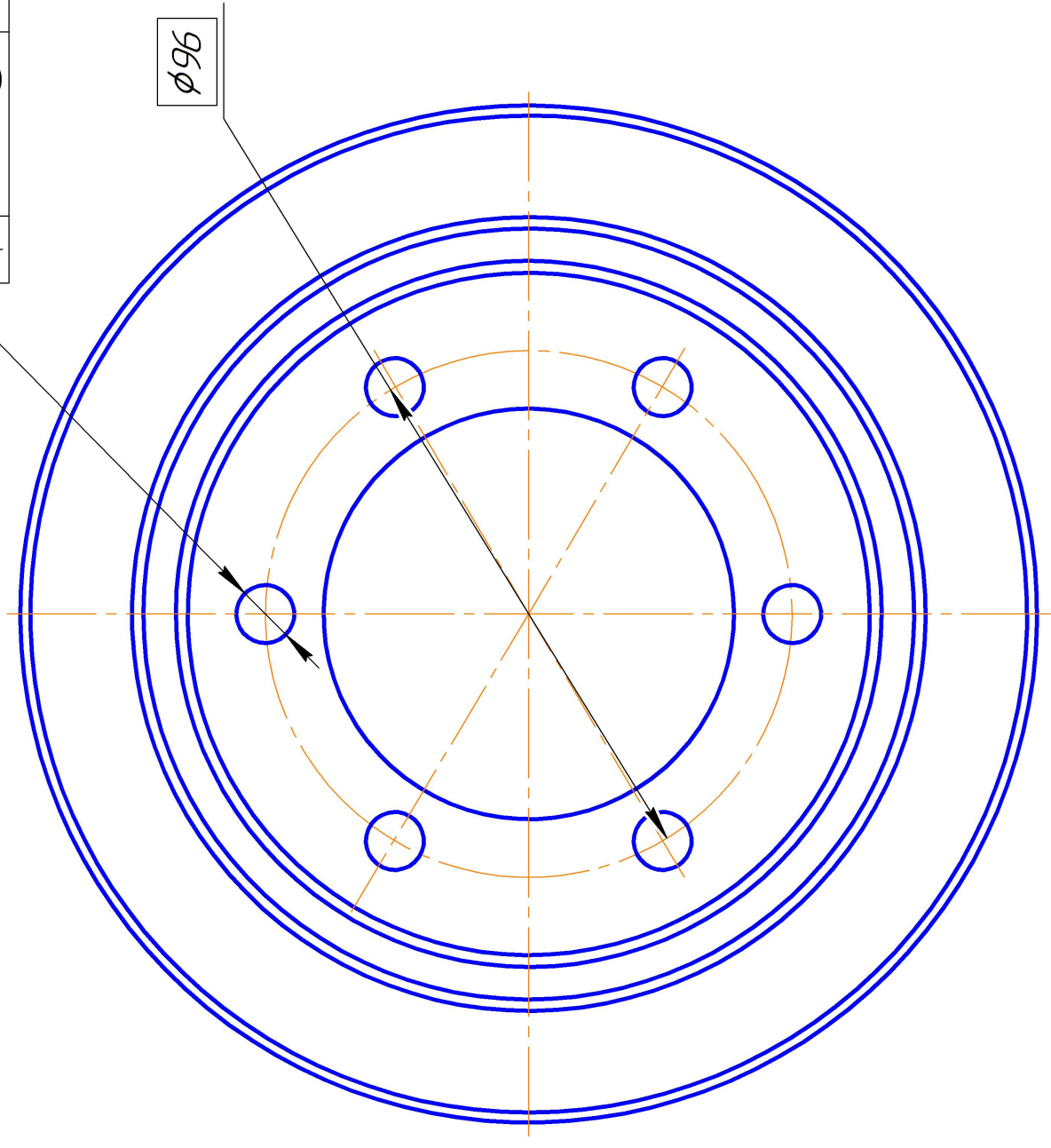
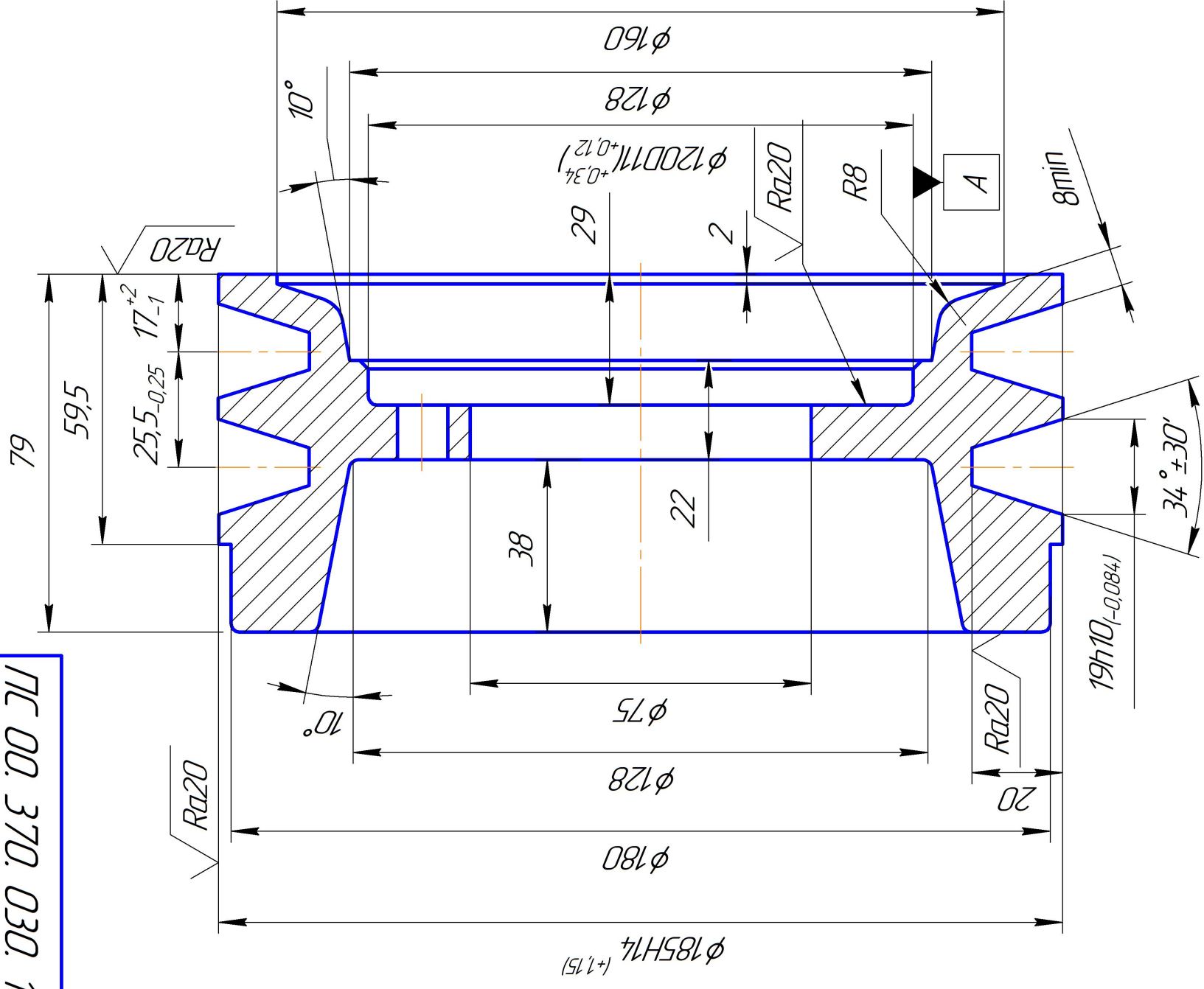
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1			ПС 00. 370	Складальне креслення	1		
					Сборочные единицы			
		1		ПС 00. 370. 010 СБ	Корпус	1		
		2		ПС 00. 370. 020 СБ	Ротор	1		
		3		ПС 00. 370. 030 СБ	Шків	1		
		4		ПС 00. 370. 040 СБ	Опора	2		
		5		ПС 00. 370. 050 СБ	Протиріз	1		
					Детали			
				ПС 00. 370. 501	Планка перетиральна	1		
					Стандартные изделия			
Подп. и дата					Гвинт М10х18	8		
					ГОСТ 11738-84			
		8			Шайба 10 Н ГОСТ 6402-70	8		
		9			Шайба 10 ГОСТ 11371-78	8		
Подп. и дата	ПС 00. 370							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Темченко				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Мороз						1
	Н.контр.	Мачок				ЦНТУ		
	Утв.	Лещенко				зр. ГМ(СМ)-21М(1,9)		

ПС 00. 370. 501



1. 270 НВ
2. *Разміри для довідок.
3. Гострі краї припустити фаскою 0,5х45°.
4. Невказані граничні відхилення розмірів по $\frac{IT14}{2}$.

ПС 00. 370. 501				Планка перетиральна			
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разр.	Проб.	Тем.	Мороз			8,71	1:1
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.	М.ч.	Лещенко			ЦНТУ		
Утв.					Зр. ГМ(СМ)-21М(1,9)		



1. Технічні вимоги до відливки згідно ОСТ 23.4.258-86.
2. Точність відливки 11-0-0-11 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані граничні відхилення розмірів згідно ОСТ 23.4.209-82.

[illegible]