

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедрою СГМ
д.т.н., професор
_____Микола СВІРЕНЬ
“ ____ ” _____ 2022 р.

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

Удосконалення конструкції пневмомеханічного висівного апарата
просапної сівалки

Виконав здобувач вищої освіти __П__ курсу,
групи ГМ (СМ)20М-1,9
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____Маркідов Павло Олегович
« ____ » _____ 2022 р.

Керівник проекту
професор, докт. техн. наук
_____Василь Сало
« ____ » _____ 2022 р.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент
_____Іван Скриннік
« ____ » _____ 2022 р.

Кропивницький, 2022р.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки	
				Документація загальна			
				Заново розроблена			
A4			МТР 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
				Документація			
				по складальних одиницях			
				Заново розроблена			
A1			МТР 08.000.000 ЗК	Посівна секція	1		
A1			МТР 08.110.000 ЗК	Пневмомеханічний висівний	1		
				апарат			
				Документація по деталях			
				Заново розроблена			
A3			МТР 08.110.401	Нижній скидач	1		
A3			МТР 08.110.602	Втулка	1		
A3			МТР 08.110.603	Шайба	1		
A3			МТР 08.110.601	Вал	1		
A1			МТР 00.000.000 ДЧ	Дослідницька частина	1		
				МТР 00.000.000 ВР			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Маркідов П.О.				Відомість роботи		
Перевір.	Сало В.М.						
Н. контр.	Васильковський						
Затверд.	Свірень М.О.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
						4	1
					ЦНТУ, гр. ГМ (СМ)-20М-1,9		

ЗМІСТ

стор.

Вступ.....	6
2. Наукова частина.....	8
2.1.Сучасний стан питання про машину, яка модернізується.....	8
2.2. Обґрунтування раціонального значення лінійної швидкості комірок, рівня розрідження у висівному апараті і кількості отворів у висівному диску.....	11
2.3. Програма та методика дослідження з вибором факторів, що варіюються .	12
2.4. Технічне забезпечення експериментальних досліджень.....	12
2.5. Обґрунтування способів обробки результатів та проведення багатофакторного експерименту.....	14
2.6. Результати проведення факторного експерименту	24
3.Інженерна частина.....	29
3.1 Технологічний розрахунок.....	29
3. Силовий аналіз удосконаленої машини.....	32
3. Кінематичний аналіз модернізованої машини.....	36
3. Розрахунки на міцність скидача.....	39
3. Розрахунки на міцність валу опорно-приводного колеса.....	44
4 Охорона праці.....	48
5. Економічна частина.....	50
6. Висновки.....	52
Список використаної літератури.....	54
Додатки.....	56

					<i>МТР 00.000 ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Маркідов</i>				Пояснювальна записка		<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Сало</i>							6	
<i>Н.конт.</i>	<i>Васильковський</i>						ЦНТУ, гр. ГМ-20М-1.9		
<i>Затв.</i>	<i>Свірень</i>								
<i>Затв.</i>									

ВСТУП

На полях України, для просапних культур створений повністю механізований процес сівби. Але навіть в наш час посівні агрегати досконально не відповідають необхідним вимогам щодо якості сівби, продуктивності, матеріалоємності, універсальності тощо, що потребує постійного удосконалення їх конструкцій. Також необхідно окремо виділити новітні технології посіву, які з кожним роком удосконалюються і потребують модернізованих конструкцій посівної техніки.

Удосконалюючи аграрну техніку, потрібно враховувати, що на даний час модернізація тісно пов'язана з технологією вирощування сільськогосподарських культур, збільшенням продуктивності, зменшення технологічних трудомісткості процесів.

Розвиток та модернізація технологій сівби сільськогосподарських культур визначає якісно нові напрямки розвитку посівної техніки. Наприклад, для сівби просапних культур, найважливішим залишається точне розміщення насіння за площею живлення і рівномірне загортання насіння по глибині.

Крім того, конструкції сівалок повинні відповідати ряду загальних вимог, спрямованих на підвищення продуктивності безпосередньо в процесі сівби, яких при проектуванні необхідно дотримуватись, а саме: збільшення готовності машини, підвищення міцності й надійності вузлів та агрегату в цілому; коефіцієнта надійності технологічного процесу сівби на потрібних робочих швидкостях за рахунок надійної роботи основних вузлів та машини в цілому, а також за рахунок використання сигналізації, яка фіксує порушення технологічних процесів сівби, елементів автоматики та забезпечення освітлення в нічний час; зменшення часу або скорочення частоти завантаження бункерів посівним матеріалом; зменшення матеріалоємності за рахунок спрощення конструкції механізму, тощо.

Отже, для вдосконалення і розробки сільськогосподарських машин або хоча б певних вузлів, потрібно проводити відповідні розрахунки, та користуватися відомими теоретичними основами. Якість сівби просапних

					<i>МТР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

культур відомими стандартними і традиційними конструкціями сівалок повністю не забезпечується, є суттєві недоліки в їх роботі. Використання таких сівалок малоефективне. Тому в даній роботі, дослідження спрямовані на вдосконалення та розробку висівного апарату для просапної пневмомеханічної сівалки, який забезпечить рівномірне заповнення комірок висівного диску без двійників і пропусків при мінімальних витратах енергії та матеріалів.

Метою досліджень є підвищення ефективності функціонування пневмомеханічного висівного апарату, шляхом обґрунтування раціональних конструктивних параметрів його окремих елементів.

Об'єктом дослідження є процес висіву насіння пневмомеханічним висівним апаратом.

Предметом досліджень є вплив окремих конструктивних та експлуатаційних параметрів висівного апарату на якісні показники його роботи.

Наукова новизна. Обґрунтовано раціональні конструктивно експлуатаційні параметри пневмомеханічного висівного апарату при обладнанні його скидачем зайвого насіння запропонованої оригінальної конструкції.

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1 Сучасний стан питання про машину, яка модернізується

Сівба – це машина, яка забезпечує складний технологічний процес в технології вирощування будь якої сільськогосподарської культури, задача якої полягає в розподілі посівного матеріалу з урахуванням відомих закономірностей та вимог по площі та глибині загортання [1].

Сівба посівного матеріалу просапних (наприклад кукурудза, буряки, гречка тощо) сільськогосподарських культур здійснюється пневмомеханічними сівалками.

Пневмомеханічні висівні апарати таких сівалок працюють з великою точністю при сівбі дражованого і каліброваного насіння, але є необхідність і можливість досягти високої точності сіючи звичайне насіння [2].

Пневмомеханічні сівалки можуть комплектуватись з полозовидним сошником (рис. 2.1) та дисковим (рис. 2.2), які встановлюються безпосередньо на посівну секцію. Полозовидні призначенні для роботи при традиційних технологій обробітку ґрунту та в перезволожених ґрунтах, а дискові для прямої сівби з необхідністю перерізання пожнивних решток (солома, стебла кукурудзи та соняшнику), які залишились на полі від попередників.



Рис. 2.1. Пневмомеханічна сівалка SP-8 з полозовидним сошником та основними комплектуючими фірми Gaspardo.[2]

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9



Рис. 2.2. Пневмомеханічна сівалка МТР-8 з дисковими сошниками

Відомо, що пневмомеханічні сівалки можуть працювати на полях підготовлених за різними технологіями обробітку ґрунту, навіть по mini-till і strip-till. Типовим представником даних машин є сівалки виробництва яких здійснюється на основі конструкцій базових посівних машин фірми Gaspardo. Такі просапні сівалки в базовій комплектації випускаються від 4 до 18 рядних з можливістю регулювання відстані між посівними секціями.

Опис будови та принцип роботи сівалки:

Сівалка складається з таких основних робочих органів (рис.2.3):

1. Навіска (використовується стандартна трьохточкова навіска)
2. Посівна секція (дискова)
3. Тукова бункер
4. Туковий сошник
5. Вентилятор
6. Опорно-приводне колесо
7. Маркер

					МТР 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			10



Рис. 2.3 Будова сівалки МТР-8 фірми Гаспардо

Усі основні робочі органи сівалки жорстко закріплені на рамі за допомогою болтових з'єднань та струбцин. Диски, які безпосередньо контактують із ґрунтом мають твердість більше 42 HRC.

Сівалка МТР-8 під час роботи в полі за допомогою опорно-приводних колес приводить в дію тукову та зернову висівну систему. Вся насіннева та тукова система працює на механічних передавальних системах (шестерні, вали, зірочки). Посівний матеріал та добрива знаходяться в окремих бункерах. В кожному бункері є ворушильні механізми, які подають добрива чи насіння у висівні апарати та запобігають створенню склепінь.

Вентилятор створює розрідження тільки у висівних апаратах насінневої системи. При створенні розрідження, у пневмомеханічному висівному апараті насіння присмоктується до висівного диску і переміщується до насінневої лійки, яка спрямовує насіння безпосередньо в борозну, створену дисковим сошником посівної секції. Після цього насіння прикочується за допомогою V-подібного прикочуючого кронштейна з пластиковими або резиновими колесами.

Туковисівний апарат з бункера через лійку подає добрива в борозну, яку створює дисковий туковий сошник. Туковий сошник має регулювання по глибині до 7 см. та відносно рядка в обидві сторони на 5 см. Таке регулювання дає змогу працювати з різними видами добрив.

Посівна секція на паралелограмном механізмі, який дозволяє точно копіювати поверхню поля. Глибину висіву насіння регулюють копіюючими колесами. Секція може давити на ґрунт із силою до 180 кг.

Маркера встановлені на крайніх точках основної рами. Підйом та опускання їх здійснюється за рахунок гідроциліндрів. Є можливість регулювання дисків для створення більш помітного сліду (залежить від твердості ґрунту).

2.2 Обґрунтування раціонального значення лінійної швидкості комірок, рівня розрідження у висівному апараті і кількості отворів у висівному диску

Всі висівні апарати пневмомеханічних сівалок мають відхилення від норми висіву $\pm 5\%$, тому при виконанні сівби головною задачею пневмомеханічних сівалок є рівномірне заповнення комірок висівного диску. Для цього необхідно забезпечити оптимальний рівень розрідження у пневматичній камері висівного апарату для присмоктування насіння до диску, наявність певної конструкції скидача насіння, щоб уникнути двійників, раціональна кількість отворів та лінійна швидкість комірок [4,5,6]. Тільки при вирішенні таких задач можливо досягти рівномірного розподілу насіння по борозні.

Щоб досягти високого врожаю, потрібно враховувати масу посівного матеріалу. Відомо, що для якісної роботи висівних апаратів пневмомеханічних сівалок маса 1000 насінин повинна бути більше 50 г.[7,8].

Відомо, що конструктивними параметрами, які безпосередньо впливають на якісні та економічні показники процесу сівби є лінійна швидкість комірок, рівень розрідження в камерах висівних апаратів і кількість отворів на висівному диску.

В зв'язку з цим бажано було б мати інформацію про якість значення даних параметрів при яких процес сівби насіння міг забезпечувати задане агротехнічними вимогами значення якісного показника – коефіцієнта заповнення комірок висівного диска по одній насініні. (Під коефіцієнтом заповнення

					<i>МТР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

комірок маємо на увазі співвідношення кількості отворів, які заповнюються в процесі роботи однією насіниною до загальної кількості отворів на висівному диску.)

Враховуючи вищевикладене:

Задачі досліджень:

- розробити програму та методику експериментальних досліджень;
- підготувати технічне забезпечення для проведення досліджень;
- провести експериментальні дослідження показників технологічного процесу дозування насіння пневмомеханічним висівним апаратом;
- виконати обробку та аналіз результатів досліджень;

2.3. Програма та методика дослідження з вибором факторів, що варіюються

Експериментальні дослідження передбачають встановлення коефіцієнту заповнення комірок по одній насінині в залежності від таких технологічних та конструктивних параметрів:

- Лінійна швидкість комірок, м/с;
- Рівень розрідження, кПа
- Кількість отворів на диску

2.4. Технічне забезпечення експериментальних досліджень

Для проведення досліджень було розроблено і виготовлено експериментальну установку (рис. 2.4).

Дослідна установка складається з основної рамної конструкції 1, висівного апарату 2, трубопроводу 3, електричної установки 4, яка створює рівень розрідження, карданного валу 5, електромотору 6, який обертає карданний вал, датчика контролю висіву 7 та комп'ютерного пристрою з монітором 8 для фіксування кількості висіяного насіння.



Рис. 2.4. Загальний вигляд дослідного комплексу

На даній установці, можна використовувати висівні диски з різною кількістю отворів, змінювати лінійну швидкість комірок та регулювати рівень розрідження.

Щоб забезпечити достовірність результатів кожен дослід проводили протягом 10 хв. Основні показники роботи, які досліджуються – це коефіцієнт заповнення комірок на висівному диску по одній насініні.

Процес висіву фіксували на місці, за допомогою наглядного вікна у висівному апараті, ємності для насіння, та датчика контролю висіву.

Експериментальна установка працює так: на рамну конструкцію 1 кріплять висівний апарат 2 за допомогою болтового з'єднання, до висівного апарату 2 приєднують карданний вал 5, до якого підключений електричний мотор 6. Кришка висівного апарату 2 і електрична установка 4, яка створює розрідження, надійно з'єднані трубопроводом 3. Безпосередньо у висівному апараті встановлюється висівний диск та датчик контролю висіву 7, який фіксує кількість насінин, які пролітають через зону дії його фіксуючих елементів для подальшого розрахунку коефіцієнта заповнення комірок на висівному диску. Під висівним апаратом встановлено ємність 9 для насіння що висівається. Для

проведення кожного з дослідів засипали насіння у висівний апарат, встановлювали висівний диск з певною кількістю отворів, налагоджували задану лінійну швидкість комірок, вмикали електричний мотор і електричну установку для створення розрідження. Кожен дослід проводили протягом 10 хв. Отримані данні вносили до таблиці.

2.5. Обґрунтування способів обробки результатів та проведення багатфакторного експерименту

Обґрунтування та визначення конструктивних та експлуатаційних параметрів точного висіву проводиться шляхом збору і обробки результатів, експериментів, досліджень та аналізу на персональному комп'ютері.

Прилади, спорядження, устаткування та обладнання для проведення досліджень:

Для визначення, обробки, аналізу та проведення експериментальних досліджень використовували наступні прилади, спорядження, устаткування та обладнання:

- ноутбук;
- комплект висівних дисків з різними кількостями отворів;
- електричний мотор, який регулює оберти висівного диску;
- електрична установка, яка створює і регулює рівень розрідження;
- датчик контролю висіву;
- ємність для насіння;
- каліброване насіння соняшнику;

Бажаних показників в точності висіву просапних культур можна досягти за допомогою пневмомеханічного висівного апарату при правильних кінематичних співвідношеннях, силових та конструктивних параметрів. Щоб виявити доцільні співвідношення, параметри та залежність їх впливу на процес висіву, скористалися методом проведення багатфакторного експерименту. Рівняння регресії буде виступати у вигляді математичної моделі.

Враховуючи літературу [5,9,10,11] та проведені теоретичні і експериментальні досліді, встановили істотні фактори, які безпосередньо впливають на процес заповнення комірок висівного диску. В якості впливових факторів приймаємо лінійна швидкість комірок - V , рівень розрідження - P , кількість отворів на диску - k . На підставі результатів досліджень інших авторів та технічних характеристик базового висівного апарату встановлені рівні варіювання впливових факторів.

Кодування факторів:

Літерою «х» позначаємо кожне значення факторів. Тобто, лінійну швидкість комірок - x_1 , рівень розрідження - x_2 , кількість отворів диску - x_3 . (табл. 2.1).

Залежність між кодovими та натуральними значеннями факторів описується формулою (5.1) [12]:

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

де x_i – кодове значення i -го фактора X_i – натуральне значення i -го фактора;
 X_{i0} - натуральне значення i -го фактора який знаходиться на нульовому рівні;
 ΔX_i – інтервал для варіювання i -го фактора.

Отже, кодові значення факторів приймаємо: «+1» - верхній, «0» - нульовий і «-1» - нижні рівні. Спрощене позначення має вигляд відповідно: «+», «0» і «-» (табл.5.1) [13].

Таблиця 2.1

Рівні варіювання факторів, які встановлені для висівного апарату

Фактор	Натуральне позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання	
				натуральні	кодові

				верхній	нульовий	нижній	верхній	нульовий	нижній
Лінійна швидкість комірок, м/с	V	x_1	0,15	0,36	0,21	0,06	+1	0	-1
Рівень розрідження, кПа	P	x_2	1	3	2	1	+1	0	-1
Кількість отворів на диску	k	x_3	3	18	15	12	+1	0	-1

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

Таблиця 2.2

План-матриця ПФЕ 2^3

№ дослідів	Значення кодівих факторів			Взаємодія кодівих факторів x_1x_2	Взаємодія кодівих факторів x_1x_3	Взаємодія кодівих факторів x_2x_3
	x_1	x_2	x_3			
1	-	-	-	+	+	+
2	+	-	-	-	-	+
3	-	+	-	-	+	-
4	+	+	-	+	-	-
5	-	-	+	+	-	-
6	+	-	+	-	+	-
7	-	+	+	-	-	+
8	+	+	+	+	+	+

Виконання дослідів та проведення рандомізації.

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

Для виключення впливу будь-яких неконтрольованих факторів на дослід чи процес проводимо рандомізацію. Реалізуємо експеримент у певній кількості спроб кожного дослідів і рахуємо середні значення вихідного параметру. Критерій - коефіцієнт заповнення отворів диску. Дані заносимо до таблиці 2.3 [13].

Таблиця 2.3

Результати дослідів та умови їх проведення

Номер дослідів	Значення кодових факторів			Коефіцієнт заповнення отворів диску, %			Середнє значення $y, \bar{Y}_u, \varepsilon$
				за повторностями			
	x_1	x_2	x_3	I Y_{u1}	II Y_{u2}	III Y_{u3}	
1	-1	-1	-1	81,30	79,57	80,87	80,58
2	+1	-1	-1	70,87	69,57	69,57	70
3	-1	+1	-1	87,17	86,09	86,96	86,74
4	+1	+1	-1	74,13	73,48	76,52	74,71
5	-1	-1	+1	89,13	92,17	88,70	90
6	+1	-1	+1	75,00	75,22	74,35	74,86
7	-1	+1	+1	97,15	96,8	98,45	97,46
8	+1	+1	+1	89,78	92,39	91,74	91,3

Перевірка дослідів на відтворюваність.

Щоб перевірити відтворюваність дослідів, застосовуємо критерій Кохрена. Умова відтворюваності дослідів виконується за формулою [12]:

$$G \leq G(0,05; n; f_U), \quad (2.2)$$

де G – обчислювальне значення коефіцієнту Кохрена; $G(0,05; n; f_U)$ – значення коефіцієнту Кохрена з таблиці, у якому 0,05 означає 5% -й рівень значущості; n - чисельність дослідів; f_U – число рівнів вільності кожного дослідів, m_0 – число повторностей.

Так як кількість дослідів $n=8$ а число повторностей $m_0 = 3$, то число ступенів вільності кожного дослідів обчислюється за формулою[12]:

$$\begin{aligned} f_U &= (m_0 - 1) \\ f_U &= (3 - 1) \\ f_U &= 2 \end{aligned} \quad (2.3)$$

де m_0 – число повторностей.

Для дослідів табличне значення коефіцієнта Кохрена становить $G=0,5157$.

Обчислювальне значення коефіцієнту Кохрена визначають за таким рівнянням [12]:

$$G = \frac{S_{U \max}^2}{\sum S_u^2}, \quad (2.4)$$

де S_u^2 - дисперсія визначених результатів U-го дослідів;

$S_{U \max}^2$ – найбільша із визначених дисперсій.

Визначення результатів дисперсії дослідів обчислюють за такою формулою [12]:

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2, \quad (2.5)$$

де m_0 – число дослідів за повторюваністю;

i – номер для повторності;

Y_{Ui} – значення у i -й повторності за вихідним параметром;

$\bar{Y}_U$ – середнє значення у U -му досліді за вихідним параметром.

$$\begin{aligned} S_1^2 &= \frac{(81,30 - 80,58)^2 + (79,57 - 80,58)^2 + (80,87 - 80,58)^2}{3 - 1} = \\ &= \frac{0,5184 + 1,0201 + 0,0841}{2} = 0,8113; \end{aligned}$$

$$S_2^2 = \frac{(70,87 - 70)^2 + (69,57 - 70)^2 + (69,57 - 70)^2}{3 - 1} =$$

$$= \frac{0,7569 + 0,1849 + 0,1849}{2} = 0,5634;$$

$$S_3^2 = \frac{(87,17 - 86,74)^2 + (86,09 - 86,74)^2 + (86,96 - 86,74)^2}{3 - 1} =$$

$$= \frac{0,3249 + 0,4225 + 0,0484}{2} = 0,3979;$$

$$S_4^2 = \frac{(74,13 - 74,71)^2 + (73,48 - 74,71)^2 + (76,52 - 74,71)^2}{3 - 1} =$$

$$= \frac{0,3364 + 1,5129 + 3,2761}{2} = 2,5627;$$

$$S_5^2 = \frac{(89,13 - 90)^2 + (92,17 - 90)^2 + (88,70 - 90)^2}{3 - 1} =$$

$$= \frac{0,7569 + 4,7089 + 1,69}{2} = 3,5779;$$

$$S_6^2 = \frac{(75,00 - 74,86)^2 + (75,22 - 74,86)^2 + (74,35 - 74,86)^2}{3 - 1} =$$

$$= \frac{0,0196 + 0,1296 + 0,2601}{2} = 0,2046;$$

$$S_7^2 = \frac{(100,43 - 100)^2 + (97,39 - 100)^2 + (102,17 - 100)^2}{3 - 1} =$$

$$= \frac{0,1849 + 6,8121 + 4,7089}{2} = 5,853;$$

$$S_8^2 = \frac{(89,78 - 91,3)^2 + (92,39 - 91,3)^2 + (91,74 - 91,3)^2}{3 - 1} =$$

$$= \frac{2,3104 + 1,1881 + 0,1936}{2} = 1,846.$$

Підставляємо отримані значення в формулу:

$$G = \frac{5,853}{0,8113 + 0,5634 + 0,3979 + 2,5627 + 3,5779 + 0,2046 + 5,853 + 1,846} =$$

$$= 0,37$$

Розрахункове значення коефіцієнту Кохрена менше табличного

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

$G = 0,37 < G(0,05; n; f_U) = 0,5157$, що свідчить про відтворюваність дослідів.

Визначення та обчислення коефіцієнтів для рівняння регресії.

Щоб визначити закономірність для коефіцієнту заповнення отворів диску обираємо неповне квадратичне рівняння[12]:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3 \quad (2.6)$$

де b_0 – незалежний член для рівняння регресії;

b_1, b_2 і b_3 – експериментальні коефіцієнти, які відмічають ступінь впливу кожного фактору на критерій Y ;

$b_{1,2}, b_{1,3}$ та $b_{2,3}$ – експериментальні коефіцієнти, що визначають ступінь взаємовпливу факторів на критерій Y .

x_1, x_2 та x_3 – кодові значення головних факторів.

Дослідницькі коефіцієнти для даного рівняння регресії розраховують за формулами[12]:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{U=1}^n \bar{Y}_{Uc}, \quad (2.7)$$

$$b_i = \frac{1}{n} \sum_{U=1}^n (x_{iU} \cdot \bar{Y}_{Uc}), \quad (2.8)$$

$$b_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{U=1}^n (x_{iU} \cdot x_{jU} \cdot \bar{Y}_{Uc}). \quad (2.9)$$

Отже, дослідницькі коефіцієнти рівняння регресії:

$$b_0 = \frac{80,58 + 70 + 86,74 + 74,71 + 90 + 74,86 + 100 + 91,3}{8} = 83,52$$

$$b_1 = \frac{(-1) * 80,58 + (+1) * 70 + (-1) * 86,74 + (+1) * 74,71 + (-1) * 90 + (+1) * 74,86 + (-1) * 100 + (+1) * 91,3}{8} = -5,8$$

$$b_2 = \frac{(-1) * 80,58 + (-1) * 70 + (+1) * 86,74 + (+1) * 74,71 + (-1) * 90 + (-1) * 74,86 + (+1) * 100 + (+1) * 91,3}{8} = 4,66$$

$$b_3 = \frac{(-1) * 80,58 + (-1) * 70 + (-1) * 86,74 + (-1) * 74,71 + (-1) * 90 + (-1) * 74,86 + (+1) * 100 + (+1) * 91,3}{8}$$

$$\frac{+(+1) * 90 + (+1) * 74,86 + (+1) * 100 + (+1) * 91,3}{8} = 5,516$$

$$b_{1,2} = \frac{(+1) * 80,58 + (-1) * 70 + (-1) * 86,74 + (+1) * 74,71 +}{8}$$

$$\frac{+(+1) * 90 + (-1) * 74,86 + (-1) * 100 + (+1) * 91,3}{8} = 0,623$$

$$b_{1,3} = \frac{(+1) * 80,58 + (-1) * 70 + (+1) * 86,74 + (-1) * 74,71 +}{8}$$

$$\frac{+(-1) * 90 + (+1) * 74,86 + (-1) * 100 + (+1) * 91,3}{8} = -0,153$$

$$b_{2,3} = \frac{(+1) * 80,58 + (+1) * 70 + (-1) * 86,74 + (-1) * 74,71 +}{8}$$

$$\frac{+(-1) * 90 + (-1) * 74,86 + (+1) * 100 + (+1) * 91,3}{8} = 1,946$$

Отже, рівняння регресії з отриманими коефіцієнтами буде таким:

$$Y = 83,52 - 5,8x_1 + 4,66x_2 + 5,516x_3 + 0,623x_1x_2 - 0,153x_1x_3 + 1,946x_2x_3$$

Проводимо перевірку на адекватність моделі

Визначивши дослідницькі коефіцієнти рівняння регресії, проводимо перевірку на адекватність моделі за критерієм Фішера. Відразу перевіряємо і аналізуємо лінійну частину поліноми.

Щоб рівняння адекватно описувало процес, який досліджується, повинна виконуватись нерівність [13]:

$$Frz < F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (2.10)$$

де Frz – обчислювальне значення коефіцієнту для нерівності Фішера;

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – значення з таблиці для коефіцієнту Фішера при 5%-му рівню значущості [13];

f_{ad} – відповідне значення ступенів вільності дисперсії адекватності;

f_y – відповідне значення ступенів вільності дисперсії відтворення.

Відповідне значення ступенів вільності дисперсії адекватності можна визначити за рівнянням:

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

$$f_{ad} = n - k - 1, \quad (2.11)$$

$$f_{ad} = 8 - 3 - 1 = 4$$

де k – кількість визначених факторів.

Відповідне значення ступенів вільності дисперсії відтворення можна визначити за формулою:

$$f_y = n(m_0 - 1) \quad (2.12)$$

$$f_y = 8(3 - 1) = 16$$

Визначаємо табличне значення коефіцієнту Фішера для отриманих умов ($f_{ad}=4$ і $f_y=16$) становить $F(0,05; 4; 16) = 2,866$

Обчислювальне значення Frz знаходять за формулою:

$$Frz = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2}, \quad (2.13)$$

де S_{ad}^2 і S_y^2 – дисперсії адекватності та відтворюваності;

Розраховуємо дисперсію S_{ad}^2 за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n-k-1} \cdot \sum_{U=1}^n (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2, \quad (2.14)$$

де Y_{Ui} - обчислювальне значення відгуку в i -му досліді, яке розраховується шляхом підстановки знайдених коефіцієнтів до лінійної частини обраного поліному.

$$Y_{U1} = 83,52 - 5,8 * (-1) + 4,66 * (-1) + 5,516 * (-1) + 0,623 * \\ * (+1) - 0,153 * (+1) + 1,946 * (+1) = 81,56$$

$$Y_{U2} = 83,52 - 5,8 * (+1) + 4,66 * (-1) + 5,516 * (-1) + 0,623 * \\ * (-1) - 0,153 * (-1) + 1,946 * (+1) = 69,02$$

$$Y_{U3} = 83,52 - 5,8 * (-1) + 4,66 * (+1) + 5,516 * (-1) + 0,623 * \\ * (-1) - 0,153 * (+1) + 1,946 * (-1) = 85,74$$

$$Y_{U4} = 83,52 - 5,8 * (+1) + 4,66 * (+1) + 5,516 * (-1) + 0,623 * \\ * (+1) - 0,153 * (-1) + 1,946 * (-1) = 75,7$$

$$Y_{U5} = 83,52 - 5,8 * (-1) + 4,66 * (-1) + 5,516 * (+1) + 0,623 * \\ * (+1) - 0,153 * (-1) + 1,946 * (-1) = 89$$

$$Y_{U6} = 83,52 - 5,8 * (+1) + 4,66 * (-1) + 5,516 * (+1) + 0,623 *$$

$$\begin{aligned}
 & * (-1) - 0,153 * (+1) + 1,946 * (-1) = 75,85 \\
 Y_{U7} &= 83,52 - 5,8 * (-1) + 4,66 * (+1) + 5,516 * (+1) + 0,623 * \\
 & * (-1) - 0,153 * (-1) + 1,946 * (+1) = 97,46 \\
 Y_{U8} &= 83,52 - 5,8 * (+1) + 4,66 * (+1) + 5,516 * (+1) + 0,623 * \\
 & * (+1) - 0,153 * (+1) + 1,946 * (+1) = 90,3
 \end{aligned}$$

Визначимо квадрати різниць для кожного дослідів за формулою:

$$\begin{aligned}
 \Delta Y_{Ui} &= (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2 & (2.15) \\
 \Delta Y_{U1} &= (81,56 - 80,58)^2 = 0,96 \\
 \Delta Y_{U2} &= (69,02 - 70)^2 = 0,96 \\
 \Delta Y_{U3} &= (85,74 - 86,74)^2 = 1 \\
 \Delta Y_{U4} &= (75,7 - 74,71)^2 = 0,98 \\
 \Delta Y_{U5} &= (89 - 90)^2 = 1 \\
 \Delta Y_{U6} &= (75,85 - 74,86)^2 = 0,98 \\
 \Delta Y_{U7} &= (101 - 100)^2 = 1 \\
 \Delta Y_{U8} &= (90,3 - 91,3)^2 = 1
 \end{aligned}$$

Таким чином дисперсія дорівнює:

$$S_{ad}^2 = \frac{0,96 + 0,96 + 1 + 0,98 + 1 + 0,98 + 1 + 1}{8 - 3 - 1} = 1,97$$

Дисперсію відтворюваності дослідів обчислюють за виразом

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2. \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned}
 S_y^2 &= \frac{0,8113 + 0,5634 + 0,3979 + 2,5627 + 3,5779 + 0,2046 + 5,853 + 1,846}{8} = \\
 &= 1,977
 \end{aligned}$$

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

Отже, обчислювальне значення Фішера становить:

$$Frz = \frac{1,9}{1,977} = 0,966$$

$$Frz = 0,966 < F(0,05; f_{ad}; f_y) = 2,866$$

Умова виконується.

Оцінка впливовості коефіцієнтів рівняння регресії.

Визначення впливовості кожного коефіцієнту рівняння регресії проводимо за критерієм Стюдента. Коефіцієнт вважається впливовим, якщо виконується умова:

$$|b_a| \geq \Delta b_a \quad (2.17)$$

де $|b_a|$ – коефіцієнти поліному ($b_0, b_i, b_{i,j}$), які розраховані за модулем;

Δb_a – довірча границя

Розраховують довірчу границю за формулою:

$$\Delta b_a = t(0,05; f_y) \cdot \sqrt{\frac{S_y^2}{n}}, \quad (2.18)$$

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

Отже, довірча границя дорівнює:

$$\Delta b_a = 2,1 \cdot \sqrt{\frac{1,977}{8}} = 1,044, \quad (2.19)$$

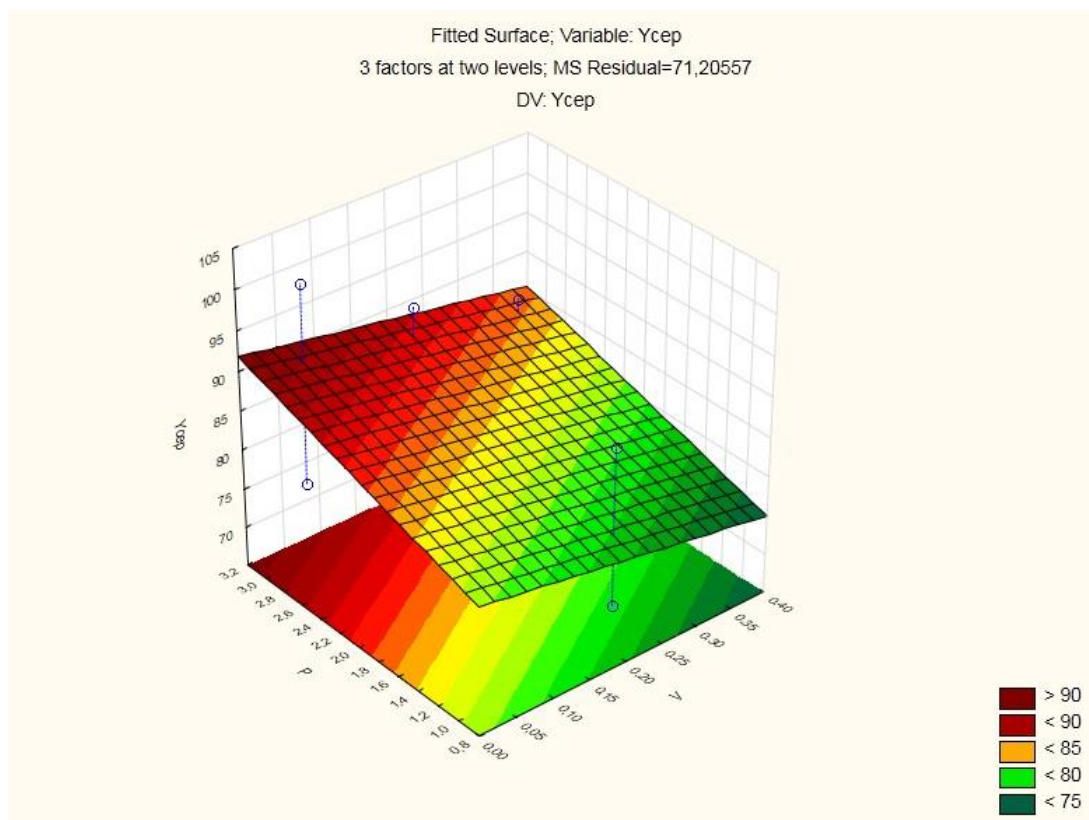
Отже, провівши порівняння з довірчою границею дослідні коефіцієнти рівняння регресії, можна зробити висновок, що коефіцієнти $b_{1,2} = 0,623$ і $b_{1,3} = 0,153$ є незначущими і сумісною дією факторів x_1x_3 та x_2x_3 можна знехтувати. Таким чином, рівняння регресії, що описує процес заповнення комірок висівного диску матиме вигляд:

$$Y = 83,52 - 5,8x_1 + 4,66x_2 + 5,516x_3 + 0,623x_1x_2, \quad (2.20)$$

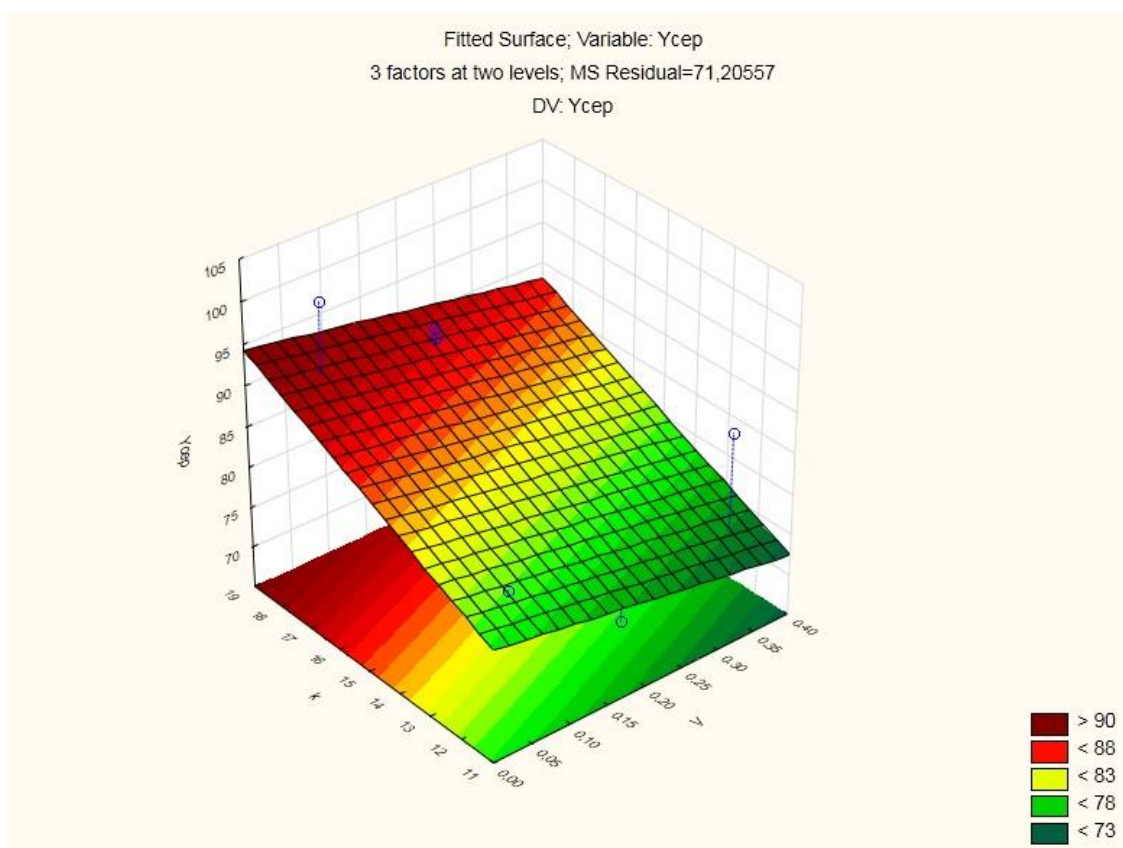
2.6. Результати проведення факторного експерименту

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

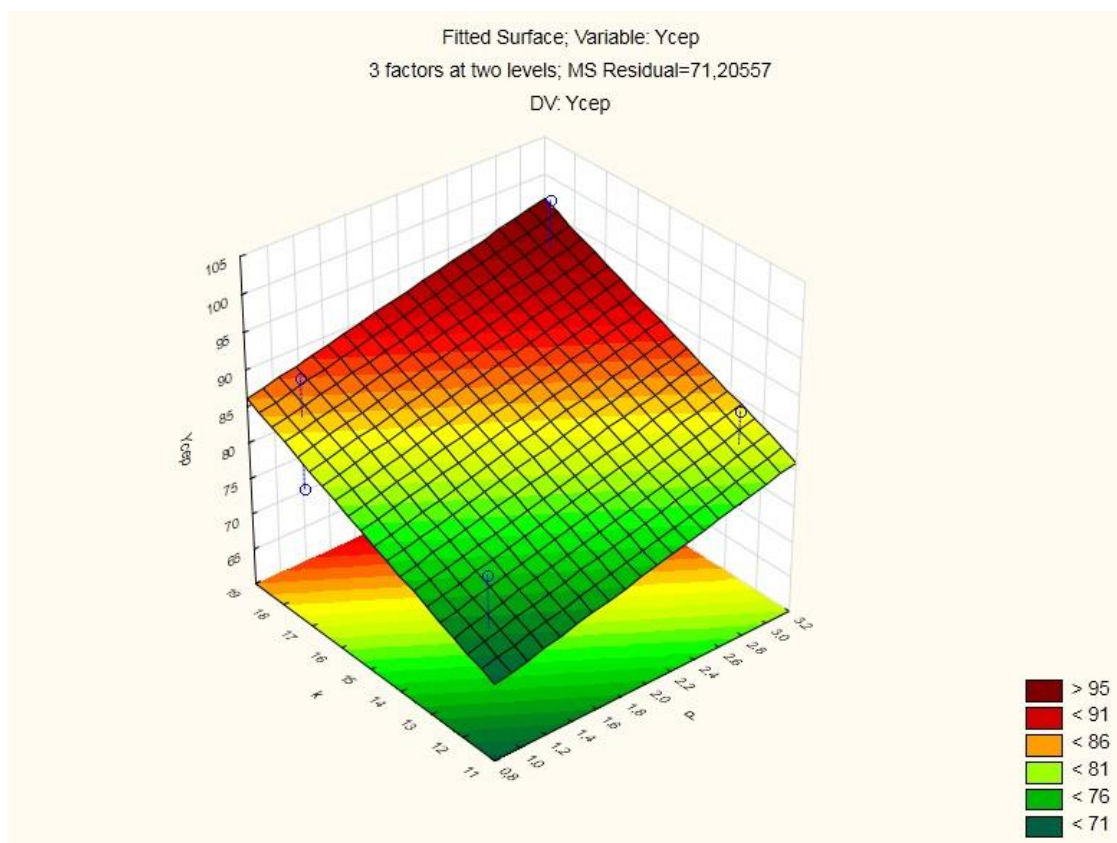
За результатами проведеного факторного експерименту побудуємо поверхні відгуку та лінії рівного виходу за отриманими результатами (рис. 2.5), (рис. 2.6).



а



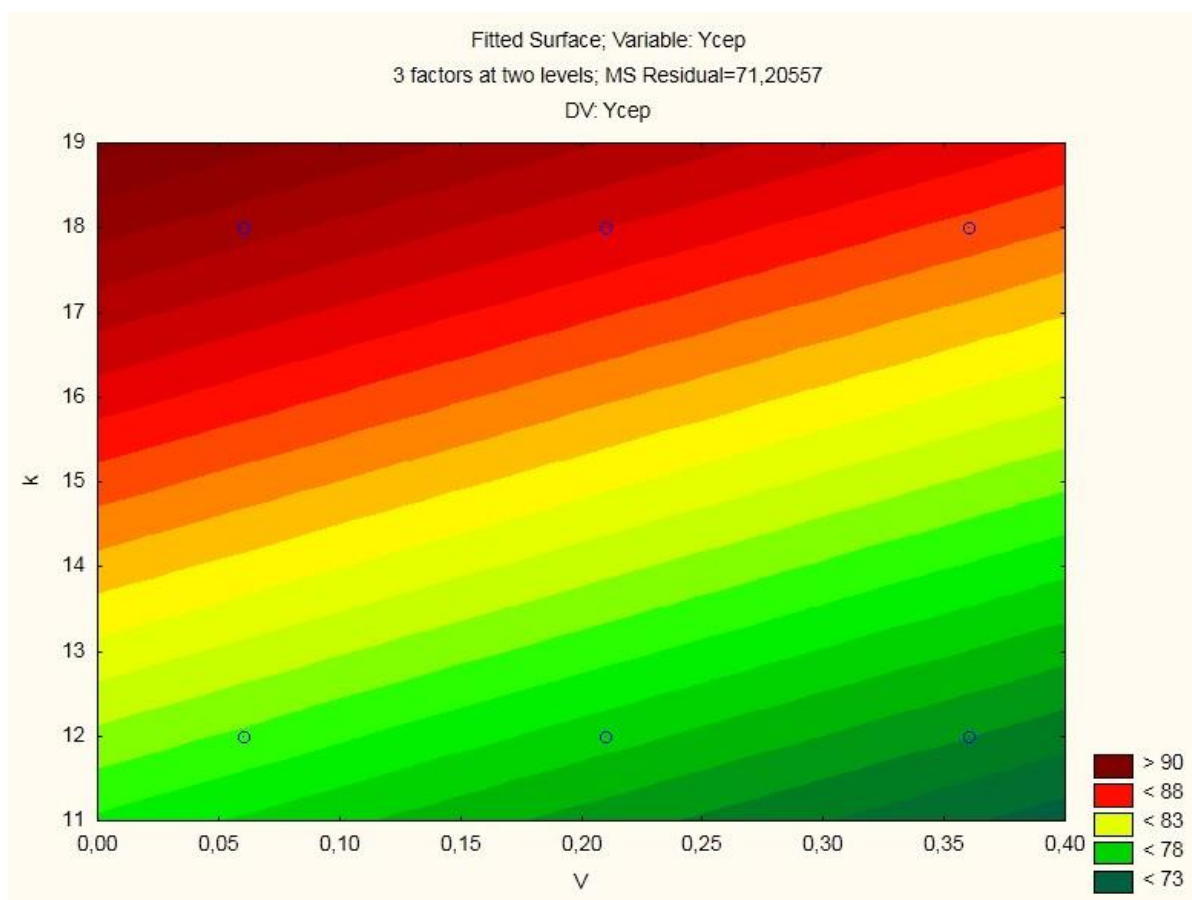
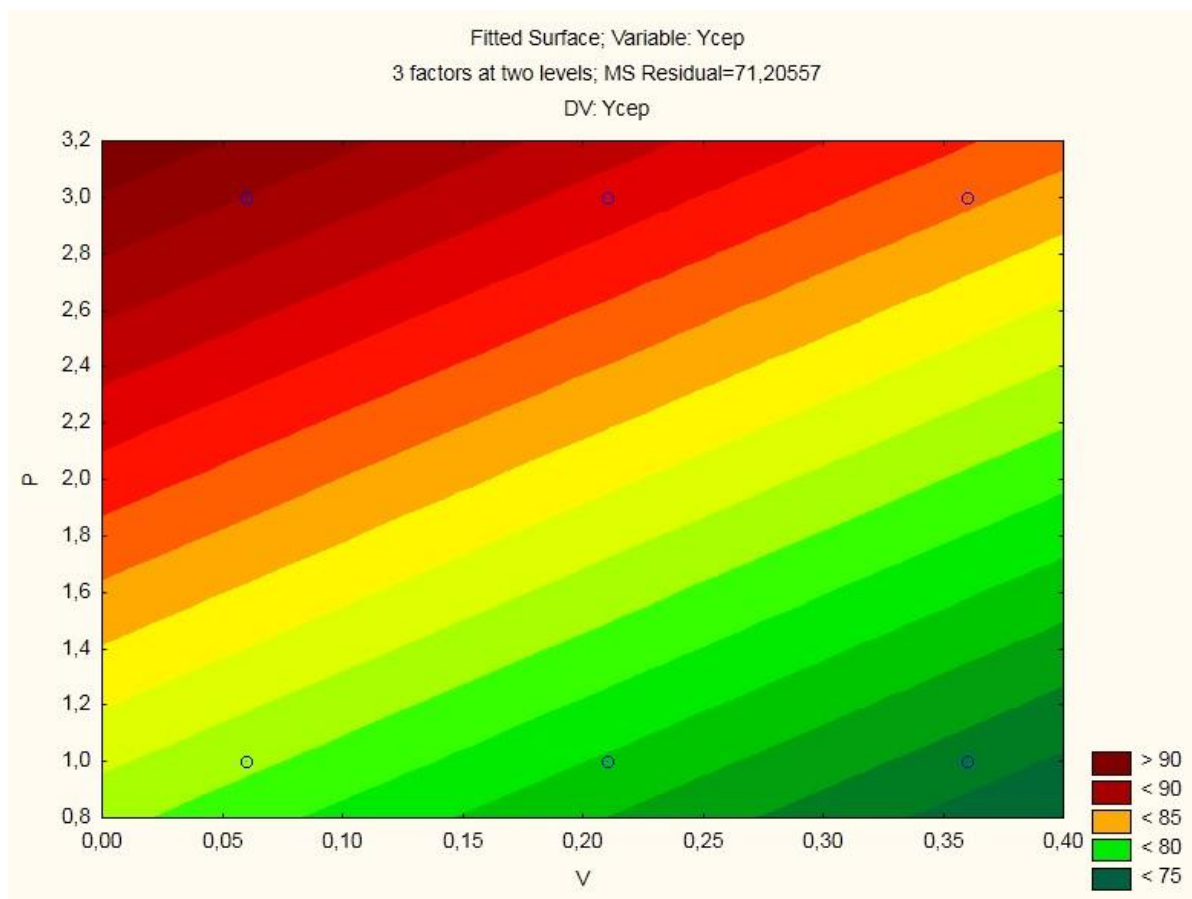
б



в

Рис. 2.5 Залежність поверхонь і лінії рівного виходу якісного показника від впливових факторів

а - залежність $K_3(Y_{сер})$ від лінійної швидкості комірок V та рівня розрідження вентилятора P ; б - залежність $K_3(Y_{сер})$ від лінійної швидкості комірок V та кількості отворів диску k ; в - залежність $K_3(Y_{сер})$ від кількості отворів диску k та рівня розрідження в камері висівного апарату.



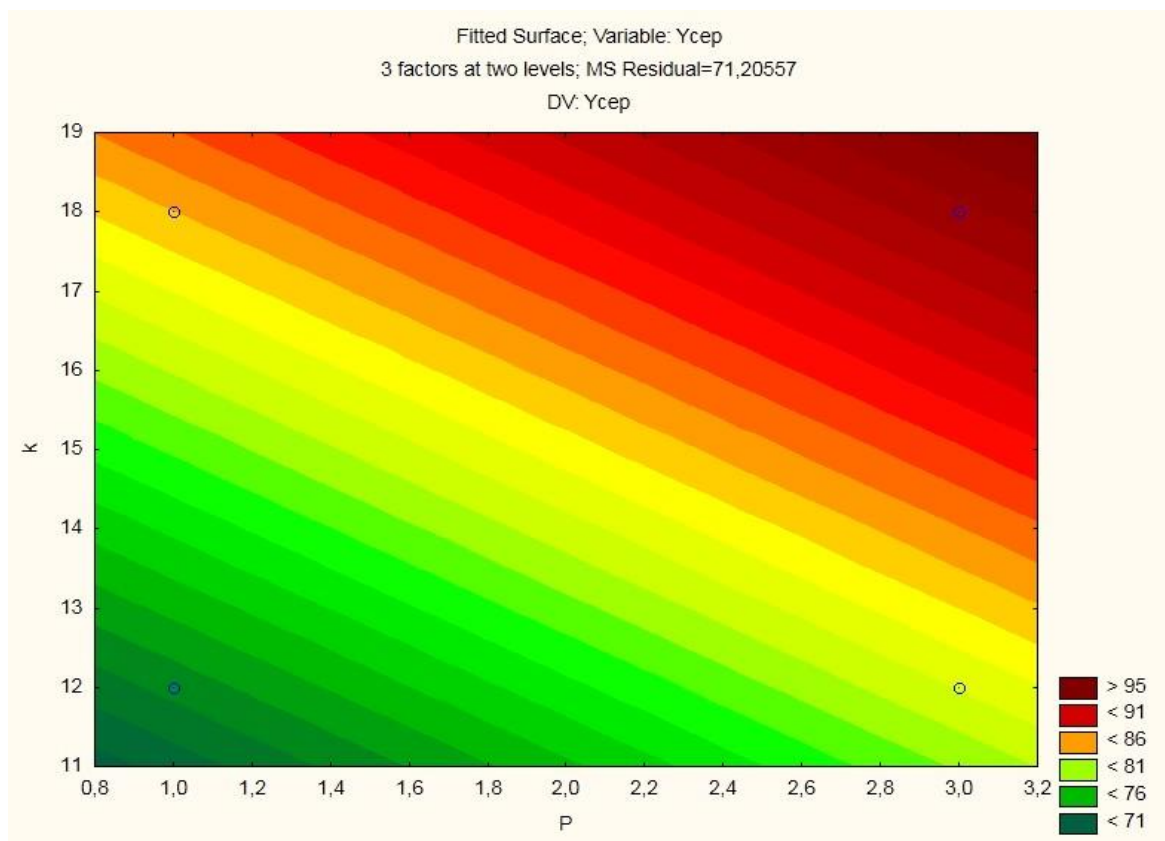


Рис. 2.6 Лінії рівного виходу

Висновки по розділу:

За допомогою багатофакторного експерименту, було визначено, що найбільш впливовим є фактор x_1 — лінійна швидкість комірок (міра впливовості — 5,8), зі збільшенням якої покращується якісний показник заповнення комірок K_3 . Менш впливовим коефіцієнтом є x_2 — рівень розрідження, який створює вентилятор (міра впливовості — 5,516). Зі збільшенням рівня розрідження в камері висівного апарату, якість заповнення комірок K_3 покращується. Ще менш впливовим фактором виявився коефіцієнт x_3 — кількість отворів диску (міра впливовості — 4,66), зі збільшенням якого, якість заповнення комірок K_3 покращується. Одночасне збільшення величин двох факторів $x_1 x_2$ в цілому здійснює позитивний вплив на функцію відгуку, але міра впливу 0,623, у порівнянні з іншими, є несуттєвою.

Аналізуючи співвідношення рівнів виходу встановлено раціональні значення впливових факторів для нормальної роботи висівного апарату: лінійна швидкість комірок 0,33...0,39 м/с; рівень розрідження 0,8...1,2 кПа; кількість отворів 11...13.

3. ІНЖЕНЕРА ЧАСТИНА

3.1 Технологічний розрахунок

Потрібна кількість висівання насінин на 1 га:

При технологічних розрахунках висівних апаратів, потрібно враховувати вихідні дані. Для пневмомеханічних апаратів – це число насінин на 1 га.

Загальне число насіння на 1 га визначається по формулі [14]:

$$S_n = \frac{10^4 z_c}{b l_n} \quad (3.1)$$

де b - ширина міжряддя, 0,7 м;

l_n - відстані між насінинами 0,2 м;

z_c - число насінин в гнізді, 1 шт.

$$S_n = \frac{10000 \cdot 1}{0,7 * 0,2} = 71430 \text{ шт.}$$

Щоб засіяти 1 га поля, з певною швидкістю агрегату, висівний апарат повинен дозувати достатню кількість насіння. Кількість насіння, яку повинен дозувати висівний апарат розраховується за формулою [14]:

$$S'_n = \frac{v z_c}{l_n} \quad (3.2)$$

де v - швидкість агрегату 2,22 м/сек.

$$S'_n = \frac{2,22}{0,2} = 11 \text{ шт.}$$

Беручи до уваги формули (3.1), (3.2), пневмомеханічний висівний апарат повинен дозувати кожною коміркою на диску по одній насініні.

Розрахунок товщини диска:

Розраховуючи лінійні розміри комірки на висівному диску, потрібно звертати увагу на фракцію насіння. В комірку повинно присмоктуватись одна допустимо найбільша насініна, але не повинно поміщатись дві або більше допустимо найменші насініни.

Для визначення товщини диска (глибина комірки), при присмоктуванні насіння плоскою стороною, необхідно дотримуватись умови [14,15]:

$$2t_{min} > \theta_1 = t_{max} + k_1 \quad (3.3)$$

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

де θ_1 – товщина диска 3,5 мм.;

t_{max} – максимальна товщина насіння 3 мм.;

t_{min} – мінімальна товщина насіння 2 мм.;

k_1 – зазор між верхньою площиною диску та насіниною 0,5 мм.

$$2 \cdot 2 > 3,5 = 3 + 0,5$$

$$4 > 3,5 = 3,5.$$

Визначимо кількість отворів на висівному диску:

Знайдемо шлях, який пододало привідне колесо за один оберт [16]:

$$H = \frac{2\pi \cdot R_k}{\varepsilon} \quad (3.4)$$

де R_k – радіус опорно-привідного колеса 0,4 м.;

$\varepsilon = 0,94$ – коефіцієнт ковзання колеса по ґрунту.

$$H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4}{0,94} = 2,67 \text{ м.}$$

Число обертів опорно-привідного колеса сівалки при сівбі 1 га обчислюється за формулою [16]:

$$P_k = \frac{10^4}{b_s \cdot H} \quad (3.5)$$

де b_s – відстань між рядами;

$$P_k = \frac{10000}{0,7 \cdot 2,67} = 5350.$$

Визначення кількості обертів висівного диска для засівання 1 га:

$$W_{D_{min}} = P_k \cdot u_{min} \quad (3.6)$$

$$W_{D_{max}} = P_k \cdot u_{max}$$

де u_{min} і u_{max} – мінімальне та максимальне передатне число приводу диска. $u_{min} = 0,65$; $u_{max} = 0,75$.

$$W_{D_{min}} = 5350 \cdot 0,65 = 3282$$

$$W_{D_{max}} = 5350 \cdot 0,75 = 4012$$

Так як пневмомеханічним висівним апаратом потрібно забезпечувати різні норми висіву, то визначимо максимальну і мінімальну кількість отворів на висівному диску:

$$F_{D_{max}} = \frac{Q_{max}}{W_{D_{max}}} ; \quad (3.7)$$

$$F_{D_{min}} = \frac{Q_{min}}{W_{D_{min}}} ;$$

де Q_{max}, Q_{min} – мінімальна та максимальна норми висіву насіння, шт./га.

$$F_{D_{max}} = \frac{72000}{4012} = 18;$$

$$F_{D_{min}} = \frac{40000}{3282} = 12;$$

Визначення діаметру отворів на висівних дисках:

За формулою О. Будагова для нормального присмоктування посівного матеріалу, діаметр отворів на диску повинен визначатись за формулою:

$$D_y = (0,6/0,7)h_g, \quad (3.8)$$

де h_g – середня ширина посівного матеріалу, 0,006 м.;

$$D_y = (0,6/0,7)0,006 = 0,005 \text{ м.}$$

Визначимо крок отворів за розташуванням на диску за формулою [16]:

$$2f_{max} > y > 1,2D_y, \quad (3.9)$$

Де f_{max} – максимальний розмір насінини, 0,012м.

$$2 \cdot 0,012 > y > 1,2 \cdot 0,005$$

$$0,024 > y > 0,006$$

Розрахуємо діаметр, на якому будуть розташовуватись комірки (отвори) на диску:

$$D_l = \frac{F_{D_{max}}(y + D_y)}{\pi}, \quad (3.10)$$

$$D_l = \frac{18 \cdot (0,023 + 0,005)}{3,14} = 0,16 \text{ м.}$$

де y – крок отворів за розташуванням на диску, приймаємо 0,023м.

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

3.2 Силовий аналіз удосконаленої машини

Ефективність присмоктування посівного матеріалу до комірок висівного диска – це запорука успішної роботи пневмомеханічного висівного апарата. При обертанні висівного диска крізь живильну камеру з насінням, на посівний матеріал діє зусилля присмоктування. Для нормального захвату насіння комірками, необхідно створити рівень розрідження такої сили, яка б здолала сили інерції нерухомого посівного матеріалу та сили масового опору насіння.

Побудуємо схему сил, що діють на насініну в момент створення рівня розрідження у висівному апараті (рис. 3.1).

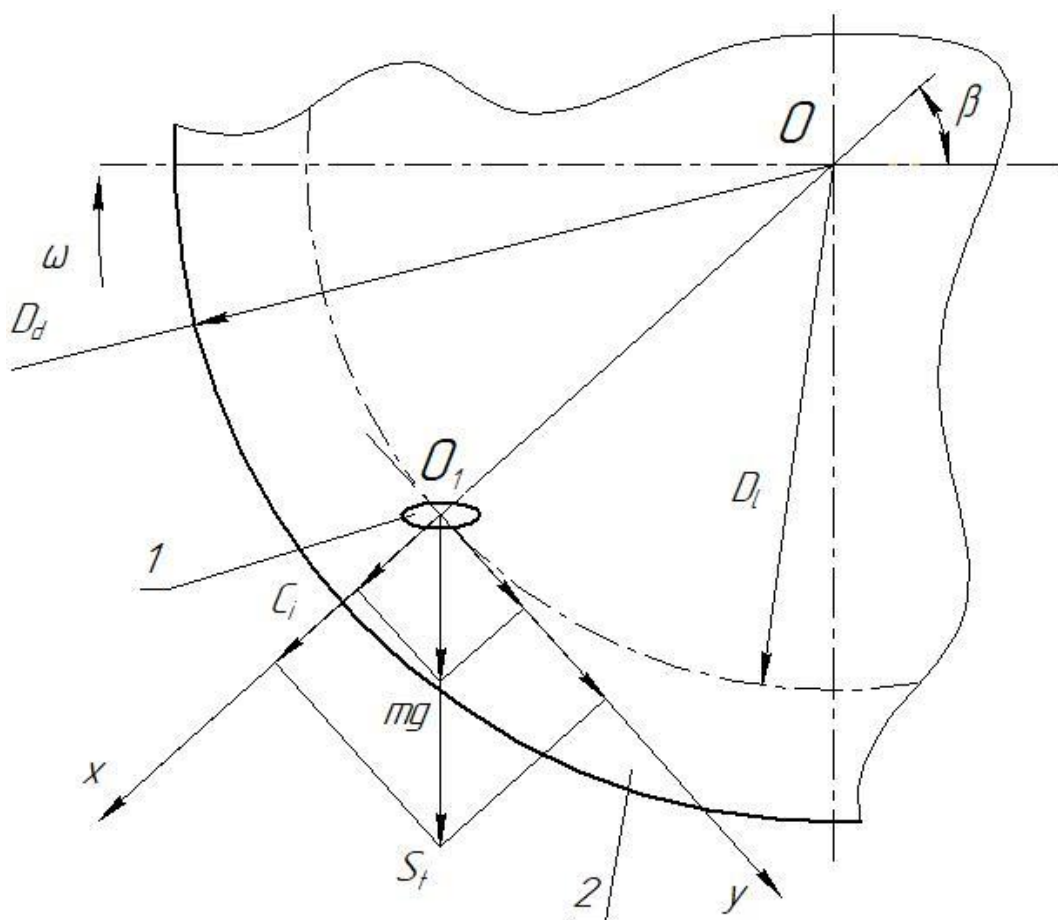


Рис. 3.1 Схема сил, що діють на насініну в момент створення рівня розрідження у висівному апараті

1 – насіння соняшнику; 2 – висівний диск.

На схемі видно, що при присмоктуванні однієї насініни із камери живлення діє C_i – сила інерції (відцентрова), mg – сила тяжіння, S_t – сила тиску, яка діє з боку, F_p – сила розрідження, F_{p_0} – сила тиску маси насіння в живильній

камері на насінину, яка присмокталась до комірки (залежить тільки від кількості та товщини шару посівного матеріалу в камері живлення).

Всі інші сили протидіють присмоктуванню та переміщенню насінин, даючи результуючу, спрямовану в протилежний бік ω .

В точці присмоктування посівного матеріалу до комірки обираємо початок координат O_1 . Для отримання результуючої діючих сил, проводимо осі O_1y , O_1x та O_1z (O_1z – спрямована перпендикулярно площині схеми).

Спроектувавши сили прикладені до насінини на осі y та x , отримуємо результуючу:

$$Q_x = C_i + mg \cdot \sin\beta + S_t \cdot \sin\beta \cdot tg\mu \quad (3.11)$$

$$Q_y = mg \cdot \cos\beta + S_t \cdot \cos\beta \cdot tg\mu$$

де $\mu = 0^\circ$ – кут внутрішнього тертя посівного матеріалу.

Визначивши, що сили S_t і F_{p_0} є незначущими, приймаємо рішення вилучити їх із першого рівняння виразу. Рівняння матиме вигляд:

$$R_p = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \quad (3.12)$$

Спростивши вирази, отримаємо:

$$R_p = \sqrt{2C_i \cdot mg \cdot \sin\beta + C_i^2 + m^2 \cdot g^2 + S_t \cdot \cos^2\beta \cdot tg\mu \cdot (2mg + S_t \cdot tg\mu)}. \quad (3.13)$$

Знайдемо силу інерції C_i за формулою:

$$C_i = m \cdot \frac{D_l}{2} \cdot \omega^2, \quad (3.14)$$

де $D_l = 0,114\text{м.}$ – діаметр, на якому розташовуються комірки (отвори) на диску;

$m = 0,00007\text{кг.}$ – маса насінини;

ω – кутова швидкість висівного диску.

Розрахуємо кутову швидкість за рівнянням:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot k, \quad (3.15)$$

де k – приймаємо 18 отворів.

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 18 = 113 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Тоді сила інерції C_i дорівнює:

$$C_i = 0,00007 \cdot \frac{0,114}{2} \cdot 113^2 = 0,051 \text{ Н.}$$

Знайдемо силу тиску S_t , яка діє з боку за формулою:

$$S_t = U_n \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (3.16)$$

де U_n – сила вертикального тиску, яка створюється за рахунок посівного матеріалу в камері живлення.

Сила вертикального тиску визначається за виразом:

$$U_n = 2S_p \frac{\rho g R_{nk}}{(\varphi_1 + \varphi_2) \operatorname{tg}^2 \beta}, \quad (3.17)$$

де $S_p = 0,013 \text{ м.}$ – площа поперечного перерізу, насінини, яка присмокталась до комірки;

$\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ – густина посівного матеріалу (насіння соняшнику);

$R_{nk} = 0,07 \text{ м.}$ – радіус камери живлення висівного апарата;

$\varphi_1 = 30^\circ$ – кут тертя посівного матеріалу об диск;

$\varphi_2 = 10^\circ$ – кут тертя посівного матеріалу об площину висівного корпусу;

$g = 9,8 \text{ Н/кг.}$ – прискорення вільного падіння;

$\beta = 45^\circ$

$$U_n = 2 \cdot 0,013 \frac{400 \cdot 9,8 \cdot 0,07}{(30 + 10) \cdot 1} = 0,178 \text{ Н.}$$

Тоді сила тиску дорівнює:

$$S_t = 0,178 \cdot 1 = 0,178 \text{ Н.}$$

Отже, результуюча буде дорівнювати:

$$R_p = \sqrt{2 \cdot 0,051 \cdot 0,00007 \cdot 9,8 \cdot 0,707 + 0,0026 + 0,00007^2 \cdot 9,8^2 + 0,178 \cdot 0,5 \cdot 0 \cdot (2 \cdot 0,00007 \cdot 9,8 + 0,178 \cdot 0)} = 0,0515 \text{ Н.}$$

Визначимо силу розрідження для подальшої перевірки розрахунків за формулою:

$$F_p = \frac{\sqrt{C_i^2 + m^2 \cdot g^2 + 2C_i \cdot mg \cdot \sin \beta + S_t \cdot \cos^2 \beta \cdot \operatorname{tg} \mu \cdot (2mg + S_t \cdot \operatorname{tg} \mu)}}{\operatorname{tg} \varphi_1} \quad (3.18)$$

$$F_p = \frac{\sqrt{0,0026 + 0,00007^2 \cdot 9,8^2 + 2 \cdot 0,051 \cdot 0,00007 \cdot 9,8 \cdot 0,707 + 0,178 \cdot 0,5 \cdot 0 \cdot (2 \cdot 0,00007 \cdot 9,8 + 0,178 \cdot 0)}}{0,577} = 0,87 \text{ Н.}$$

Проводимо перевірку за умовою присмоктування однієї насінини до комірки за формулою:

$$F_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \geq R_p \quad (3.19)$$

$$0,87 \cdot 0,577 \geq 0,0515$$

$$0,5 \geq 0,0515$$

Умова виконується.

Посівний матеріал тримається біля комірки завдяки силі тертя, яка обумовлена силою розрідження та силою тиску на вісь:

$$F_{tr} = (F_p + F_{p_0}) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (3.20)$$

де $\varphi_1 = 30^\circ$ – кут тертя посівного матеріалу об диск;

$F_{p_0} = 0,042 \text{ Н.}$ – сила тиску маси насіння в живильній камері на насінину, що присмоктувалась [14].

$$F_{tr} = (0,87 + 0,042) \cdot 0,577 = 0,5 \text{ Н.}$$

Висновок по розділу.

Згідно розрахунків, при даних параметрах пневмомеханічного висівного апарату, великої ефективності можна досягти завдяки достатній силі розрідження $F_p = 0,87 \text{ Н.}$ За допомогою аналізу розрахунків, вдалось визначити, що рівень посівного матеріалу в живильній камері пневмомеханічного висівного апарату має великий вплив на захват та присмоктування насіння із маси посівного матеріалу.

3.3 Кінематичний аналіз модернізованої машини

Для раціональної роботи пневмомеханічного висівного апарата визначимо передаточні відношення в опорно-приводному колесі. Схема приводу виглядає так (рис. 3.3):

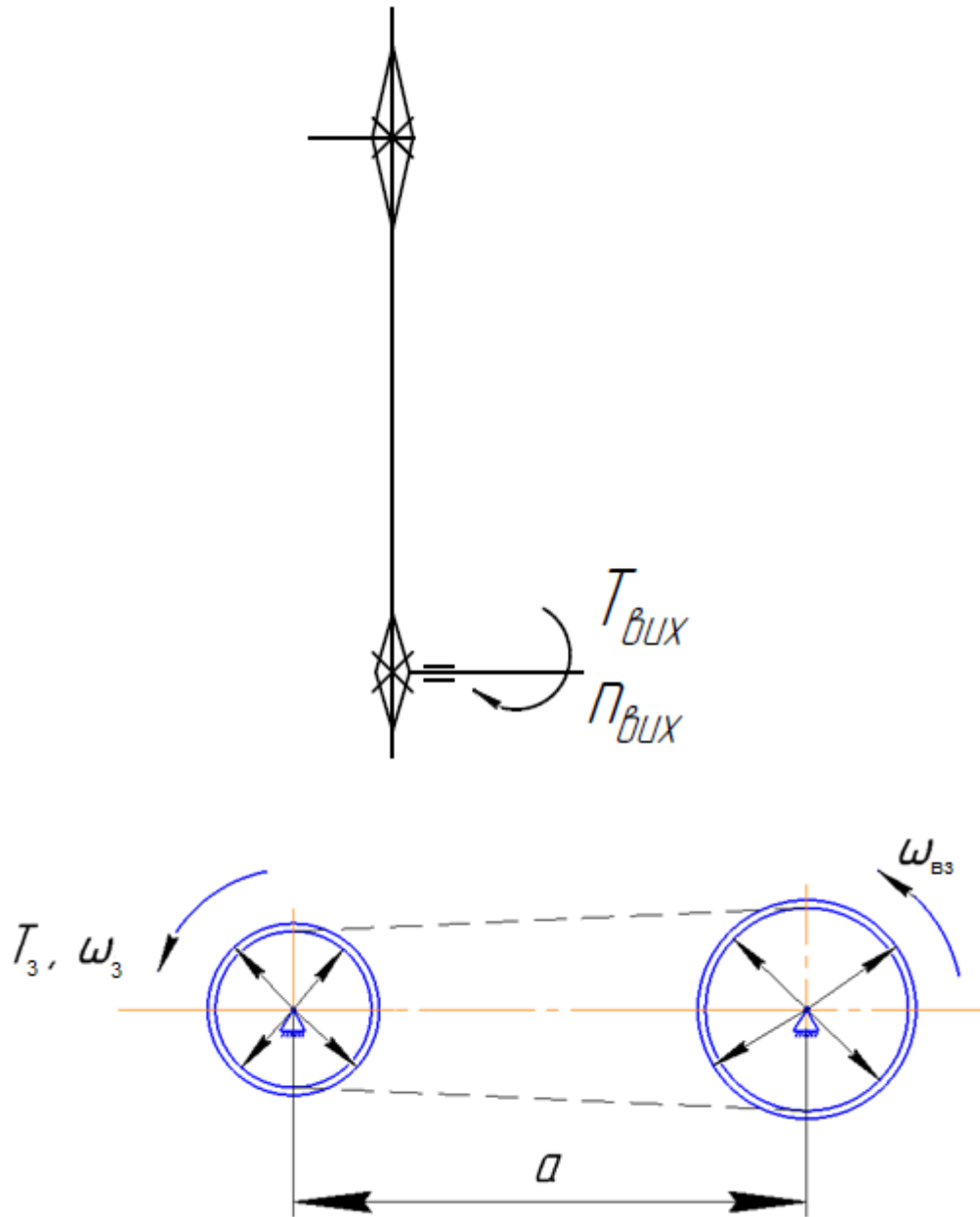


Рис. 3.3 Кінематична схема приводу

$\eta_{лн} = 0,92$ – ККД ланцюгової передачі.

Вихідні дані:

Обертовий момент на валу ведучої зірочки: $T_3 = 40$ Нм;

Кутова швидкість на валу ведучої зірочки: $\omega_3 = 15$ рад/с.;

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

Передаточне число ланцюгової передачі: $U=2.15$.

приймаємо число зубців ведучої зірочки:

$$z_1=25$$

Визначаємо число зубців веденої зірочки за формулою:

$$z_2 = z_1 \cdot U = 25 \cdot 2.15 = 54; \quad (3.21)$$

Перевіряємо умову:

$$z_2 \leq z_{\max} = 100..120;$$

$$54 \leq 100..120;$$

Обчислюємо коефіцієнт експлуатації за формулою:

$$\begin{aligned} K_E &= K_D \cdot K_A \cdot K_H \cdot K_{PG} \cdot K_3 \cdot K_P, \\ K_E &= 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.5 \cdot 1 = 1.5 \end{aligned} \quad (3.22)$$

де $K_D = 1$ – коефіцієнт динамічного навантаження;

$K_A = 1$ – коефіцієнт міжосьової відстані;

$K_H=1$ – коефіцієнт нахилу передачі до горизонту;

$K_{PG}=1$ – коефіцієнт способу регулювання натягу ланцюга;

$K_3=1,5$ – коефіцієнт змащення і забруднення передачі;

K_P – коефіцієнт режиму роботи передачі протягом доби.

Тиск в шарнірах ланцюга приймаємо $[q] = 25,7 \text{ Н / мм}^2$;

Обчислюємо необхідний крок ланцюга:

$$P \geq 2,82 \sqrt[3]{\frac{T_3 \cdot K_E}{z_1 \cdot [q]}} = 2,28 \sqrt[3]{\frac{40 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{25 \cdot 25,7}} = 19,3 \text{ мм.} \quad (3.23)$$

Вибираємо ланцюг з відповідним кроком:

Ланцюг роликів, нормальної серії однорядний (за ГОСТ 13568-75)

ПР-25.4-5670: $P=25,4$ мм, $F_p=56700$ Н, $A=180$ мм², $m=2,60$ кг.

Визначаємо довжину ланцюга в кроках за формулою:

$$l_p = 2a_p + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{1}{a_p} = 2 \cdot 40 + \frac{25 + 79}{2} + \left(\frac{79 - 25}{2 \cdot 3.14} \right)^2 \cdot \frac{1}{40} = 133.85 \approx 134 \text{ мм.} \quad (3.24)$$

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

Уточнюємо розрахункову міжосьову відстань:

$$a = \frac{P}{4} \cdot \left[l_p - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(l_p - \frac{z_2 + z_1}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2} \right] = 1007 \text{ мм.} \quad (3.23)$$

Визначаємо основні розміри зірочок:

Ділильні діаметри зірочок:

$$d = \frac{P}{\sin \frac{180}{z}};$$

$$d_1 = \frac{25,4}{\sin \frac{180}{25}} = 203,2 \text{ мм}; \quad d_2 = \frac{25,4}{\sin \frac{180}{79}} = 639,8 \text{ мм.}$$

Діаметри кола виступів зірочок:

$$d_a = \frac{P}{\operatorname{tg} \frac{180}{z}} + 0,5 \cdot P;$$

$$d_{a1} = \frac{25,4}{\operatorname{tg} \frac{180}{25}} + 0,5 \cdot 25,4 = 214,287 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = \frac{25,4}{\operatorname{tg} \frac{180}{79}} + 0,5 \cdot 25,4 = 650,89 \text{ мм.}$$

Перевірочні розрахунки.

Перевіряємо виконання умови що до кутової швидкості

$$w_3 \leq w_{3\max}; \quad 15 \text{ рад/с} \leq 80 \text{ рад/с.}$$

Визначаємо середню кутову швидкість за формулою:

$$V = w_3 \cdot \frac{d_1}{2} \quad (3.24)$$

$$V = 15 \cdot \frac{0,2027}{2} = 1,5 \text{ м/с.}$$

Визначаємо колову силу за формулою:

$$F_{ks} = \frac{P_{qz}}{V} \quad (3.25)$$

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

$$F_{ks} = \frac{2250}{1,5} = 1500 \text{ Н.}$$

Перевіряємо ланцюг на зносостійкість:

$$q = \frac{F_{ks} \cdot K_E}{A} \quad (3.26)$$

$$q = \frac{1500 \cdot 1,5}{180} = 12,5$$

$12,5 \leq 25,5$ – умова виконується

Обчислюємо натяг ланцюга від відцентрових сил за формулою:

$$F_{vn} = m \cdot V^2 \quad (3.27)$$

$$F_{vn} = 2,6 \cdot 1,5^2 = 5,85 \text{ Н.}$$

Визначаємо натяг від власної ваги за формулою:

$$F_0 = K_f \cdot a \cdot m \cdot g \quad (3.28)$$

$$F_0 = 4 \cdot 1,007 \cdot 2,6 \cdot 9,81 = 102,7 \text{ Н.}$$

Перевіряємо ланцюг за запасом міцності за формулою:

$$F_{vn} = \frac{F_p}{F_{ks} \cdot K_D + F_{vn} + F_0} \quad (3.29)$$

$$F_{vn} = \frac{56700}{1500 \cdot 1 + 102,7 + 5,85} = 35,2$$

$35,2 > 9,3$ – умова виконується

Визначаємо навантаження на вали зірочок за формулою:

$$F_b = K_B \cdot F_{ks} \quad (3.30)$$

$$F_b = 1,05 \cdot 1500 = 1575 \text{ Н.}$$

3.4 Розрахунки на міцність скидача

Використаємо програму SolidWorks Simulation 2021 для нового скидача насіння пневмомеханічного висівного апарата (рис.3.4). Побудувавши тривимірну модель із нержавіючої листової сталі AISI 316 (ГОСТ – 5582-75).

Параметри заготовки:

- товщина – 2 мм.;
- загальна довжина розгортки – 50,6 мм.;

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

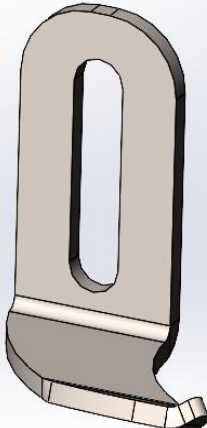
- ширина – 16 мм.



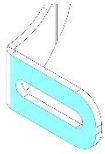
Рис. 3.4. Новий скидач пневмомеханічного висівного апарату

Властивості, місце кріплення та результуючі сили деталі вказані в таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1

Модель	Властивості		Компоненти
	Ім'я:	AISI 316 Нержавіюча сталь, лист 2 (SS)	Тверде тіло
	Тип моделі:	Лінійний, Пружний, Ізотропний	
	Критерій міцності за замовчуванням:	Максимальна напруга	
	Межа текучості:	1,72369e+08 N/m ²	
	Межа міцності при розтягу:	5,8e+08 N/m ²	
	Модуль пружності:	1,93e+11 N/m ²	
	Коефіцієнт Пуассона:	0,27	
	Масова щільність:	8 000 kg/m ³	
		Коефіцієнт теплового розширення:	1,6e-05 /Kelvin
Дані кривої:N/A			

Ім'я кріплення		Зображення		Дані кріплення	
				МТР 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Арк.
					41

Зафіксований		Об'єкти:	1 грань	
		Тип:	Зафіксована геометрія	
Результуючі сили				
Компоненти	X	Y	Z	Результуюча
Сила реакції (N)	-2,4246	0,911141	-1,21574	2,86128
Реактивний момент (N.m)	-8,31823e-05	0,0429973	-8,2259e-06	0,0429974

Таблиця 3.2

Скидач насіння контактує з посівним матеріалом по трьох гранях, тому будемо прикладати навантаження саме в цих місцях (рис.3.2), таблиця 3.3.

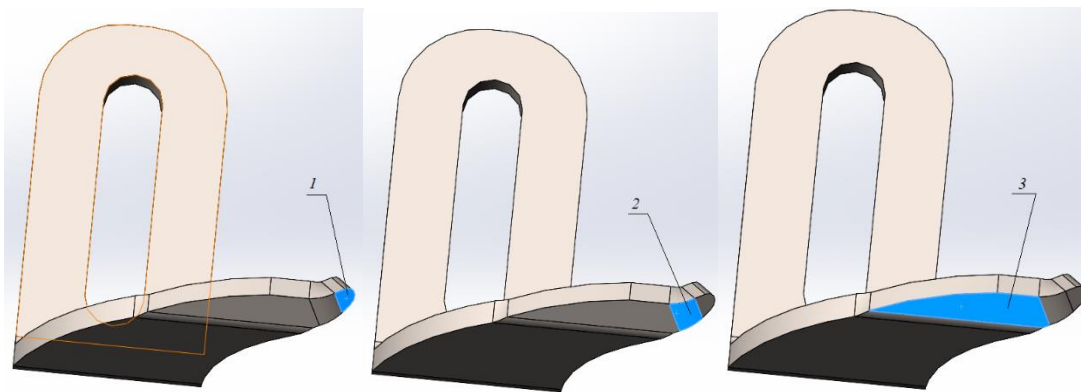


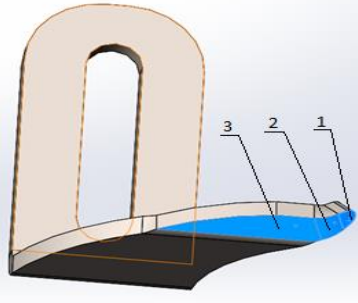
Рис. 3.2. Місця прикладення навантаження.

де 1 – площа, яка перша контактує з насінням; 2 – площа, яка пересуває насіння до нижньої частини скидача; 3 – площа, яка остаточно відсікає насіння у живильну камеру.

Прикладемо силу $F_{nd} = 1$ Н на три грані.

Таблиця 3.3

				МТР 00.000 ПЗ		Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Ім'я навантаження	Зображення	Дані
F_{nd}		Об'єкти: 3 грані Тип: Приложити нормальну силу Значення: 1 N

Змодельовавши роботу скидача насіння у пневмомеханічному висівному апарату, виявили, що максимальне зусилля складатиме 0,7 кг. Розрахунки моделювання приведені в таблицях 3.4., 3.5, 3.6, 3.7.

Приклавши зусилля до скидача, визначили, що межа текучості матеріалу не перевищена, максимальне зміщення виникає на першій площині деталі, деформації деталі не відбувається, скидач витримує навантаження. Запас міцності дорівнює 20.

Таблиця 3.4

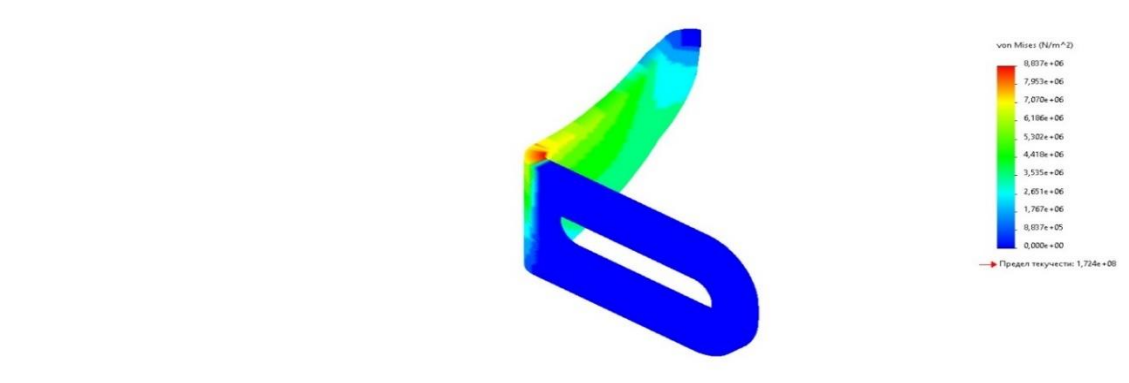
Статичне навантаження на скидач

Імя	Тип	Мін	Макс
Напруга	VON: Напруга Von Mises	0,000e+00N/m ² Вузол: 1009	8,837e+06N/m ² Вузол: 868

Імя моделі: Сборка1
Навантаження дослідження: Статичний 1 (-)

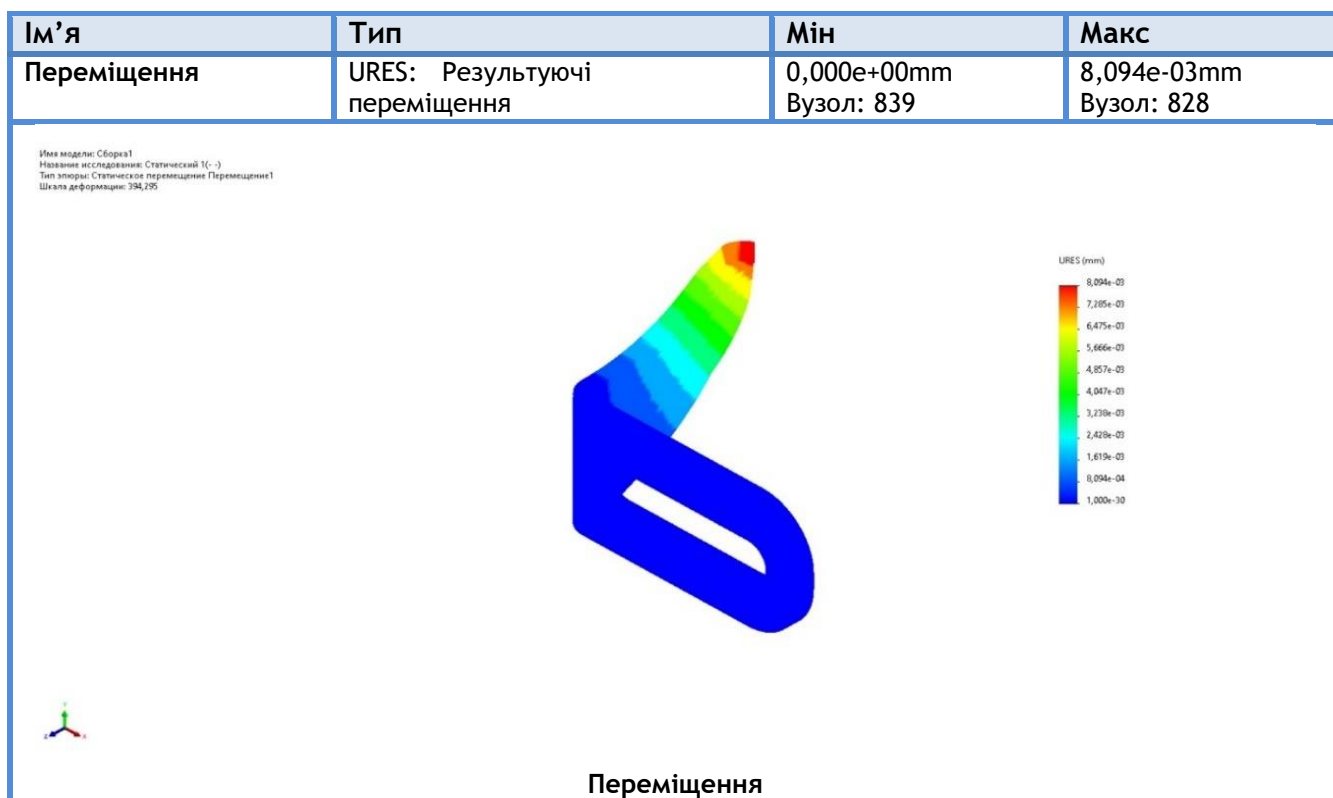
Тип зображення: Статичний уловлює напруження (Сверлу и снузу) Напруження1

Шкала деформації: 394,295



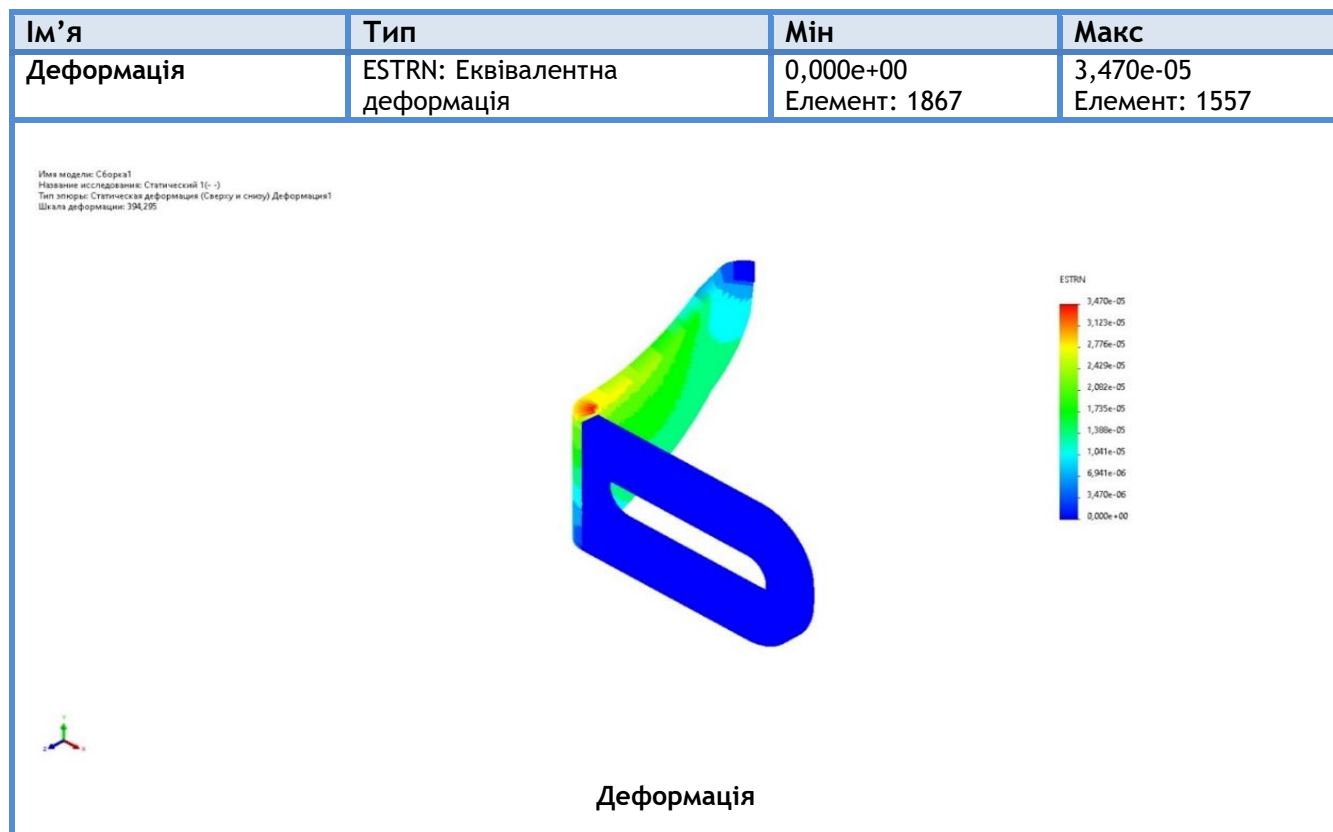
Статичний

Результуючі сили переміщення на скидач



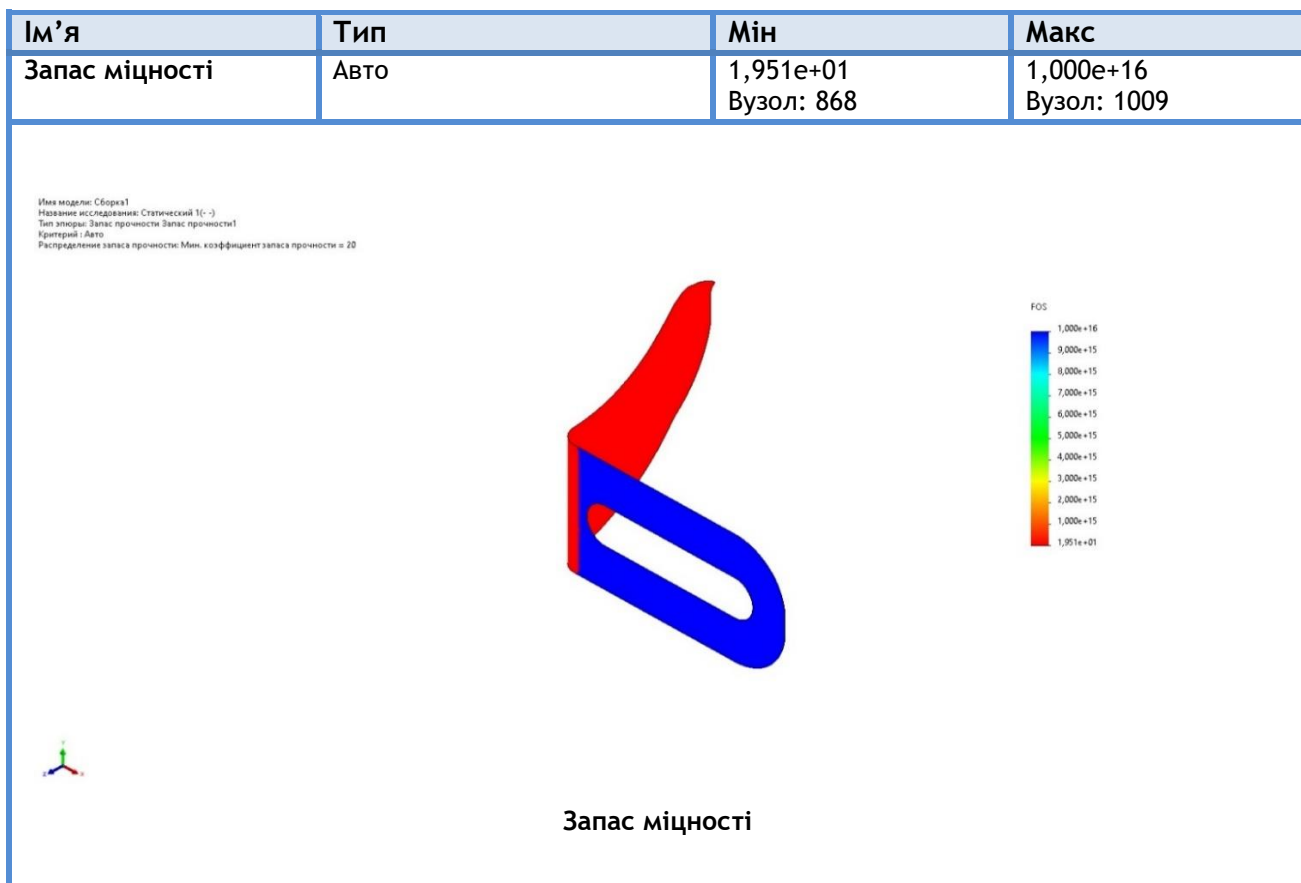
Таблиця 3.6

Еквівалентна деформація скидача



Таблиця 3.7

Запас міцності скидача



3.5 Розрахунки на міцність валу опорно-приводного колеса

При роботі опорно-приводного колеса, вал сприймає циклічно змінну напругу. Основний критерій валів на зносостійкість – це втомне руйнування а розрахунковим критерієм є опір втомленості (а саме його запас).

Вихідні параметри для розрахунків є обертовий та згинальний моменти. Саме такі сили прикладаються до валу, при русі сівалки. Такі сили приводять до деформації валу, що призводить до непрацездатності сівалки [17].

Розрахуємо колову силу:

$$F_t = 2 \cdot \frac{T_3}{d_B} \quad (3.31)$$

де $d_B = 40\text{мм.}$ – діаметр валу;

Обертовий момент на валу ведучої зірочки $T_3 = 40000\text{ Н} \cdot \text{мм.}$

$$F_t = 2 \cdot \frac{40000}{40} = 2000\text{ Н/мм}$$

Розрахуємо радіальну силу:

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.32)$$

$$F_r = 2000 \cdot \operatorname{tg} 160 = 728 \text{ Н/мм}$$

Визначимо загальну діючу силу за формулою:

$$F_{\text{заг.}} = \sqrt{F_t^2 + F_r^2} \quad (3.33)$$

$$F_{\text{заг.}} = \sqrt{2000^2 + 728^2} = 2128 \text{ Н}$$

Визначимо сумарні реакції опор за формулою:

$$R_A = R_B = \frac{F_{\text{заг.}}}{2} = 1064 \text{ Н} \quad (3.34)$$

Визначимо сумарний згинальний момент у небезпечному перерізі (на ділянці, де встановлюється шестерня), в якому діють максимальні згинальні моменти за формулою:

$$M_{\text{заг.}} = R_A \cdot n_l \quad (3.35)$$

де $n_l = 35,5 \text{ мм.}$ — відстань від середини підшипника до місця прикладення сили F_t .

$$M_{\text{заг.}} = 1064 \cdot 35,5 = 37772 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Обираємо матеріал валу: Сталь 45 $\sigma_{-1} = 260 \text{ Н/мм}^2$; $\tau_{-1} = 150 \text{ Н/мм}^2$;

Амплітуда нормальних напружень визначається за формулою:

$$\sigma_a = \frac{M_{\text{заг.}}}{W_{pr}} \quad (3.36)$$

$$\sigma_a = \frac{37772}{5820} = 6,5 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2$$

де W_{pr} — осьовий момент перерізу, який визначається за формулою:

$$W_{pr} = \frac{\pi \cdot d_b^3}{32} - \frac{6t(d_b - t)^2}{2d_b} \quad (3.37)$$

де $t = 5 \text{ мм.}$ — ширина пазу.

$$W_{pr} = \frac{3,14 \cdot 40^3}{32} - \frac{6 \cdot 5(40 - 5)^2}{2 \cdot 40} = 5820 \text{ мм}^3$$

Амплітуда тангенціального напруження визначається за формулою:

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{M_o}{2 \cdot W_{pr}} \quad (3.38)$$

					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

де $M_o = 40 \cdot 10^3$ – обертовий момент.

$$\tau_m = \frac{40 \cdot 10^3}{2 \cdot 5820} = 3,5 \text{ Н/мм}^2$$

Загальний розрахунковий коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = 4,2 \quad (3.39)$$

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m(0)} = 11,764; \quad \tau_\sigma = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} = 9,16;$$

де $k_\sigma = 1,75$; $k_\tau = 1,5$ – ефективні коефіцієнти концентрації напружень створеної шпонковим пазом;

$\psi_\sigma = 0,20$ – коефіцієнт чутливості до асиметрії циклу напруження при згині;

$\psi_\tau = 0,10$ – коефіцієнт чутливості до асиметрії циклу напруження та крученні;

$\varepsilon_\sigma = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує діаметр перерізу валу;

$\varepsilon_\tau = 0,73$ – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні.

Міцність і жорсткість валу буде в межах норми, якщо буде виконуватись умова:

$$n > [n] \quad (3.40)$$

де $[n] = 2$

$$4,2 > 2.$$

Таким чином міцність і жорсткість валу забезпечена.

Будуємо епюру обертових та згинальних моментів валу (рис. 3.5)

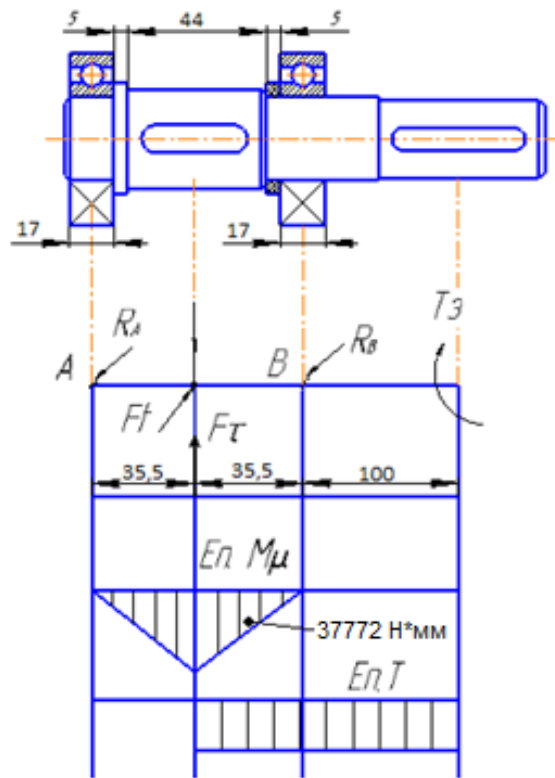


Рис. 3.5 Епюра обертових та згинальних моментів валу

Висновки по розділу.

Аналізуючи розрахунки в інженерній частині, можна зробити висновки, що новий скидач є ефективним. Зменшення маси за рахунок зміни форми та товщини заготовки скидача є доцільним, тому що мінімальний запас міцності дорівнює 20, деформації скидача не відбувається, скидач витримує навантаження. Тобто, модернізований скидач не втратив міцності й при цьому вдалось досягти економічного ефекту.

Вал опорно-приводного колеса сприймаючи циклічно змінну напругу повністю витримує прикладені навантаження, деформації не відбувається. Міцність та жорсткість валу забезпечена. Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності дорівнює 4,2.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Для забезпечення безпечної експлуатації сівалки, потрібно дотримуватись правил та порад з керівництва по експлуатації від виробника.

Заборонено вносити зміни в конструкцію без згоди з виробником. Це може призвести до неправильної роботи, поломки всього агрегату або травмування персоналу.

Під час експлуатації, ремонту або постановки на зберігання сівалки забороняється присутність сторонніх осіб.

При неправильному використанні сівалки некомпетентними робітниками, можуть виникати нещасні випадки. В тому числі людям із поганим станом здоров'я, недосвідченим або взагалі без прав та допуску до роботи.

В робочому стані не дозволяється рухатись заднім ходом разом із сівалкою, тільки вперед, по ходу трактора.

Потрібно перевірити абсолютну справність усіх захисних деталей для експлуатації або транспортування по дорогах загального призначення.

По дорогах загального призначення забороняється пересуватись з сівалкою в робочому положенні. Попередньо потрібно зафіксувати висівні секції в транспортне положення.

Перед повним використанням сівалки, потрібно неодмінно провести обкатку сівалки.

При обслуговуванні чи ремонті сівалки, завжди повинен бути вимкнений двигун трактора.

Якщо була виявлена якась несправність чи поломка агрегату, потрібно миттєво зупинитися і усунути проблему або викликати сервісну службу.

Після закінчення робочої зміни, потрібно опустити навіску трактора, відключити мотор, ввімкнути гальмо для стоянки і вийняти ключ. Від'єднання трактора від сівалки повинно відбуватись на твердій, рівній поверхні для запобігання перекидання сівалки.

Пересування безпосередньо на сівалці суворо заборонено. Також не можна виконувати будь-які дії з сівалкою під час роботи або в піднятому положенні на навісці трактора.

Забороняється при роботі з добривами, протруєним насінням працювати без засобів індивідуального захисту (захисних масок, окулярів, рукавиць). Після контактування з добривами чи протруєним насінням, обов'язково потрібно змити залишки використаної суміші.

Швидкість агрегату при роботі в полі повинна не перевищувати більше 12 км/год, а при транспортуванні до 20 км/год.

Глибина посіву повинна не перевищувати 10 см.

Усі важелі управління гідросистеми трактора при агрегуванні з сівалкою потрібно встановлювати в положення "нейтрально".

Забороняється працювати на ділянках, величина схилів яких перевищує 10°.

					<i>МТР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Удосконалюючи пневмомеханічну сівалку МТР-8, було прийнято рішення ввести зміни в конструкцію пневмомеханічного висівного апарату, а також збільшити допустиму швидкість роботи за рахунок нового скидача, який мінімалізує утворення двійників.

Таблиця 5.1

Технічні та економічні показники машин, які порівнюються

№ п/п	Показники	Од. вимір	Машина	
			базова	модерн.
1.	Агрегатування		МТЗ-80+МТР-8	
2.	Кількість сівалок в агрегаті	шт.	1	1
3.	Маса машини	кг	2350	2346
4.	Маса покупних виробів	кг	470	468
5.	Оптова ціна: сівалки	шт.	309000	
6.	Собівартість сівалки	шт.	248650	
7.	Вартість покупних виробів у собівартості сівалки	грн.	68400	67000
8.	Робоча ширина захвату сівалки	м	5,6	5,6
9.	Робоча швидкість агрегату	км/год	8	8
10.	Коефіцієнт використання часу зміни: робочого експлуатаційного		0,68 0,64	0,665 0,722
11.	Кількість обслуговуючого персоналу	шт.	1	1
12.	Середньогодинна заробітна плата: тракториста конструктора, технолога		55 65	55 65
13.	Кількість найменувань оригінальних деталей, які розроблені в процесі модернізації	шт.		1
14.	Кількість найменувань деталей в машині всього в т. ч.: оригінальних стандартних	шт.	1800 790 325	1790 780 325

№ п/п	Показники	Од. вимір	Машина	
			базова	модерн.
15.	Кількість деталей в машині	шт.	12800	12720
16.	Середньорічна програма випуску машин	шт.		350
17.	Нормативне річне завантаження машини	год	210	210

Техніко-економічні розрахунки наведені в додатку А

Висновки по економічному розділу:

Згідно виконаних розрахунків, можна зробити висновок, що виробник і споживач отримають позитивний економічний ефект. А саме: виробник – 44161 грн.; споживач – 62471 грн. Такі показники свідчать про доцільність та велику ефективність технологічно-конструкторської роботи, яка виконана в даній роботі. Така ефективність обумовлюється зменшенням кількості та маси деталей, які виготовляються для виробника та збільшення продуктивності і зменшення часу на регулювання та обслуговування агрегату. Тобто запропонована модернізована машина є доцільною для впровадження у виробництво та запуску в серію.

6. ВИСНОВКИ

Аналізуючи сучасні посівні машини точного висіву, було визначено, що в основному на таких машинах використовуються пневмомеханічні висівні апарати дискового типу. Враховуючи різні проблеми конструкцій висівних апаратів, було прийнято рішення підвищення ефективності функціонування пневмомеханічного висівного апарату, шляхом обґрунтування раціональних конструктивних параметрів його окремих елементів. Була розроблена конструкція скидача насіння просапних культур. Такий скидач забезпечує надійний якісний показник заповнення комірок.

Встановивши експериментальні закономірності, вдалося обґрунтувати раціональні конструктивні та експлуатаційні параметри функціонування пневмомеханічного висівного апарату, яким обладнується модернізована конструкція сівалки МТР-8 фірми Gaspardo. Усі дослідження було проведено в ТОВ «АК «Фаворит».

Аналізуючи співвідношення рівнів виходу встановлено раціональні значення впливових факторів для нормальної роботи висівного апарату: лінійна швидкість комірок 0,33...0,39 м/с; рівень розрідження 0,8...1,2 кПа; кількість отворів на висівному диску 11...13.

Проведені в інженерній частині розрахунки підтверджують працездатність запропонованих нових конструктивних елементів. Конструкція скидача може бути цілком ефективною. Зменшення маси за рахунок зміни форми та товщини заготовки скидача є доцільним, тому що мінімальний запас міцності дорівнює 20, деформації скидача не відбувається, скидач витримує навантаження. Тобто, модернізований скидач забезпечує вимогам до міцності й при цьому вдалось досягти економічного ефекту.

Згідно виконаних техніко-економічних розрахунків, можна зробити висновок, що виробник і споживач отримають позитивний економічний ефект. А саме: виробник – 44161 грн.; споживач – 62471 грн. Такі показники свідчать про доцільність та ефективність виконаного удосконалення. Ефективність обумовлюється зменшенням кількості та маси деталей, які виготовляються для

					<i>МТР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

виробника та збільшення продуктивності і зменшення часу на регулювання та обслуговування агрегату. Тобто запропонована модернізація є доцільною і може бути рекомендована для впровадження у виробництво.

					<i>МТР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

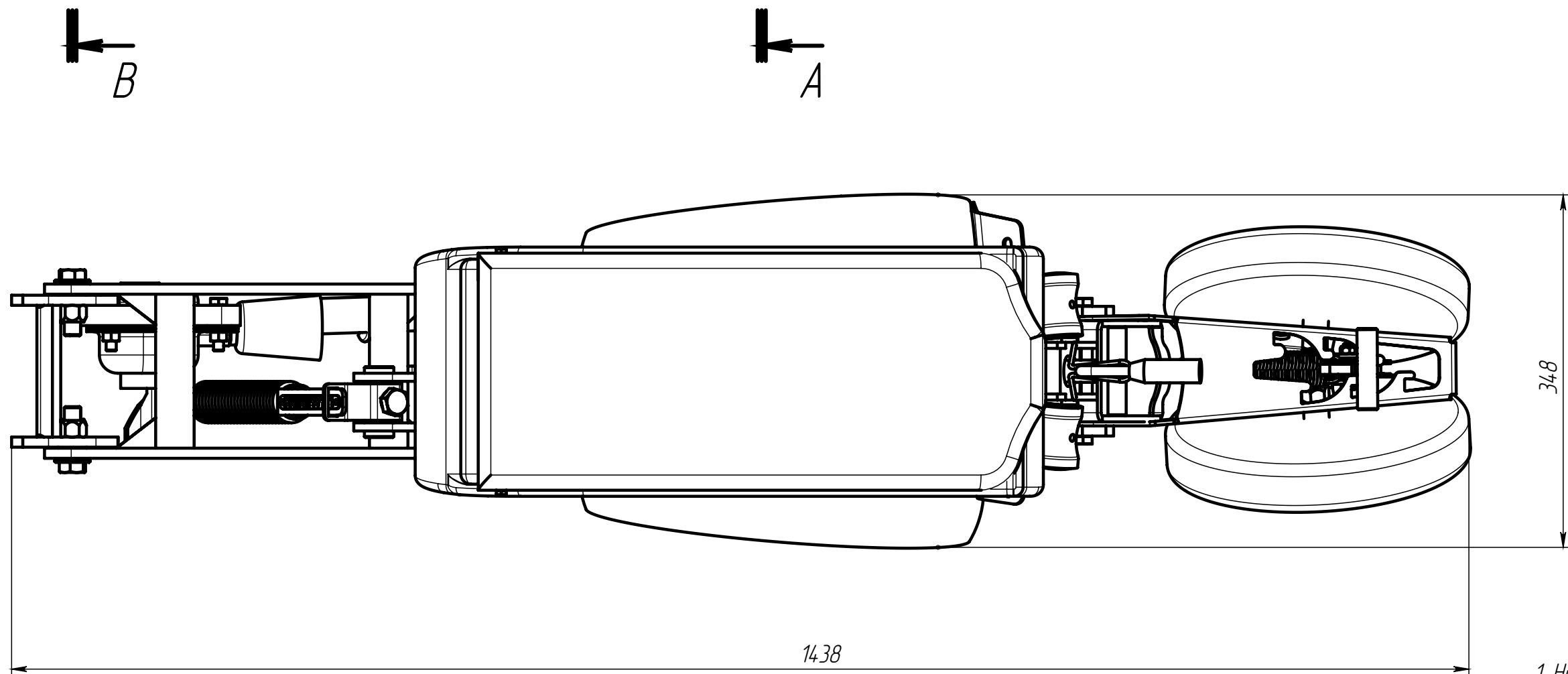
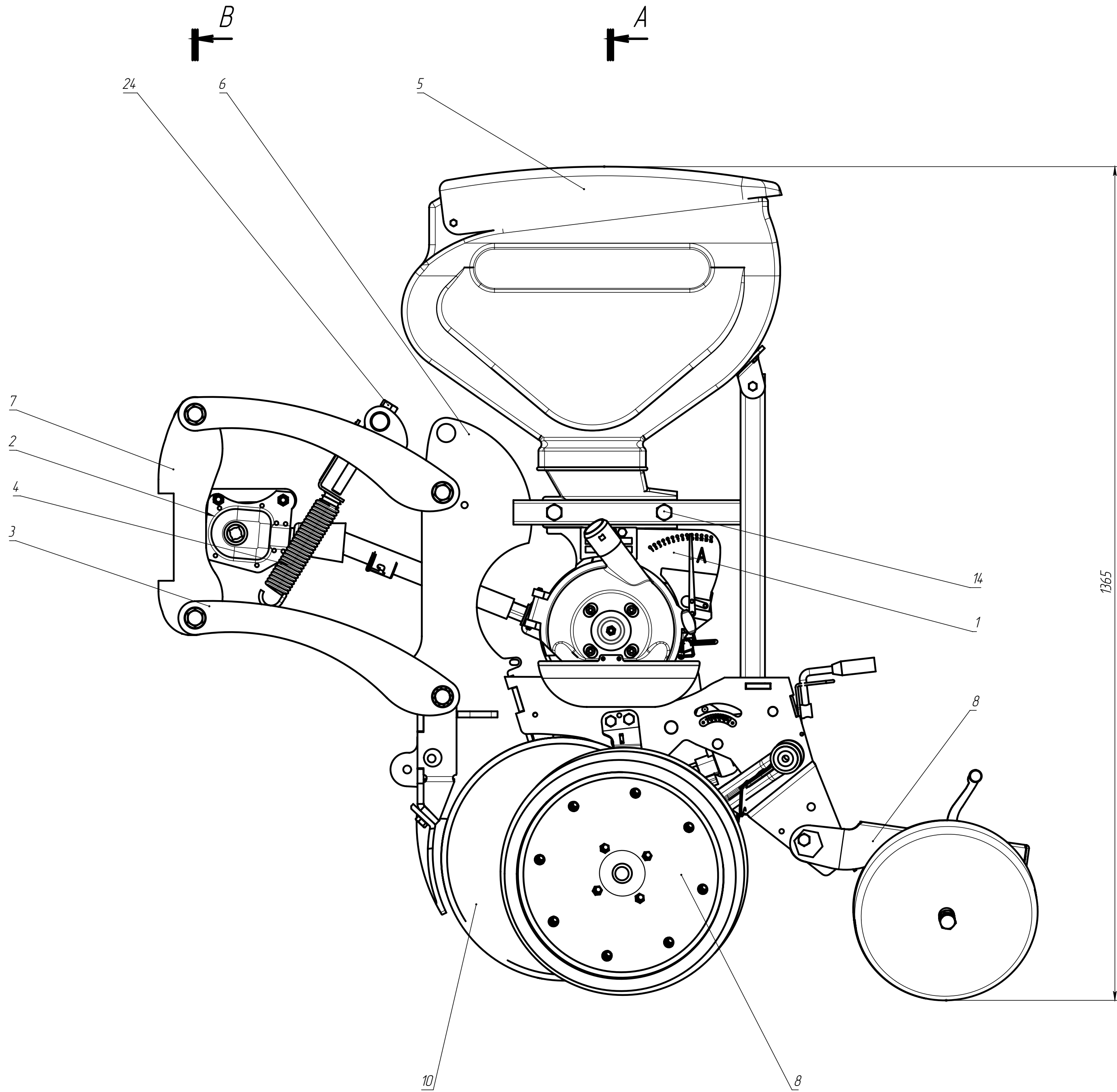
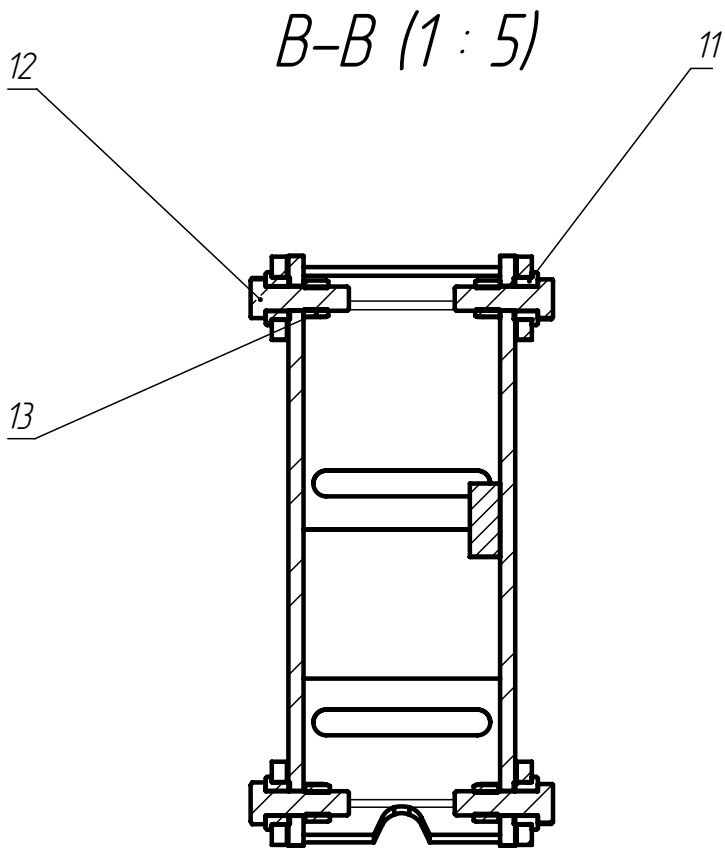
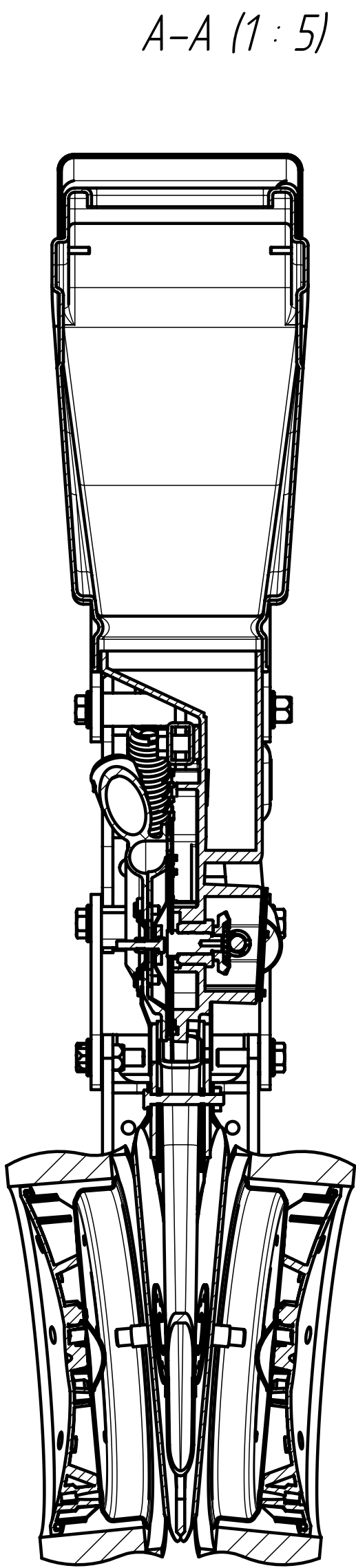
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Основи землеробства та рослинництва» Книга 1. Землеробство: Посібник для вищих учбових закладів / П.С. Лозовіцький - К. 2010 - 268 с.
2. «Механічні чи пневматичні сівалки» [Електронний ресурс] - <https://agroexpert.ua/mechanicni-ci-pnevmatichni-sivalki-aki-lipsi/>
3. «ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА» [Електронний ресурс] - <https://laboulet.com.ua/sfttech-ua/>
4. Петрусов А. И. Машины для посева, посадки и внесения удобрений. Теория, конструкции и расчет / А. И. Петрусов, В. Е. Комаристов. – Харьков, изд-во ХГУ им. А. М. Горького, 1960. – 220 с.
5. Сысолин П. В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование / П. В. Сысолин, Л. В. Погорелый. – К. : Феникс, 2004. – 266 с.
6. 2. Жук В. В. Широкозахватные пневматические сеялки–культиваторы для почвозащитных технологий / В. В. Жук, Л. И. Кондратец, Л. Г. Суворова, И. В. Кудряшова // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – № 2. – С. 62–64.
7. ДСТУ 2240-93[Електронний ресурс] - https://www.agrodialog.com.ua/wp-content/uploads/2018/04/dstu-2240_93.pdf
8. ТЕХНІЧНІ УМОВИ ЯКОСТІ НАСІННЯ [Електронний ресурс] - <https://myronivka-mrada.gov.ua/news/1616596814/>
9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка – Харків: Ч. 2. Машины для сівби та садіння. – 2001. – 452 с.
10. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. , 2008. – 543 с.
11. Горячкин В.П. Собрание починений : в 3 т / В.П. Горячкин ; под. ред. акад. Н.Д. Лучинського. – [2-е изд.] – Москва : Колос, 1968. – 348с.
12. О.Васильковський, С. Лещенко, К. Васильковська, Д. Петренко. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Кіровоград: 2016.- 204 с.

13. Методичні вказівки для виконання курсових робіт з дисципліни «Статистичні методи обробки даних» для студентів спеціальностей: 8.05050312 – Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва; 8.05050313 – Обладнання переробних і харчових виробництв; 8.10010203 – Механізація СГВ. / Укл. О.М.Васильковський, К.В.Васильковська, С.М.Мороз, С.М.Лещенко, Д.І.Петренко – Кіровоград: КНТУ, 2015. – 29 с.
14. Капустин. Основы теории и расчета машин для основной и поверхностной обработки почв, посевных машин и машин для внесения удобрений: курс лекций / А.Н. Капустин; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 134 с.
15. Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М., Иванович Э.М., Мельников С.В. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет. / Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М., Иванович Э.М., Мельников С.В.– Л.: Машиностроение, 1967. – 583 с.
16. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. , Мартишко В.М. , Гуменюк Ю.О. – Київ : «Агроосвіта», 2017. – 180 с.
17. Теорія механізмів і машин. Деталі машин: розрахунки механічних передач/ Кірієнко О.А., Гузенко Ю.М. Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін.-т». – К.: НТУУ «КПІ», 2016. 188 с.

ДОДАТКИ

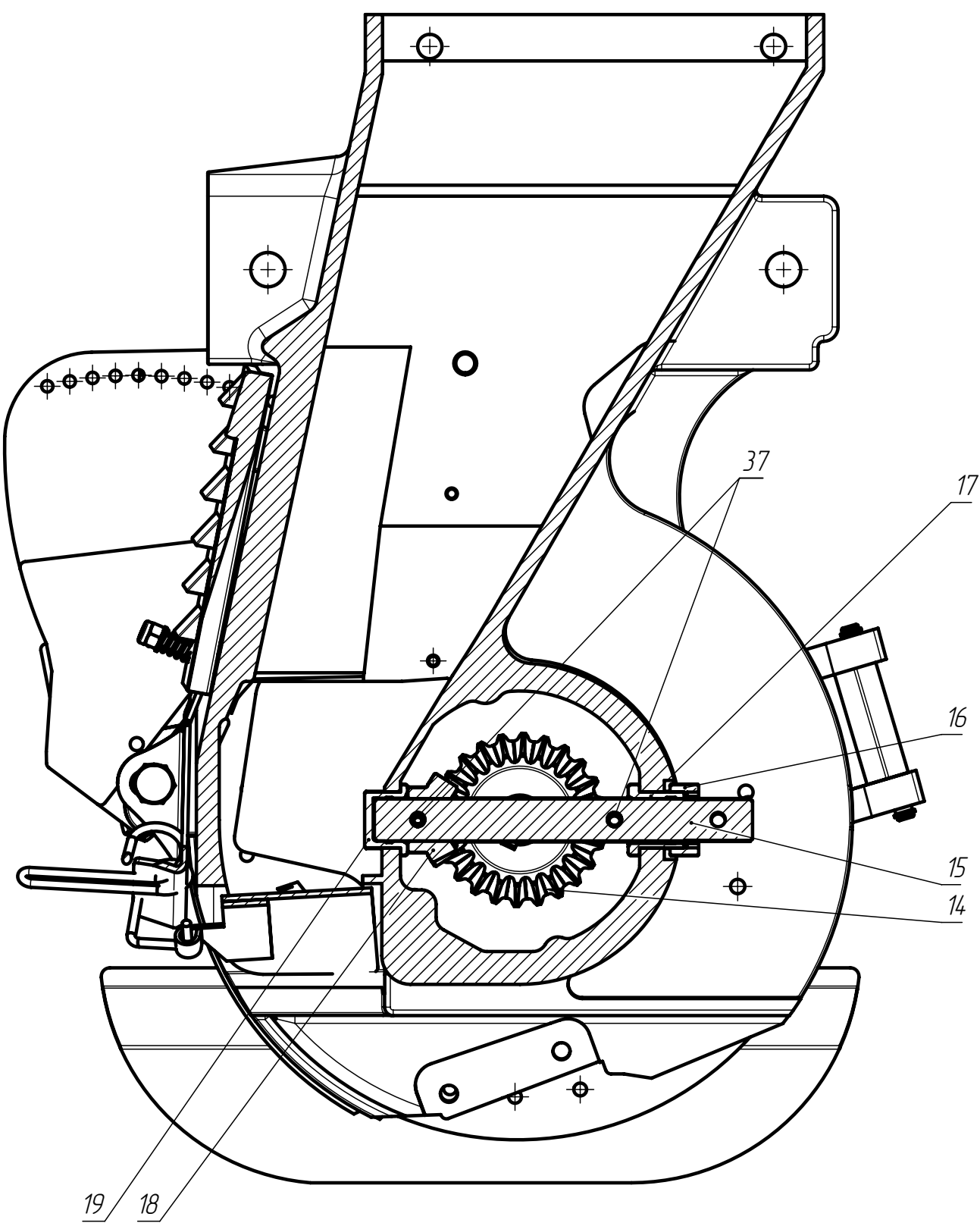
					МТР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57



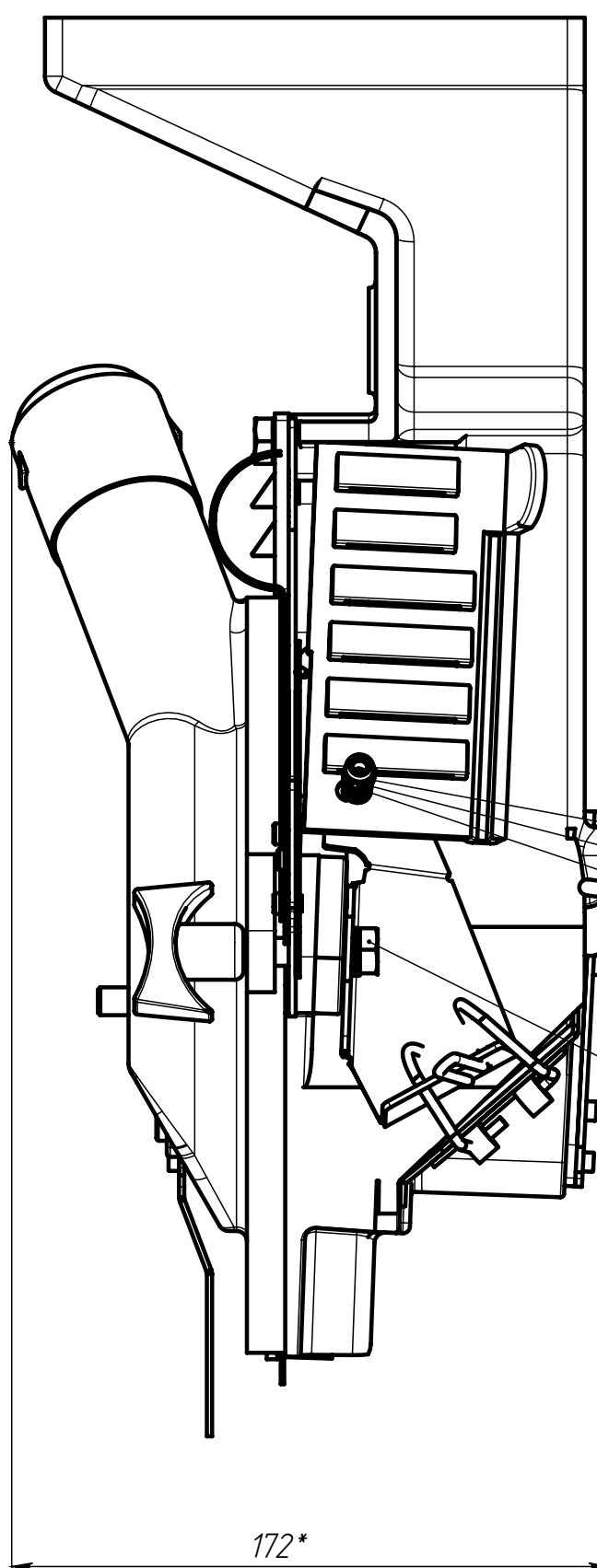
1. Невказані граничні відхилення розмірів: валів – h14, отворів – H14,
інші розміри – IT14/2
2. *Розміри для довідок

МТР 08.000.000 ЗК						Лист			Масса	Масштаб
Посівна секція						Лист			150	1 : 5
-						Лист			Листів 1	
-						Лист			ЦНТУ	
-						Лист			гр. ГМ-20М-19	

В-В (1 : 2)

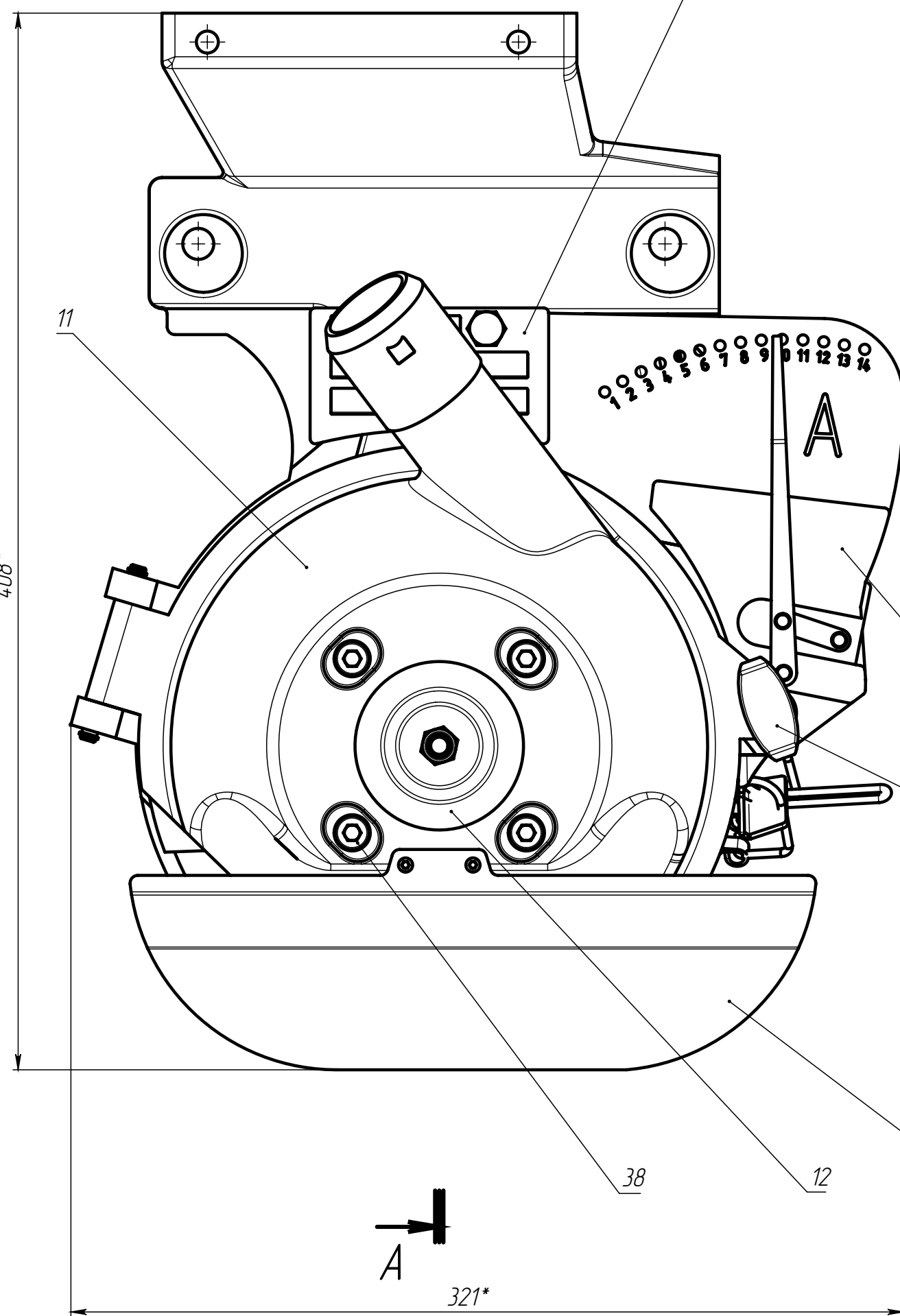


B



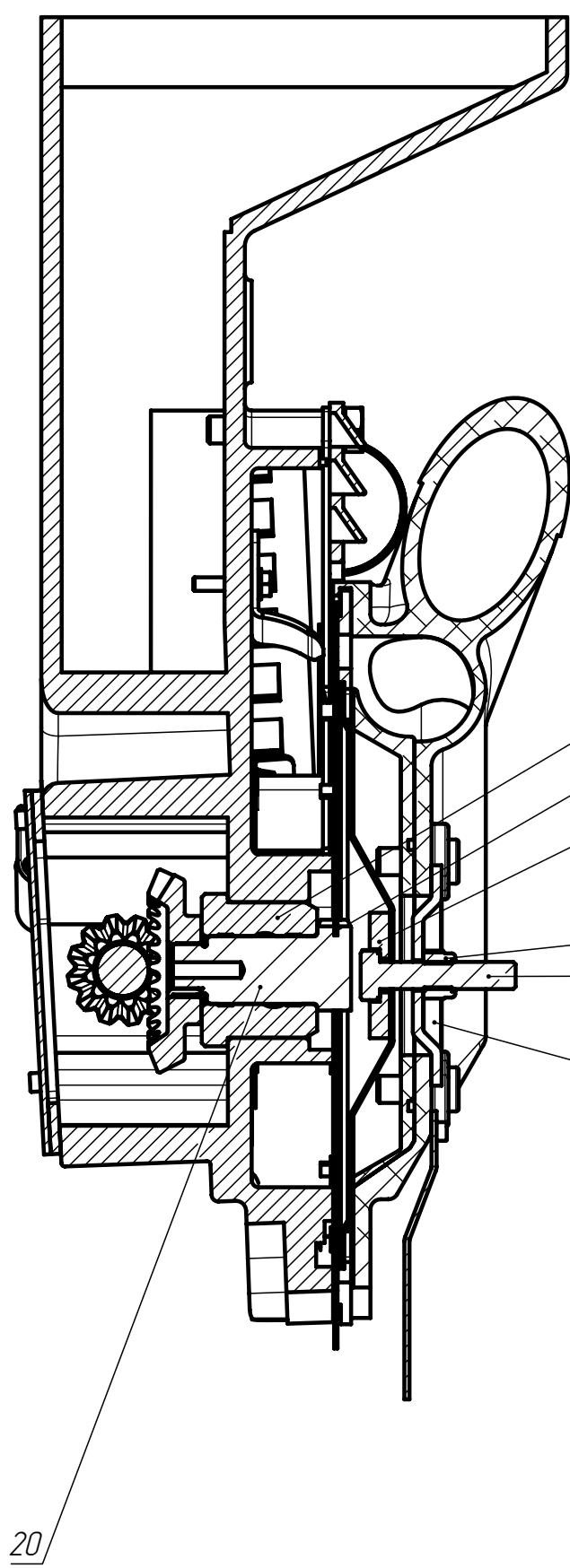
B

A

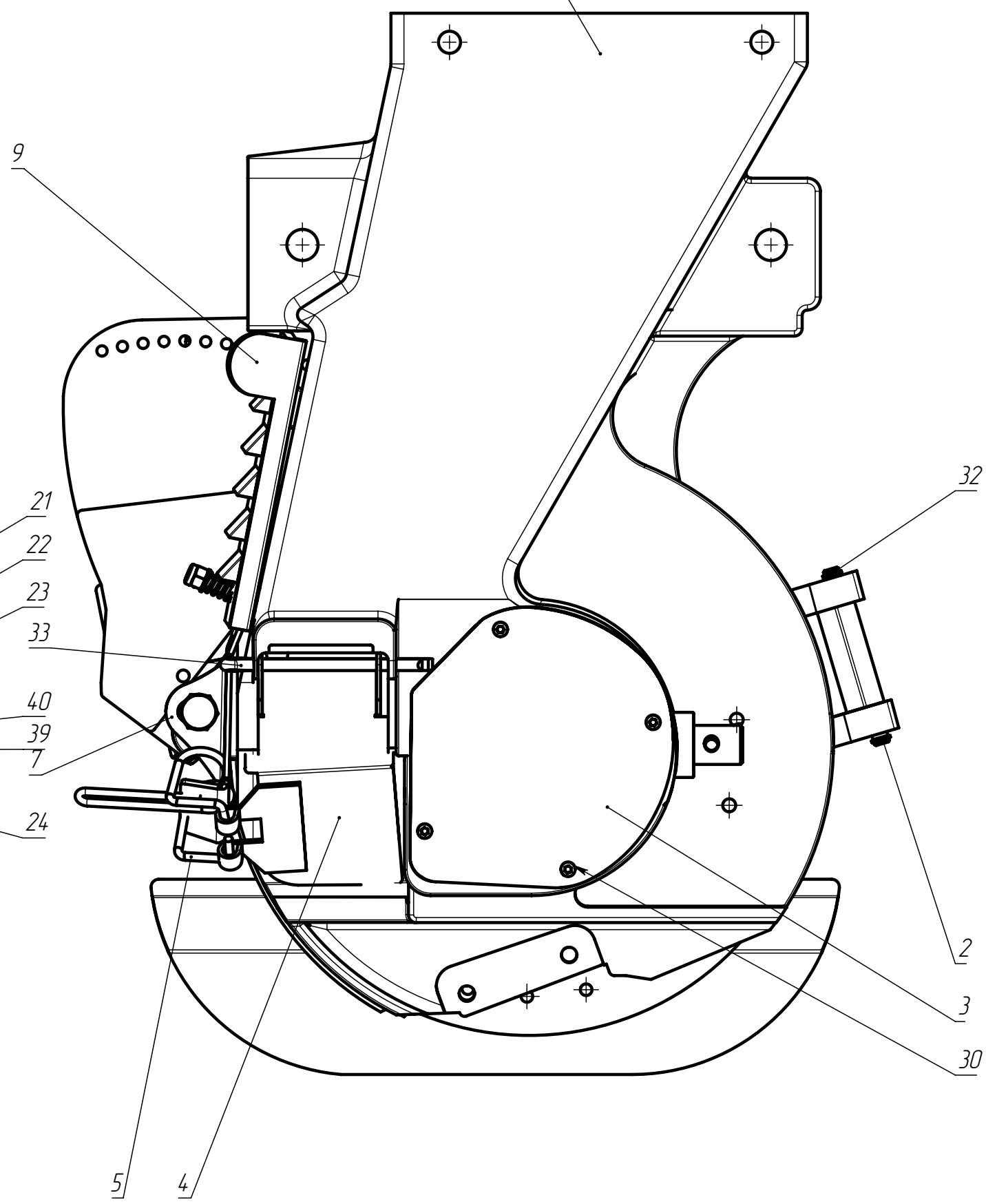


A

А-А (1 : 2)

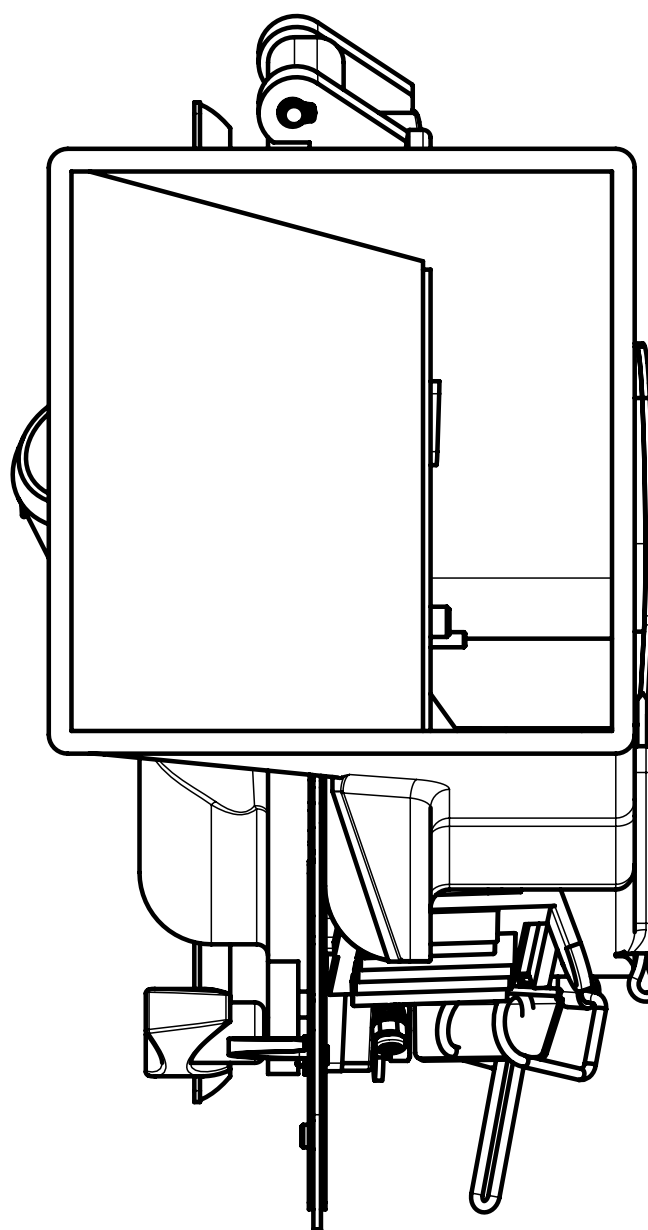


1

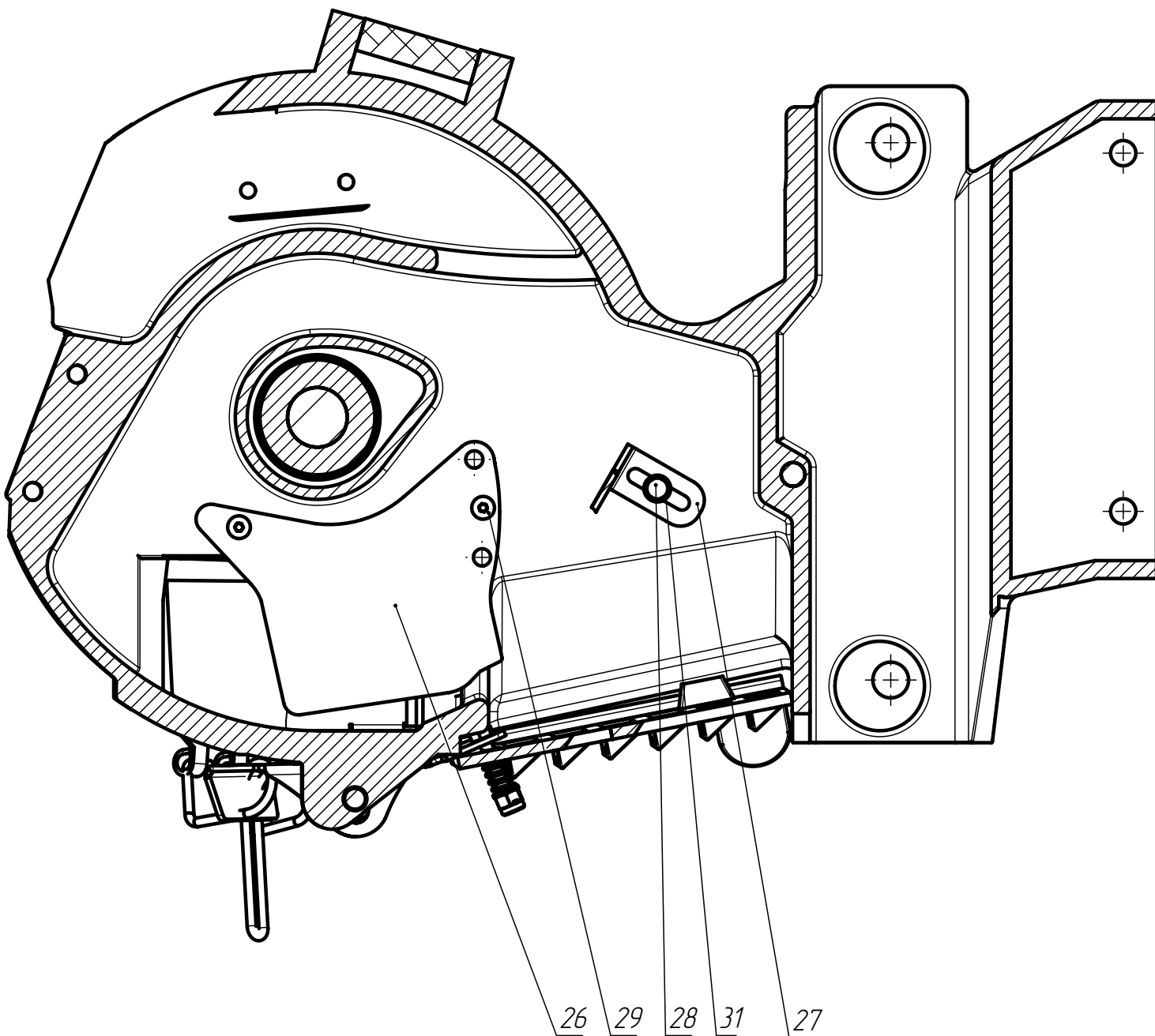


С-С (1 : 2)

C



C



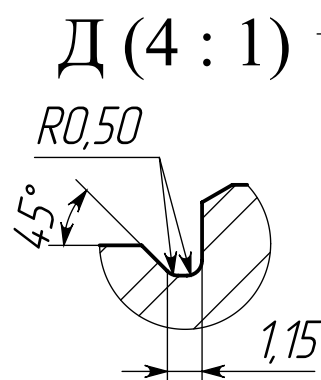
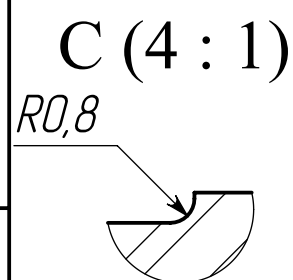
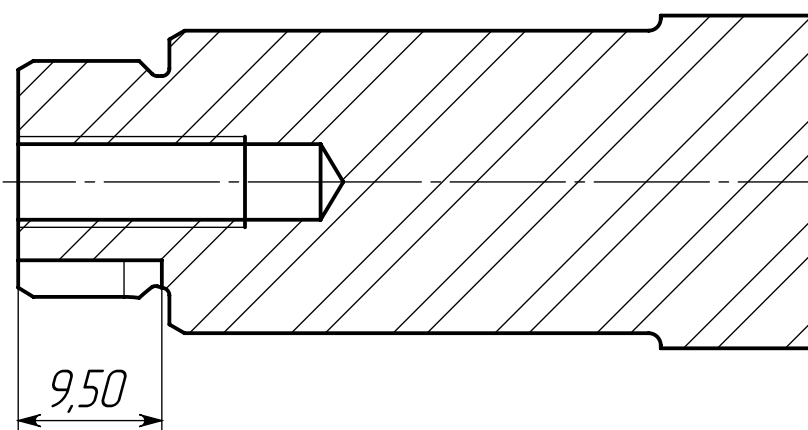
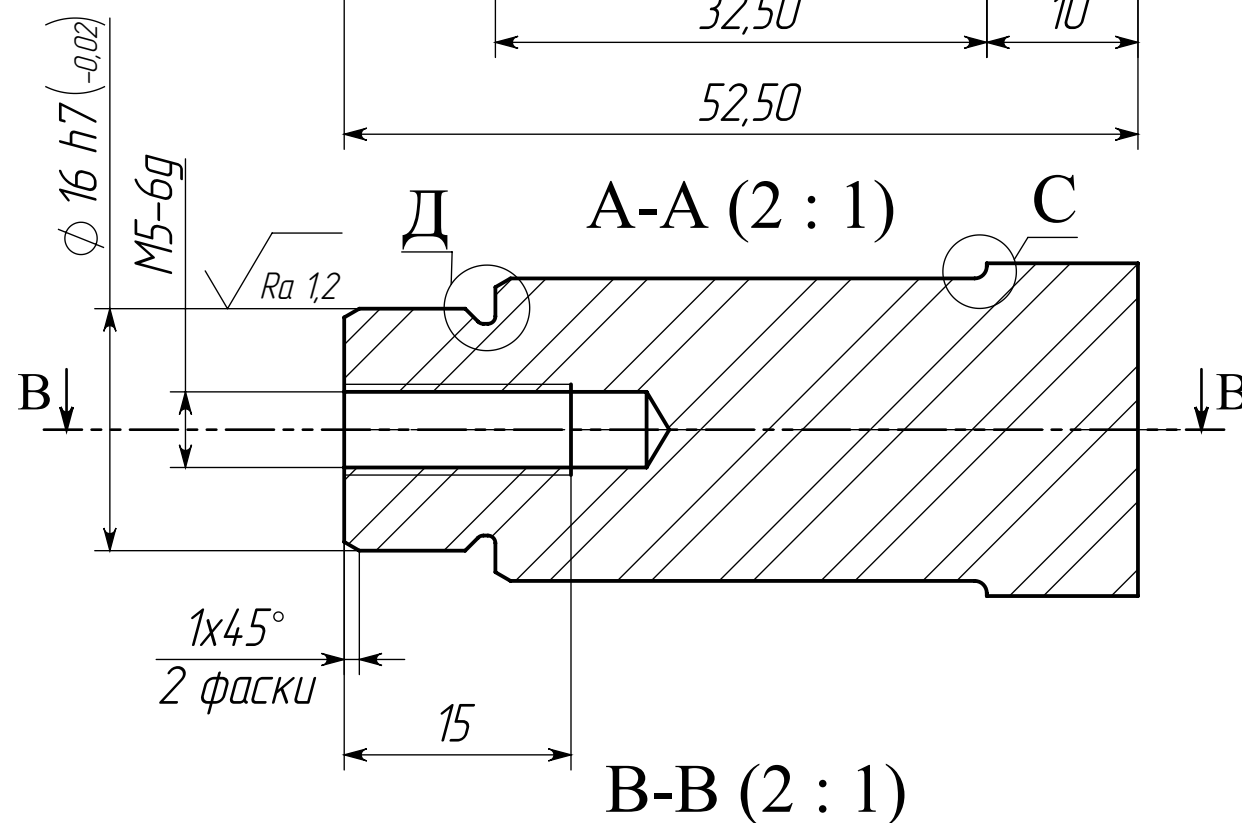
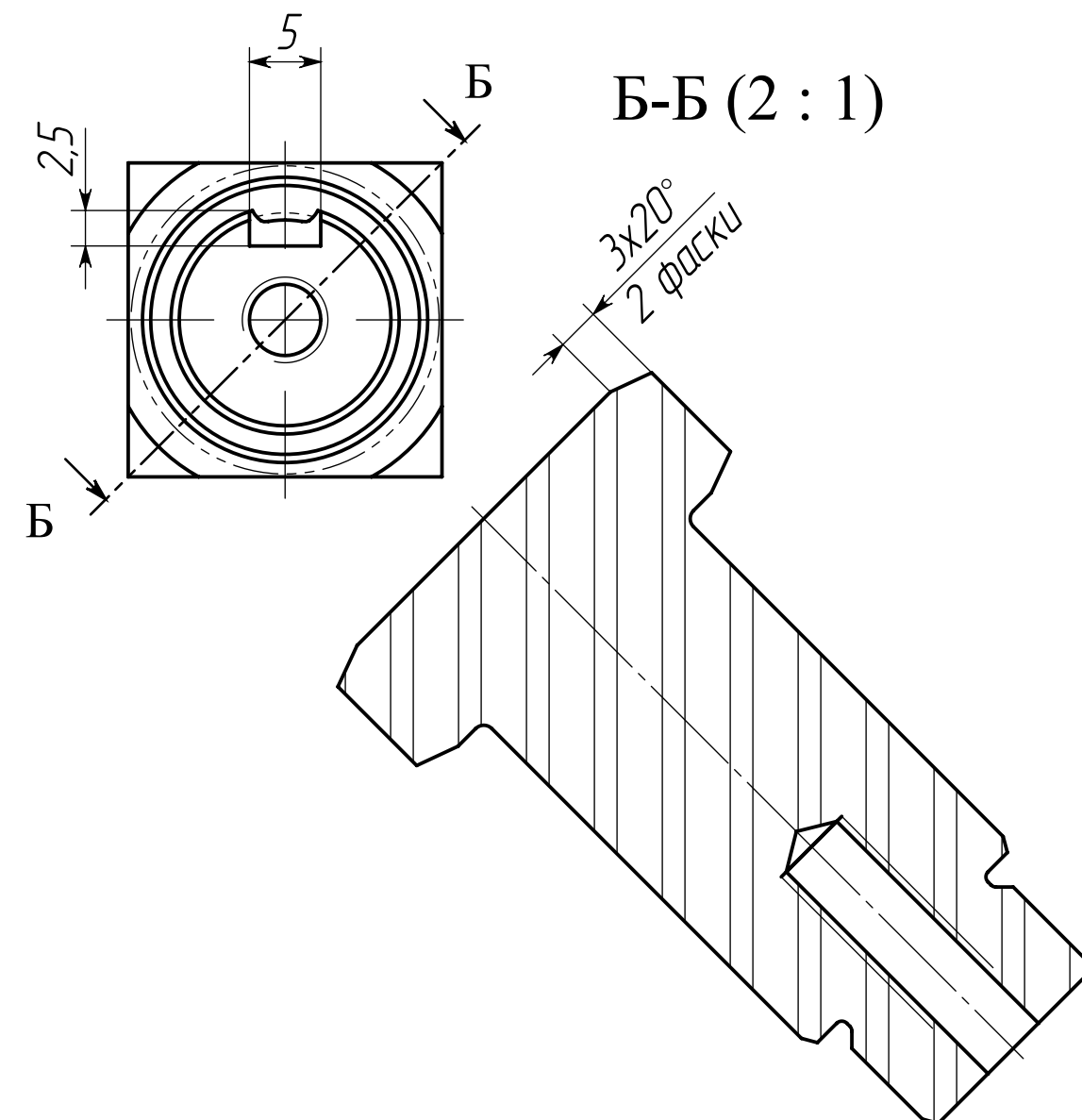
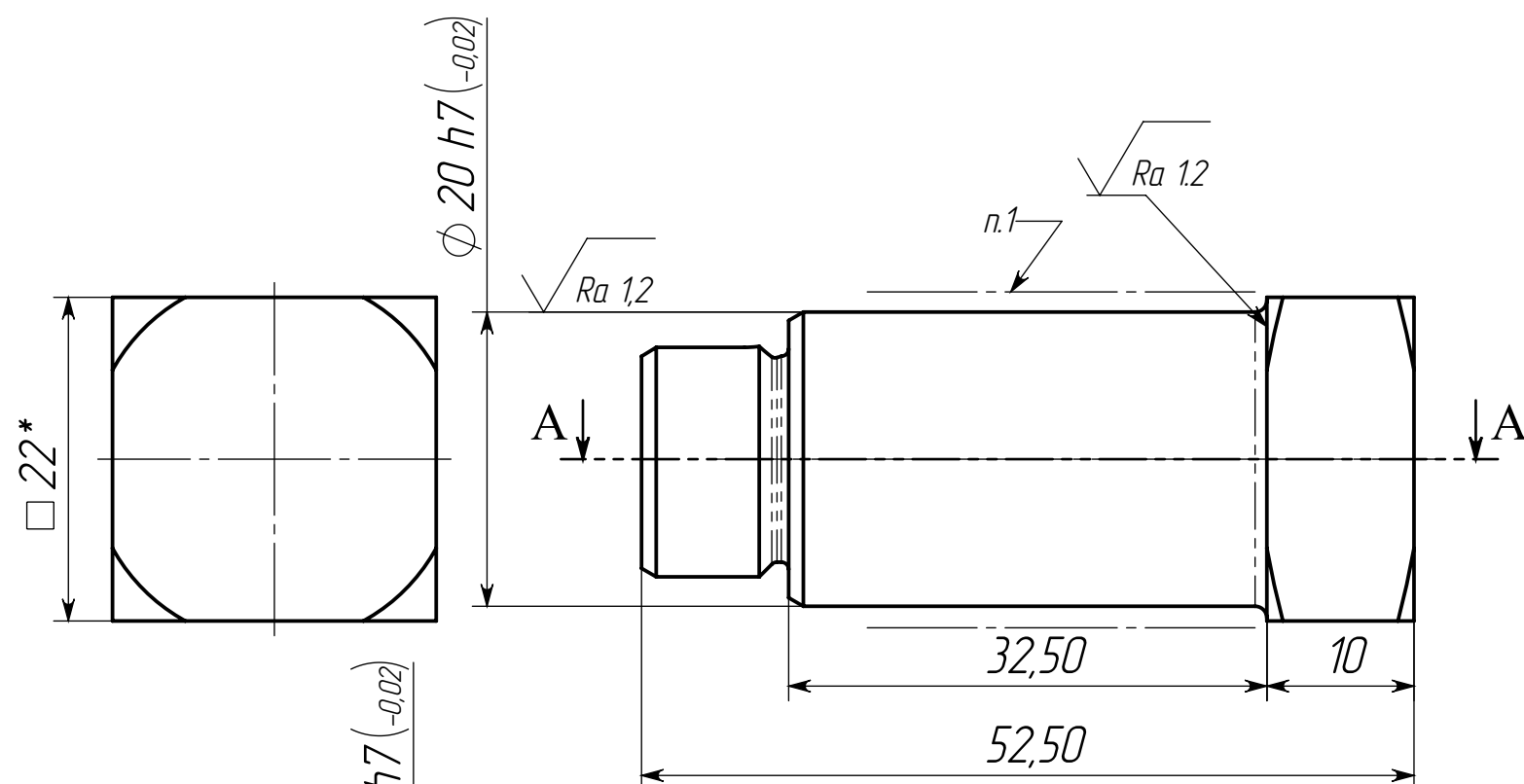
1. Неказані граничні відхилення розмірів валів - h14, отворів - H14,
інші розміри - IT14/2.
2. *Розміри для довідок.

МТР 08.110.000 ЗК						Лит			Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Пневмомеханический испытательный аппарат			14.286	1 : 2
Разраб.	Морозов			24.04.2022		Лист			Листов 1	
Проф.	Соло								ЦНТУ	
Т. контр.									гр. ГМ-20М-19	
Н. контр.										
Утв.		Васильковский								
		Сорен								

Інв. № подл.		Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № збудл.		Підп. і дата	
		</							

MTP 08.110.601

$Ra_{6,3}(\sqrt{})$



1. 40 ... 45 НРС. Гартування 850, вода. Відпуск 600, повітря.
2. Невказані граничні відхилення розмірів: валів – h14, отворів – H14,
3. інші розміри – IT14/2.
4. *Розмір для довідок.

					МТР 08.110.601				
					Вал	Лім.	Масса	Масштаб	
Зм.	Лист	№докум.	Підп.	Дата					
Розроб.	Маркідов						0.13	2 : 1	
Пров.	Сало								
Т.контр.						Лист	Листів 1		
Зав. від.					Квадрат 22-н11 ГОСТ 2591-88	ЦНТУ			
Н.контр.						зр. ГМ-20М-1.9			
Утв.									

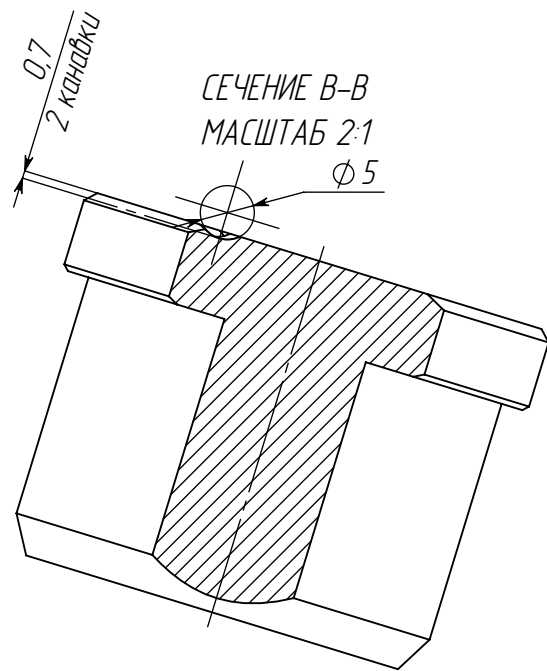
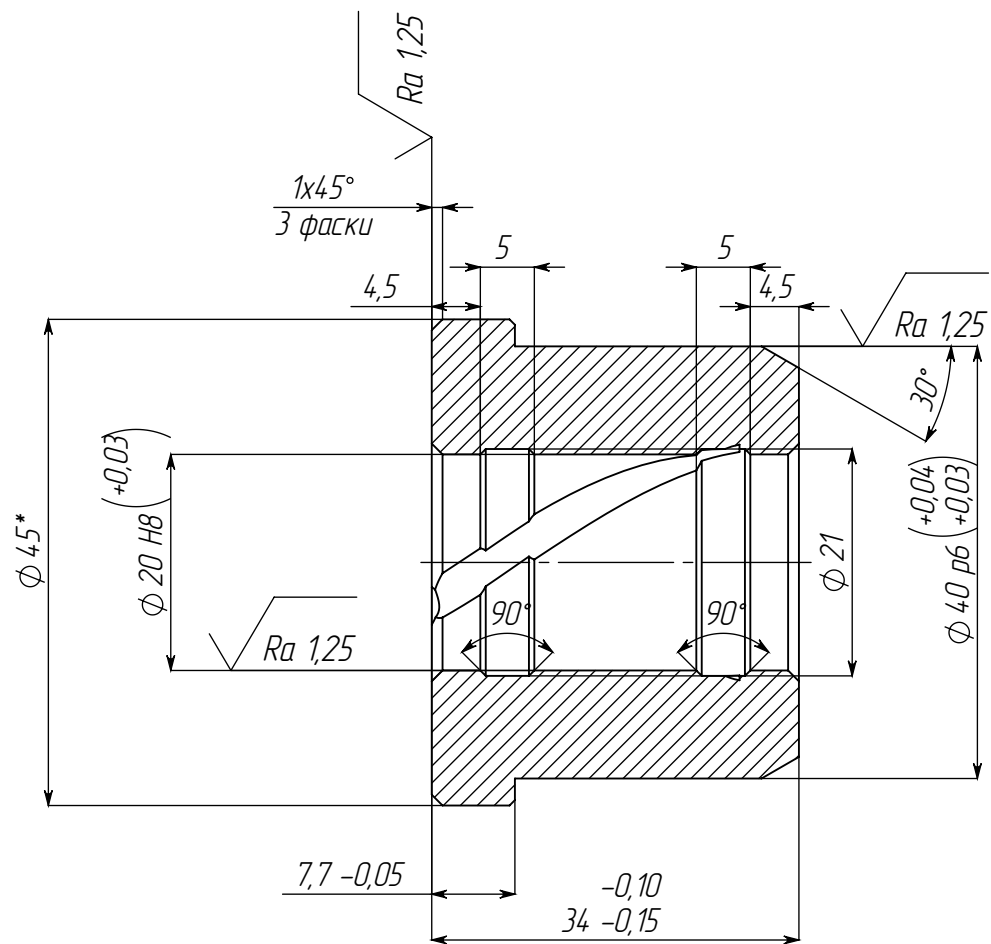
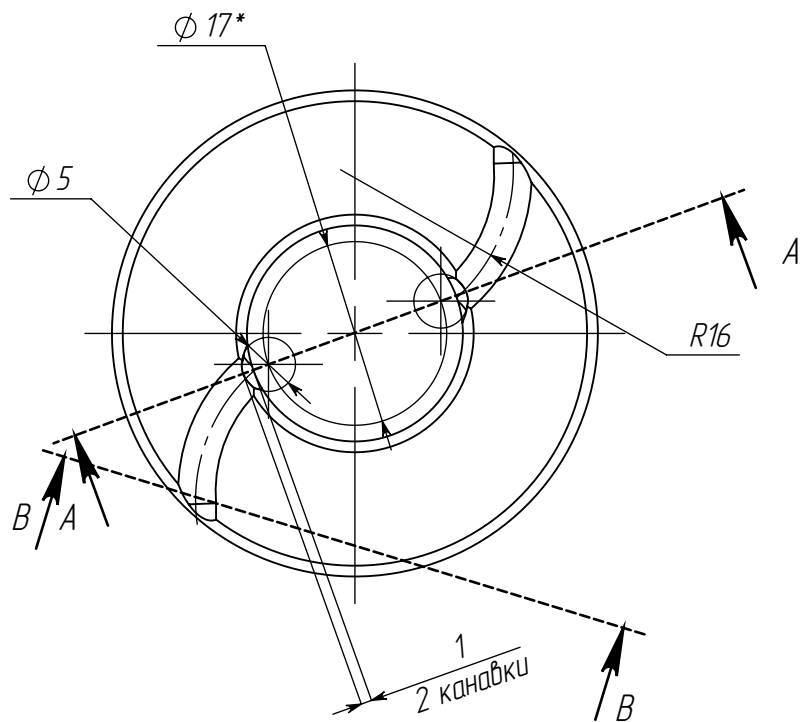
Копировал

Формат АЗ

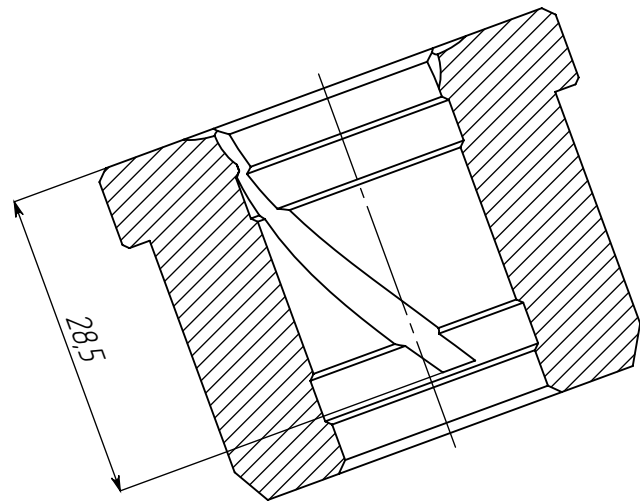
Перш. примін.	Спр. №	Підп. і дата	Інв.№ дудл.	Взам. інв.№	Підп. і дата	Інв.№ подл.

МТР 08.110.602

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)



СЕЧЕНИЕ В-В
МАСШТАБ 2:1



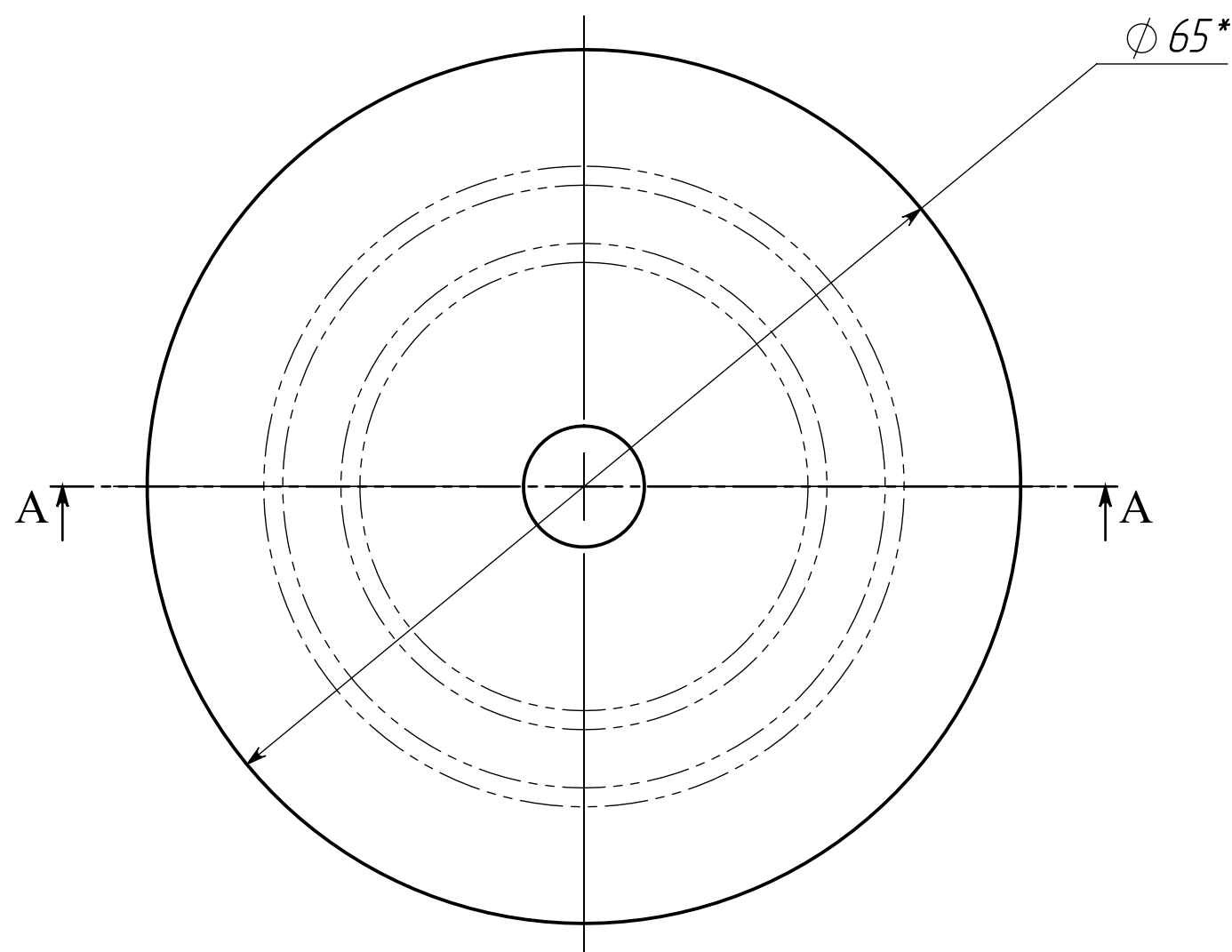
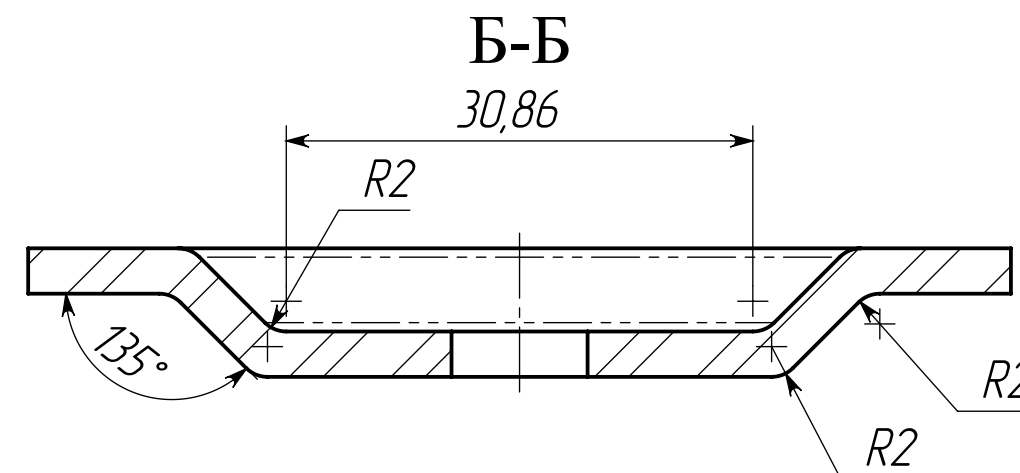
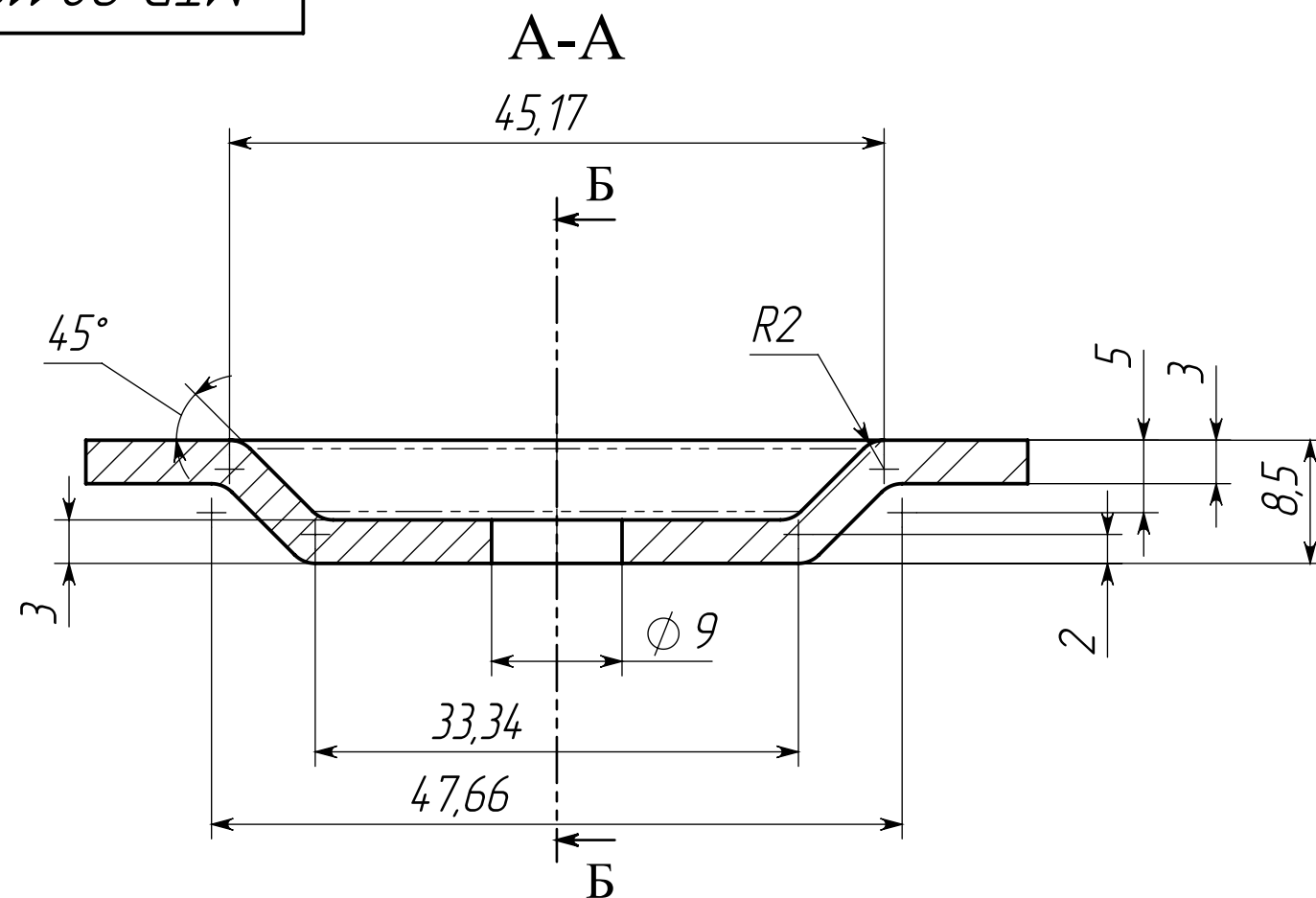
СЕЧЕНИЕ А-А
МАСШТАБ 2:1

- Невказані граничні відхилення розмірів: валів – h14, отворів – H14, інші розміри – IT14/2.
- *Розміри для довідок
- Крок гвинтового пазу – P=95мм; кількість оборотів пазу – n=0,3.
- Гострі кромки притупити. Заусенка не допускається.

					МТР 08.110.602					
					Втулка	Лист.			Масса	Масштаб
									0.26	2 : 1
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист			Листов 1	
Разраб.	Маркідов			24.04.2022						
Проб.	Сало									
Т. контр.										
Н. контр.	Васильковський				Круг ф45 Бр010Ф1	ЦНТУ гр. ГМ-20М-1.9				
Утв.	Свірень									

MTP 08.110.603

$Ra\ 12,5\left(\sqrt{\quad}\right)$



1. Невказані граничні відхилення розмірів: валів – $h14$, отворів – $H14$, інші розміри – $IT14/2$.
2. *Розміри для довідок
3. Покриття Цвхр ГОСТ 9.306-85.

					МТР 08.110.603					
					Шаїда	Лист.		Масса	Масштаб	
								0.08	2:1	
						Лист		Листів 1		
						Круг ф65 Сталь 30				
						ЦНТУ зр. ГМ-20М-1.9				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						
Розроб.	Маркідаб			20.04.2022						
Проб.	Сало									
Т. контр.										
Н. контр.										
Утв.										

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			МТР 08.110.000 ЗК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3		4	МТР 08.110.110.000 ЗК	Заслінка	1	
A3		8	МТР 08.110.120.000 ЗК	Кронштейн регулювання скидача	1	
A3		11	МТР 08.110.130.000 ЗК	Кришка в зборі	1	
				<u>Деталі</u>		
A1		1	МТР 08.110.001	Корпус	1	
A4		2	МТР 08.110.601	Вал	1	
A3		3	МТР 08.110.401	Нижній скидач	1	
A4		5	МТР 08.110.602	Втулка	1	
A4		6	МТР 08.110.402	Пластина	1	
A4		7	МТР 08.110.403	Кронштейн	1	
A4		9	МТР 08.110.404	Заслінка	1	
A4		10	МТР 08.110.405	Кронштейн	1	
A3		12	МТР 08.110.603	Шайба	1	
A4		13	МТР 08.110.002	Фіксатор	1	
A4		14	МТР 08.110.301	Шестерня	1	
A4		15	МТР 08.110.604	Вал	1	
A4		16	МТР 08.110.003	Втулка	1	
A4		17	МТР 08.110.605	Втулка	1	
A4		18	МТР 08.110.302	Шестерня	1	
A4		19	МТР 08.110.606	Втулка	1	

					МТР 08.110.000 ЗК					
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Пневмомеханічний висівний апарат					
Розробив	Маркідов									
Перевірив	Сало									
Н. контр.	Васильковський									
Затвердив	Свіренко				ЦНТУ зр. ГМ(СМ)-20М(1,9)					

[illegible]