

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М. Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему: «Підвищення ефективності використання сільськогосподарських  
машин при вирощуванні сої з удосконаленням лемішного плуга»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Романенко М. О.

(Прізвище, ініціали)

Група:

АІ 2001-1

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Воліна Т. М.

(Прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**агроінжинірингу**

\_\_\_\_\_ **Шуляк М.Л.**

“\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

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

Романенко Максиму Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності використання сільськогосподарських машин при вирощуванні сої з удосконаленням лемішного плуга,

керівник роботи: Воліна Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи: “\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_\_ року.

3. Вихідні дані до роботи: Огляд стану питання в галузі рослинництва та використання сільськогосподарських машин. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

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

1. Загальна характеристика господарства;

2. Розрахунково-конструкторська частина;

3. Теоретична частина;

4. Охорона праці;

5. Техніко-економічна оцінка розробки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Характеристика об'єкту проектування;

2. Загальний вигляд плуга ПЛН 3-35;

3. Складальне креслення окремого вузла плуга ПЛН 3-35;

4. Креслення нестандартних деталей.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічне обґрунтування			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: “05” вересня 2023 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми	до 01.10.23 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 01.12.23 р.	
3.	Складання плану роботи	до 01.01.24 р.	
4.	Написання вступу	до 23.01.24 р.	
5.	Написання першого розділу «Загальна характеристика фермерського господарства «Мірт».	до 15.02.24 р.	
6.	Написання другого розділу «Розрахунково-конструкторська частина»	до 12.03.24 р.	
7.	Написання третього розділу «Теоретичне обґрунтування запропонованої конструкції»	до 15.04.24 р.	
8.	Підготовка розділів «Охорона праці» та «Економічне обґрунтування»	до 01.05.24 р.	
9.	Написання висновків	до 11.05.24 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності	до 13.05.24 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 22.05.24 р.	
12.	Подання роботи до попереднього захисту	до 31.05.24 р.	

**Здобувач вищої освіти**

**Керівник кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Романенко М. О.**

(прізвище та ініціали)

**Воліна Т. М.**

(прізвище та ініціали)

## Реферат

Дипломна робота на тему «Підвищення ефективності використання сільськогосподарських машин при вирощуванні сої з удосконаленням лемішного плуга», виконана Романенко М. О. за спеціальністю 208 Агроінженерія (Сумський національний аграрний університет, м. Суми, 2024 р.), містить:

- пояснювальну записку: 43 стор., 9 рис., 5 табл., 12 викор. джерел, додатки;
- графічний матеріал.

У першому розділі дипломного проекту приведені основні характеристики, аналіз сфери діяльності та економічні пріоритети господарства ТОВ «Тайтен Машинері Україна». У другому розділі проаналізовано існуючі технології вирощування та характеристика передпосівного обробітку ґрунту для сої. У третьому розділі викладено загальний опис процесу оранки та вимоги до нього. У четвертому розділі виконано розрахунок основних робочих органів плуга. Викладено теоретичне обґрунтування пропонованої конструкції з описом досліджуваного агрегату та розрахунком пасових передач та ротора. Встановлено імовірні ризики при роботі з агрегатом та стан охорони праці в цілому. Проаналізовано економічний ефект від впровадження пропонованих рішень. За результатами досліджень викладено висновки та пропозиції.

Мета дослідження: розробка конструкції плуга лемішного з метою підвищення ефективності використання сільськогосподарських машин при вирощуванні сої. Об'єктом дослідження є плуг лемішний ПЛН 3-35. Предметом дослідження є визначення впливу конструктивних особливостей плуга лемішного на процес обробітку ґрунту при вирощуванні сої.

**СОЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ, ПЛУГ, РОБОЧІ ОРГАНИ, КОНСТРУКЦІЯ.**

## Зміст

Вступ	6
1 Виробничо-економічна характеристика ТОВ «Тайтен Машинері Україна»	8
1.1 Загальні відомості про господарство	8
1.2 Аналіз сфери діяльності. Економічні пріоритети господарства	9
2 Характеристика та технології вирощування сої	14
2.1 Загальні відомості про культуру	14
2.2 Кліматичні умови України	15
2.3 Ландшафти та ґрунти для вирощування сої в Україні	16
2.4 Характеристика передпосівного обробітку ґрунту та його технологія	16
3 Технологія та організація виконання оранки	19
3.1 Загальний опис робочого процесу оранки. Важливість правильної технології первинного обробітку (оранки)	19
3.2 Недоліки і переваги глибокого обробітку ґрунту	21
4 Модернізація та обґрунтування параметрів лемішного плуга ПЛН 3–35	23
4.1 Аналіз конструкції плуга ПЛН 3–35	23
4.2 Оцінка досконалості конструкції агрегату	28
4.3 Обґрунтування потреби модернізації	29
4.4 Конструктивні розрахунки елементів модернізованого плуга. Ротор та ремінна передача	30
5 Охорона праці	37
6 Техніко-економічна оцінка пропонованих рішень	39
Загальні висновки	41
Список використаних джерел	42
Додатки	44

## Вступ

Розвиток аграрної сфери вимагає постійного вдосконалення вже існуючих та впровадження нових методів ведення сільського господарства.

Для полегшення виробництва і вирощування сільськогосподарської продукції вдосконаленню підлягають різні землеобробні, збиральні агрегати, такі як дискові борони, культиватори, плуги.

На сьогоднішній день однією з найбільш прибуткових культур є соя. Вона характеризується високою затребуваністю, що дозволяє продати її за значно більшою ціною та з легкістю перекрити витрати виробника на її виготовлення.

Хоча соя досить вимоглива культура до умов її вирощування, аграрії все одно більшу увагу приділяють саме сучасному посівному матеріалу та добривам, в той час як технології обробітку ґрунту нерідко залишаються поза увагою. Найкращим варіантом для вирощування сої є ґрунт багатий на органічні сполуки, який добре пропускає через себе вологу та не затримує її.

Важливою умовою є і кислотність ґрунту. Вона повинна бути в межах від 6,0 до 7,5 рН. Так як для сої важливими будуть такі мікроелементи як залізо та цинк, поля, що перевищуватимуть норму кислотності (8 рН) не зможуть задовільнити цю умову.

Основний обробіток ґрунту під сою в цілому можна охарактеризувати двома умовами: максимальним вирівнюванням поверхні поля та усуненням ущільнень за їх наявності. Саме це сприятиме рівномірному розподілу насіння при засіванні, що в подальшому дасть змогу усім рослинам розвиватись в однакових умовах.

Якщо ущільнення не спостерігаються, виконувати зайві технологічні операції не рекомендується. За їх наявності варто провести восени глибоке рихлення. Якщо цього не вдалося зробити, можна провести рихлення навесні, але не пізніше перших 10 днів квітня.

Найпоширенішим методом обробки ґрунту залишається оранка. Вона здійснюється дисковими або лемішними плугами на глибину 20–25 см. Це допомагає наситити ґрунт повітрям та знищити небажану рослинність.

У випадку схильності ґрунту до ерозії рекомендується зменшити глибину до 18–20 см. Плугування можна проводити як восени, так і навесні. У першому випадку його бажано проводити, якщо поле засмічене багаторічними бур'янами, в іншому – коли попередником були зернові культури. При внесенні добрив, рекомендовано їх заорювати під час плугування.

Виходячи з вищевикладеного доволі правильним рішенням є більш автоматизований основний обробіток ґрунту, процес вирівнювання площі поля та видалення ущільнень за рахунок розбивання та рівномірного розподілу ґрунту перед засівом обраної культури – сої. Головне завдання – з'єднання цих двох процесів шляхом розробки і проектування комбінованого агрегату на базі застарілого та розповсюдженого плуга ПЛН 3–35 та роторного розбивача ґрунту власної конструкції. Дане удосконалення є доволі продуктивним в умовах розвитку сільського господарства України.

# **1. Виробничо-економічна характеристика ТОВ «Тайтен Машинері Україна»**

## **1.1. Загальні відомості про господарство**

У наш час сільське господарство набуло великого обсягу та розвитку в світі. З'являється великий попит на таку ж, відповідно, розвинуту, надійну та продуктивну техніку. Підприємства, зайняті фермерською діяльністю, обираючи технічно-тракторний парк господарства, опираються на співвідношення «ціна – якість» і саме тому часто фермера звертаються за технікою, запчастинами і послугами сервісу до «Тайтен Машинері Україна»

«Тайтен Машинері Україна» – це найбільший представник техніки CNH (Case IH, Case CE, New Holland Construction, New Holland Agriculture). Фірма бере свій початок ще з 1980 року у Вупетоні, північна Дакота в США, де в подальшому набув високого розвитку, авторитетності серед інших компаній та обсягу продажів та обслуговування сільськогосподарської техніки по всьому США. Вже у грудні з 2007 року, компанія нараховувала 34 дилерські центри та дохід у 300 мільйонів доларів США. Згодом «Тайтен Машинері» набула великої популярності та розголосу, не тільки в себе на батьківщині, а й у Європі. В кінці 2011 року «Тайтен Машинері» вперше увійшла на ринок Східної Європи, придбавши два дилерських центри Case IH у Румунії. Вже з лютого 2012 було придбано сім в Болгарії та один в Сербії.

Через пару років, а саме 18 лютого 2014, отримавши схвалення від CNH, відкрився перший дилерський центр Тайтен Машинері у Вінниці, Україна.

Загалом «Тайтен Машинері» кваліфікується на таких видах діяльності:

- продаж автотранспорту, його ремонт та технічне обслуговування;
- оптовий продаж деталей та приладдя;
- надання в оренду сільськогосподарських машин і устаткування;
- торгівля іншими машинами та устаткуванням.

## 1.2. Аналіз сфери діяльності. Економічні пріоритети господарства

Фінансова звітність «Тайтен Машинері Україна» протягом 2020–2023 р. зведена у таблицю 1.1.

**Таблиця 1.1 – Дохід компанії станом на 2020-2023 р.**

(грн)	2023 р.	2022 р.	2021 р.	2020 р.
Дохід	1 475 490 000	1 330 452 000	1 945 915 000	1 319 924 000
Забов'язання	1 959 052 000	1 556 903 000	1 267 521 000	1 623 113 000
Активи	1 273 540 000	856 389 000	896 709 000	1 098 622 000
Чистий прибуток	3 450 000	-319 227 000	134 005 000	53 575 000
Кількість працівників, чол	181	172	199	198

Середнє значення доходу та чистого прибутку компанії протягом даного періоду наведено у таблицю 1.2.

**Таблиця 1.2 – Середній дохід компанії протягом 2020-2023 р.**

2020–2023 р.	Дохід	Чистий прибуток
Середнє значення, грн	1 517 945,25	- 176 414 500

Дані таблиць 1.1 та 1.2 свідчать про те, що ситуація досить напружена після початку 2022 року, але попри складні часи на території України, фірма намагається вийти на показники, які б відповідали показникам минулих років.

У зв'язку із закриттям дилерських центрів у регіонах, де йдуть бойові дії, персонал фірми, як і прибуток, істотно зменшився. Скорочення кількості функціональних фермерських господарств у Сумській, Запорізькій, Донецькій,

Чернігівській, Херсонській та інших областях спричинило зменшення обсягу обслуговуваної техніки та, відповідно, її продажу в ці регіони.

За даними 2023 року, фірма на території України має особливі показники стосовно сфери діяльності і відповідного прибутку в порівнянні з іншими країнами Європи. Наприклад, Румунія має найбільший прибуток у сфері продажу техніки та агрегатів – 49 %, сервісу і обслуговування в межах 29 %, продажів запчастин в межах 21 %, пробігу транспортних засобів фірми – 3 % тощо.

У Болгарії ці показники досить схожі: 44 % – продаж техніки, 32 % – сервісне обслуговування, 22 % – продаж запчастин, 3 % – інше.

На діаграмі (рис. 1.1) зображено відсоток прибутку «Тайтен Машинері» в Україні в межах певних сферах діяльності.

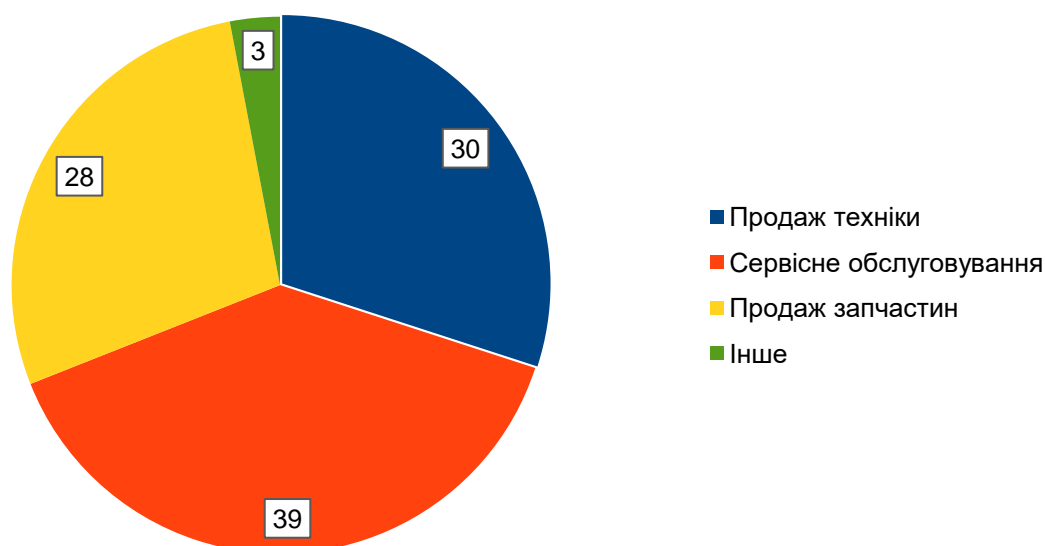


Рисунок 1.1 – Відсоток прибутку в певних сферах діяльності компанії

Для порівняння ситуація в інших європейських країнах наведена на рисунку 1.2.

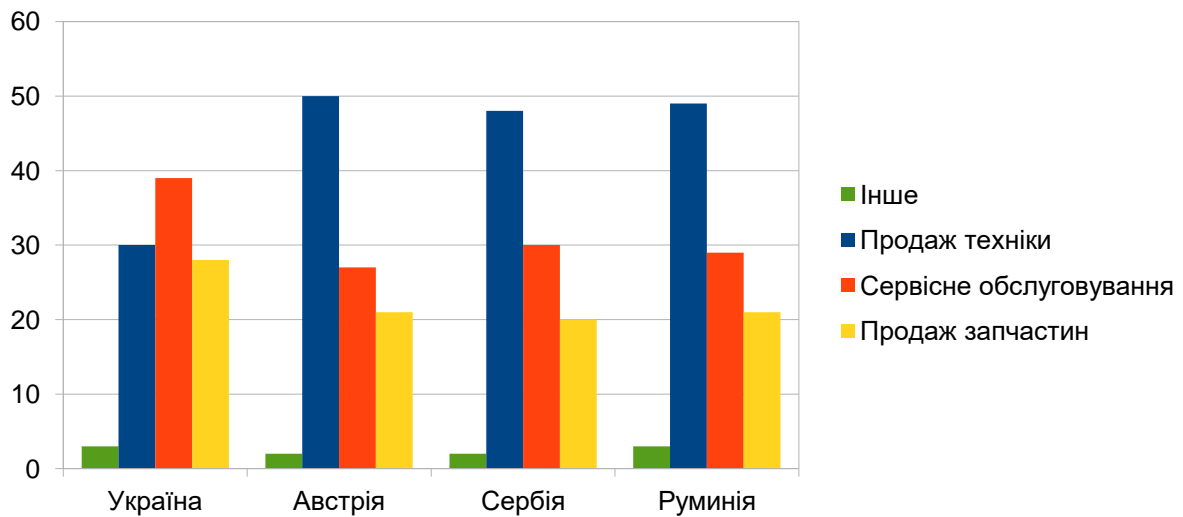


Рисунок 1.2 – Відсоток прибутку України в певних сферах діяльності компанії в порівнянні з іншими країнами Європи

За даними діаграми (рис. 1.2) можна зробити висновок, що в Європі домінує сектор продажу, а в Україні навпаки – сервісне обслуговування та продаж запчастин. Це пов’язано із значним попитом фермерських господарств на ремонт та переобладнання техніки, а також модернізації свого старого парку техніки за рахунок нових удосконалених запчастин.

Автотракторний парк «Тайтен Машинері Україна» наведено у таблиці 1.3.

**Таблиця 1.3 – Склад автотракторного парку ТОВ «Тайтен Машинері Україна»**

Трактори

	Farmall JX	Farmall M	Maxxum	Puma	Magnum AFS	Magnum Rowtrac AFS Connect	Steiger	Quadtrac
Кіл-сть моделей	1	1	3	4	3	2	3	3
Наявність, шт.	5	8	7	13	12	5	10	10

## Комбайни

	Case IH Axial Flow 9250	Case IH AF 8250	Case IH AF 7250	Case IH AF 7150	Case IH AF 6150	Case IH AF 5150
Кількість моделей	1	1	1	1	1	1
Наявність, шт.	10	8	8	5	9	6

## Сівалки

Агрегати	Кількість, шт
Навісна сівалка Kuhn Planetar	3
Посівний комплекс Kuhn ES PRO 600 RC	4
Пневматична сівалка Case IH SD 30/40/	3
Сівалка Vednar Omega OO L	3
Сівалка Vednar Efecta CE	7
Пневматична сівалка Kun Maxima	3
Сівалка Vednar Matador MO	4

## Оприскувачі

Техніка	Case Patriot SPX 4430	Case Patriot SPX 3330	Case Patriot SPX 3230
Кількість (шт.)	6	4	4

## Плуги

Назва	Напівнавісні плуги на опорному колесі MULTI- LEADER XT	Напівнавісні плуги на опорному колесі MULTI- LEADER XT	Напівнавісні плуги KUHNS CHALLENGER
Кількість (шт.)	3	4	2

## Культиватори

Назва	Кількість, шт
Компактор BEDNAR SWIFTER SO F	4
Передпосівний культиватор BEDNAR SWIFTER SE	6
Культиватор передпосівної обробки ґрунту Tiger-Mate 255	5
Міжрядний культиватор BEDNAR ROW-MASTER RN	4
Універсальний глибокорозпушувач BEDNAR FENIX FN/FN_L	6
Культиватор BEDNAR STRIP-MASTER	5
BEDNAR SWIFTER SM	1

Обсяг наявної техніки повинен супроводжуватися повним знанням персоналу не тільки технічних характеристик агрегатів, але й будови, особливостей обробітку в порівнянні з конкурентами, а також спроможності працівників якісно обслуговувати дану техніку.

Невисока купівельна спроможність деяких фермерських господарств спричиняє фактор модернізації своїх агрегатів шляхом переобладнання агрегатів або техніки під новітні стандарти, стимулюючи тим самим удосконалення процесу обробітку у господарстві. Саме тому фермери звертаються в дилерські центри «Тайтен Машинері Україна» та CASE ІН за допомогою в запасних частинах, консультації на рахунок деяких конструктивних нюансів. «Тайтен Машинері» тісно співпрацює із KUHN. Бо саме KUHN добре знається на обробці земельних угідь, оранці, культивації, тощо.

## 2. Характеристика та технології вирощування сої

### 2.1. Загальні відомості про культуру

За посівними обсягом та валовим збиранням бобів, соя займає перші місця серед бобових культур світу. За останні 60 років виробництво сої зросло в майже 10 разів. Її вирощують в понад 42 країнах світу із загальною площею в межах 60 млн. га. На даний час світове виробництво сої сягає понад 337,24 млн. тон. За останні роки список лідерів у вирощуванні культури залишається незмінним – Бразилія, США та Аргентина, які у 2019–2020 роках зібрали рекордні 272,65 млн. тон, що становить 80,68 % світового виробництва, а Україна (на 2018 рік) зібрала 4,39 млн. тон із загальною посівною площею 1,72 млн. га.

Соя є універсальною культурою та її використання є вигідним в продовольчих, технічних і кормових цілях. Важливість сої характеризується в першу чергу її білковим вмістом (від 32 % до 50 %), що позитивно впливає на засвоєння людським та тваринним організмом. У сфері тваринництва культура слугує сировиною для виготовлення трав'яного борошна, силосу (з перемішуванням з кукурудзою), монокорму. Поживна цінність кормів із сої дуже висока. На даний момент для багатьох країн світу, соєвий шрїт є головним джерелом білку у комбікормах. В 100 кг біомаси нараховується близько 20–25 кормових од. та 3–4 кг засвоюваного білка. До прикладу в 100 кг соєво-кукурудзяної суміші міститься 25 кормових одиниць 2,9 кг протеїну.

Дуже вигідним продуктом є соєві вичавки, що за своєю харчовою цінністю (за складом амінокислот) прирівнюються до м'ясного та рибного борошна. Прийнято вважати, що найкращим кормом для рогатої худоби (овець та кіз) є соєва солома та полова, тому використання сої вигідно в харчовій та кормовій промисловості.

Технічна користь сої полягає у вигідному промисловому видобутку олії з даної культури. Серед 17 олійних культур левову частку займає саме соя –

25,8 %. Ця олія знайшла своє призначення у лакофарбовій та миловарних виробництвах, а з білків виробляють міцну пластмасу та клеї.

В аграрній сфері соя, як і всі інші бобові культури є досить гарним генератором азоту для ґрунту. Це пояснюється тим, що її коренева система, а саме бульбашкові бактерії, що живуть на ній мають здатність притягувати азот з повітря, який також можуть використовувати інші рослини. Соя залишає після себе стільки поживних речовин та мінералів, скільки міститься в 10–15 т органічних добрив. Врожайність зернових культур після вирощування сої становить від 2 до 4 ц/га. Соя покращує режим живлення ґрунту за рахунок його очищення від небажаної рослинності. Вона сприяє очищенню полів від небажаної рослинності та сприяє кращому проникненню вологи в ґрунт, тим самим поліпшуючи його фізичні властивості та режим живлення.

## **2.2. Кліматичні умови України**

Україна, як аграрна країна, має великий потенціал у вирощуванні бобових культур. Перш за все, це пов'язано з вигідним географічним та кліматичним розташуванням. Помірний кліматичний пояс можна охарактеризувати пануванням у ньому західних вітрів, які приносять річні атмосферні опади в межах від 1000 до 3000 мм. Температура в теплі періоди (весна – літо) становить від 10 до 32 °С, в холодні (осінь – зима) в межах –30...+6 °С.

Протягом деякого періоду соя може добре переносити посуху, але разом з цим, на противагу, вона досить чутлива до нестачі вологи у ґрунті в період набухання, проростання насіння та появи сходів. Висока вибагливість сої, а саме теплолюбність, спостерігається упродовж всього вегетаційного періоду, це помітно при цвітінні та формування зерна. Її насіння починає проростати при температурі від +7 і до +11 °С, а загальні сходи культури відбуваються при +14...+19 °С. Сприятлива середньодобова температура для розвитку становить +19...+23 °С, а для повного формування +21...+25 °С. При зниженні температури до +9...+15 °С ріст та розвиток сої значно уповільнюється або й зовсім

припиняється. Загалом для оптимального розвитку цієї культури сума активних температур повинна коливатись від 1600° (для скоростиглих сортів) і до 3100° (для пізньостиглих сортів).[11]

### **2.3. Ландшафти та ґрунти для вирощування сої в Україні**

Вирощувати сою можливо на ґрунтах всіх типів, крім солончаків та болотистих. Найбільш придатними для цього є чорноземи, сірі лісові та темно-сірі – їх частка становить більше 70 %. Саме тому український клімат та ґрунти доволі гарно підходять для вирощування даної культури.

У 2023 році українські аграрії розширили площі посівів до 1 млн 796 га, що в свою чергу призвело до збільшення врожайності. В результаті валовий збір сої сягнув 4,8 млн. т, що майже на 30 % більше ніж у 2022 році (площа посіву складала 1,5 млн га). Найбільше сої зібрали у Полтавській (610,8 тис. т.), Хмельницькій (586 тис. т.) та Сумській (384,4 тис. т.) областях.

### **2.4. Характеристика передпосівного обробітку ґрунту та його технологія**

У сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних зон під сою застосовують диференційований обробіток ґрунту, тобто раціональне поєднання глибокого, звичайного і поверхневого обробітку з використанням полицевих, плоскорізних, комбінованих, голчастих, а також дискових та інших подібних ґрунтообробних агрегатів. Дивлячись на те, що на полях присутнє забур'янення, оптимальним методом є обробіток ґрунту плугом. Для цього передбачене закриття вологи важкими зубовими боронами та комбінованими агрегатами, що слугують для вирівнювання поля та дрібного розбивання грудок для подальшого посіву культури. Обробіток ґрунту починають із луцення. Його виконують на глибині 6–8 см дисковими луцильниками. Своєчасне луцення є ефективним методом боротьби з небажаною рослинністю та сприяє збереженню вологи після збирання

врожаю, що є надважливою умовою для центральної частини, Сходу та Півдня України.

Зяблева оранка за своєю глибиною не повинна бути менше 20–25 см. При дотриманні цієї умови коренева система рослини починає добре розвиватись.[10]

Період між весняним обробітком ґрунту і його засіванням складає 30–40 днів. Це дає змогу його якісно підготувати та провести механічне очищення від небажаної рослинності.[1]

Навесні, як тільки вологість ґрунту стає оптимальною, закривають вологу шляхом боронування важкими боронами.

Вирівняти поле можна за допомогою культивації. Якщо правильно використовувати культиватор можна досягти цілком позитивних результатів. Працювати потрібно на малій глибині від 8 до 10 см під різними кутами зі швидкістю 10 км/год. Найефективніше робити невеликі кути та змінювати їх декілька разів за весь робочий процес. Не варто намагатись знищити озимі та зимуючі бур'яни культиватором, вони зможуть прорости за рахунок оптимальної вологості ґрунту.

Важливою операцією під час підготовки ґрунту до засівання є внесення гербіцидів. Вони пригнічують ріст бур'янів та сприяють високій врожайності. Проте, слід зазначити, що особливою умовою для ефективної дії гербіцидів проти небажаної рослинності є дрібно-грудкувата структура ґрунту. Це дає змогу гербіцидам рівномірно розподілитись по всьому верхньому шару ґрунту та знищити паростки бур'янів.

Гербіциди зазвичай вносять штанговими оприскувачами. Нормою витрати розчину препарату вважається 200–240 л/га. Час між внесенням гербіцидів та, безпосередньо, їх зарубкою у ґрунт не повинен перевищувати 15–25 хв. При загорненні препарату використовуються комбіновані агрегати або культиватори повного обробітку. Найпоширенішим серед використовуваних гербіцидів є трефлан. Його вносять під передпосівну культивацію (в нормі 5–7 кг/га). Як аналог також може використовуватись нітран, але його норма буде дещо нижчою (від 3 до 5 кг/га).[4]

Соя добре реагує на органічні та мінеральні добрива. Під зяблеву оранку рекомендовано вносити гній або компости (20–26 т/га) та фосфорно-калійні добрива (60–90 кг/га). При внесенні останніх важливо взяти до уваги тип ґрунту, адже, наприклад, степові ґрунти потребують в 2 рази менше фосфорно-калійних добрив, а в солонцюваті ґрунти взагалі не вносять калій. Азотні добрива аналогічно вносять в передпосівну культивуацію (30–40 кг/га), а от у самі рядки – молібденізований суперфосфат (по 10–14 кг/га). Також посіви підживлюють під час обробки міжряддя.

### 3. Технологія та організація виконання оранки

#### 3.1. Загальний опис робочого процесу оранки. Важливість правильної технології первинного обробітку (оранки)

Обробіток ґрунту – це дія робочих органів машини та знарядь на ґрунт, що сприяють поліпшенню ґрунтових умов життя сільськогосподарських культур та знищенню бур'янів.

На сучасному етапі розвитку агротехніки основним завданням обробітку є:

- удосконалення умов водного, теплового та повітряного балансу в ґрунті;
- боротьба з різними видами бур'янів;
- корисне та правильне переміщення шарів ґрунту, органічних рослинних та мінеральних решток;
- запобігання повітряній та водяній ерозії;
- пришвидшення адаптації та забезпечення умов для раціонального розвитку рослин.

Залежно від глибини розрізняють такі види обробітку ґрунту:

- Глибокий обробіток (> 24 см);
- звичайний обробіток (16–24 см);
- мілкий обробіток (8–16 см).

Залежно від технологічних операцій розрізняють такі види обробітку:

- основний;
- поверхневий (передпосівний);
- спеціальний.

Основний обробіток ґрунту – це глибокий суцільний обробіток ґрунту під різні сільськогосподарські культури. До нього відносять полицевий обробіток з повним або частковим обертанням скиб, дискування, безполицевий обробіток, фрезерування та чизелювання на глибину оранки. Цей процес обробітку є найбільш енергоємним процесом, адже на нього витрачається від 8 до 32 % пального.[2]

Поверхневий обробіток ґрунту слугує для розпушення або ущільнення ґрунту, загортання добрив на невелику глибину (в межах 8 см).

Спеціальний – це плантажний, ярусний та нарізний обробіток ґрунту тощо.

В даній роботі розглядається полицевий обробіток ґрунту і детально аналізуються його агрегати, бо саме з ним пов'язане удосконалення даного процесу обробітку.

Оранка та полицевий обробіток (рис. 3.1) виконується таким агрегатом як плуг. Суть його роботи полягає у підрізанні оброблювального шару, його підніманні із розпушуванням, перегортанні на 120–180 % та укладенні даної скиби на дно відгорнутої борозни. Обробіток характеризується майже повним очищенням поверхні поля від всіх наявних поживних решток в межах від 92–99 %. Це супроводжується загортанням певних мінеральних добрив, рослинних решток, усуненням небажаної рослинності, а також значним зменшенням відсотку щільності обробленого шару ґрунту.

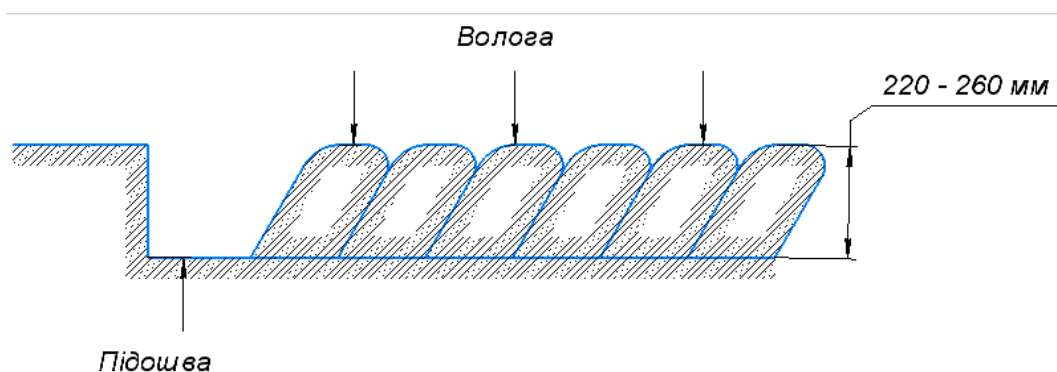


Рисунок 3.1 – Схема полицевого обробітку ґрунту

Культурна оранка – це процес, коли верхній шар ґрунту з рослинністю зрізається предплужником і падає на дно борозни, а нижній крихкий шар ґрунту піднімається основним корпусом та приоріє верхній шар в борозні. У кінцевому результаті верхній шар набуває добре розпушеного стану.[5] Саме через це обробіток ґрунтів за допомогою плугів з предплужниками називають культурною оранкою. Також слід виокремити, що такий вид оранки сприяє поліпшенню

водного і повітряного балансу ґрунту, підвищує його родючість, за рахунок правильного перегортання скиби та накопичення в ньому поживних решток.

### **3.2. Недоліки і переваги глибокого обробітку ґрунту**

Одним із основних недоліків даного методу обробітку ґрунту є ризик виникнення ерозії на поверхні поля за рахунок підвищеного рівня витрати вологи в теплий період року, а також утворення ущільненої підшви внаслідок постійного обробітку на одній глибині.

Звичайно, переваг даного обробітку нараховується значно більше. Глибока оранка покращує водопроникність ґрунту, його пористість та насиченість повітрям. Також оранка – це засіб для боротьби з бур'янами. Під час процесу оранки, шар, який найбільш засмічений, загортається на саме дно борозни (від 21 см і глибше) і більша частина насіння і коріння бур'янів потрапляє у несприятливі умови, де частково перегниває та гине.[3]

Також глибока оранка – це гарний засіб для боротьби із рослинними шкідниками та хворобами. Шкідники, які знаходяться на поверхні, приорюються на дно. Ті, що були знизу, потрапляють на поверхню та знищуються або іншими тваринами, або погодними умовами.

Періодичне зменшення або підвищення глибини оранки слугує профілактикою утворенню плужної підшви.

Приорювання гною здійснюється без предплужників.

Основні умови агротехнічного використання плугів:

- експлуатація плуга повинна проводитись в межах встановлених агротехнічних термінів та на задану глибину – не глибше, ніж гумусовий горизонт;
- похибка глибини обробітку повинна коливатись в межах 1–2 см;
- має простежуватись повний оберт скиби, розпушення зореного шару, однаково рівний переріз скиб, пригорнуті добрива та усунення небажаної рослинності;

- поверхня поля повинна бути рівною, без високих гребенів, без огривів із повною обробкою поворотних смуг;
- борозна прямолінійна, напрямом оранки на схилах  $> 4^\circ$  – за горизонтом місцевості.

## 4. Модернізація та обґрунтування параметрів лемішного плуга ПЛН 3–35

### 4.1. Аналіз конструкції плуга ПЛН 3–35

ПЛН 3–35 призначений для обробітку ґрунту, питомий опір якого – до 8 Н/см<sup>2</sup>.

Будова плуга включає в себе основні та допоміжні робочі органи. До основних належать корпус та грутопоглиблювач, до допоміжних: рама, колесо для регулювання та начіпка.

Корпус ПЛН 3 – 35 складається з леміша 3, полиці 2 та польової дошки, що стоїть на башмаку, який в свою чергу прикріплений до штампованого стояка 1 (рис. 4.1).

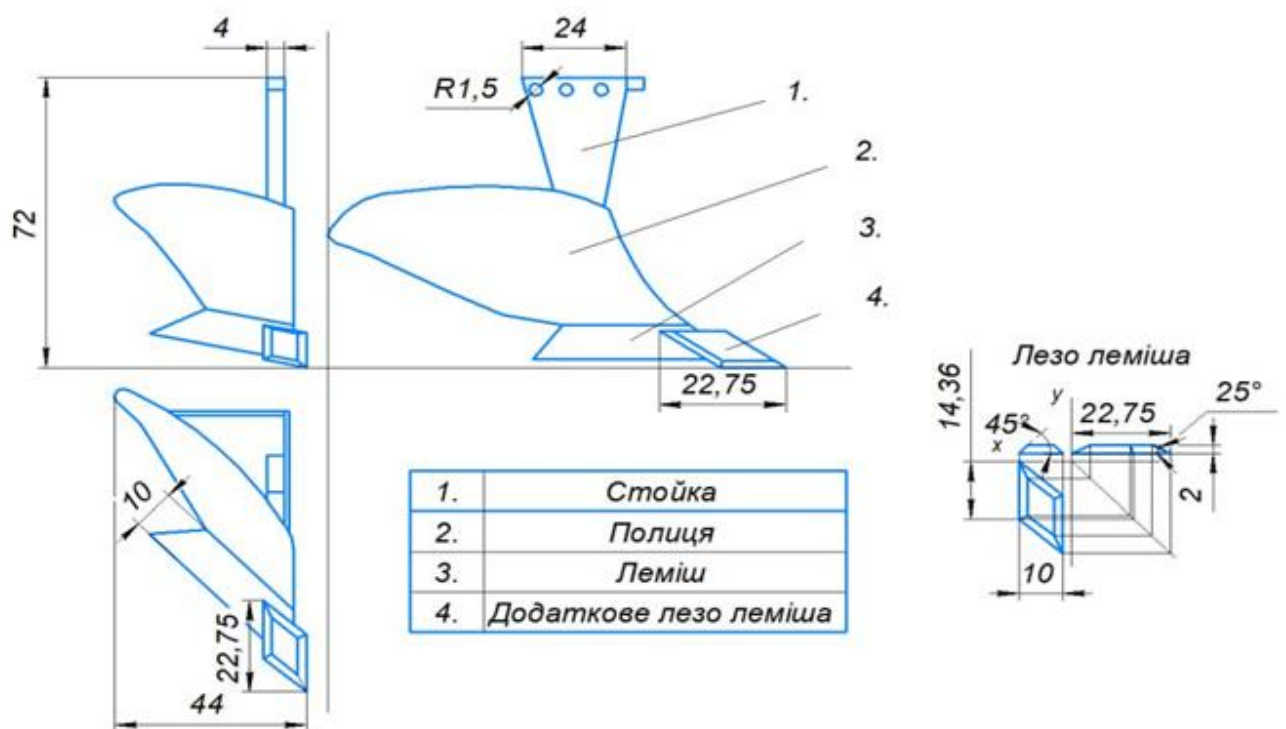


Рисунок 4.1 – Схема будови корпусу плуга

Долотоподібний леміш має ніс, який нагадує форму долота. На даний момент розповсюдженим є леміш, що має функцію самозагострення. [7]

На лезо наплавляють тонкий твердий сплав «Сормайт №1», після чого лезо охолоджують (загартовують для міцності) та загострюють, товщина леза після

заточування повинна становити не більше 1 мм. Залежно від кута  $\varepsilon$  між напрямками векторів швидкості леза ножа та сили нормального тиску  $N$ , а також властивості матеріалу, що ріжеться (кут тертя  $\varphi$ ), виділяють три принципи процесу різання лезом, наведені на рисунку 4.2.

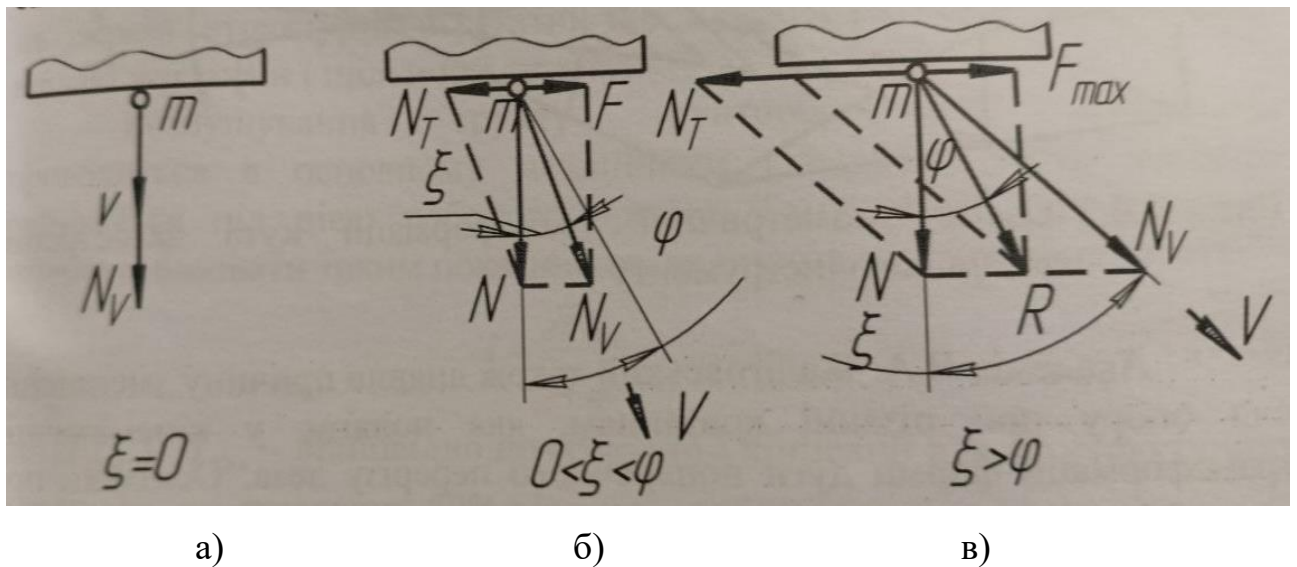


Рисунок 4.2 – Напрямки дії сил леза на ґрунт: а) різання рубкою; б) різання із продовжнім пересуванням без значного ковзання; в) різання із значною силою ковзання

У випадку взаємодії клину із сипкими (піщаними) ґрунтами, наявний основний вид деформації – зсув. При переміщенні клина із положення I в положення II (рис. 4.3) частини ґрунту «а» і «б» послідовно втискуються у деформовану масу, ущільнюються і утворюють масив площини ковзання по лінії OA, викликаючи переміщення масиву по поверхні клину вгору.[8]

Полиця призначена для перевертання та розпушення скиби. Їх поділяють на типи, наведені на рисунку 4.4.

Полиця культурного типу (рис. 4.4,а) розпушує скибу і в роботі із передплужником добре її перевертає. Найбільш ефективно застосовується на полях, що давно не оброблялись, а також на в'язких ґрунтах.

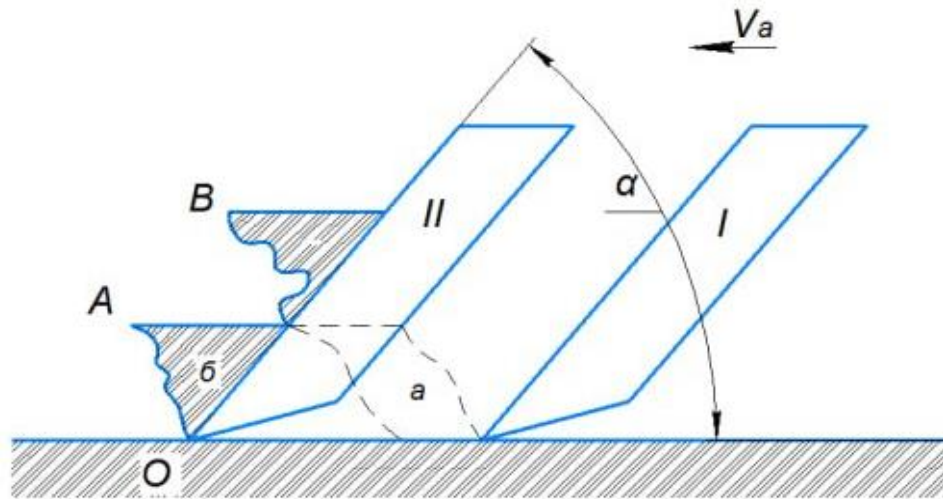


Рисунок 4.3 – Схема взаємодії клина з сипким ґрунтом

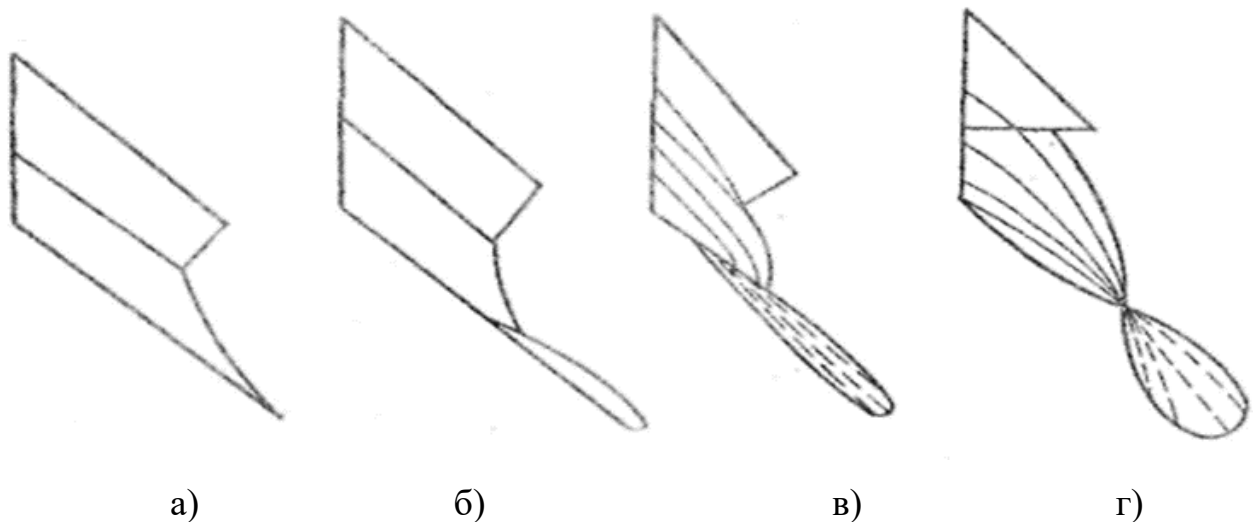


Рисунок 4.4 – Типи полиць плуга: а) культурного типу (найпоширеніша); б) циліндрична; в) напівгвинтова; г) гвинтова

Польова дошка (рис. 4.5) слугує для вирівнювання напрямку ходу корпусу, і запобігає його зміщенню внаслідок дії бокових сил. Польова дошка опирається на дно та стінку борозни. Під час роботи ця частина плуга зазнає найбільшого навантаження і тому має високу швидкість спрацювання.

Стояки плугів бувають литі, штамповані та зварноштамповані. Вони поділяються на високі, які застосовуються на всіх плугах із плоскою рамою, та низькі – на плугах із зігнутою рамою.



Рисунок 4.5 – Польова дошка

Рама призначена для кріплення всіх робочих органів. Загалом рами виготовляють плоскими. Вони складаються із гряділів, кількість яких дорівнює кількості плугів. Для підвищення міцності конструкції рами, до неї прикріплюють брус жорсткості по лінії розміщенню корпусів. Механізм опорного колеса слугує для додаткового регулювання та заглиблення за рахунок піднімання або ж опускання рами плуга гвинтовим механізмом.

Тяговим опором плуга можна оцінювати енергоємність процесу оранки, саме тому це є важливим експлуатаційним показником.

I. Тертя корпусів об дно борозни, опір перекочування коліс, тертя в маточині коліс. Кожна перерахована складова не залежить від швидкості глибини переміщення плуга, але в той же час вони пропорційні до частини ваги агрегату на кожному із даних опор.[12] Сукупність цих всіх складових може вважатись пропорційною вазі плуга:

$$P_1 = f \times G, \quad (4.1)$$

де  $f$  – коефіцієнт, який відповідає коефіцієнту тертя;

$G$  – вага плуга, Н.

За формулою (4.1) перша складова опору  $P_1$  є небажаною. Дана складова опору завжди присутня в роботі плуга. Для плуга ПЛН 3–35 при його масі 475 кг та  $f \approx 0,30$  цей опір становить:

$$P_1 = 127,5. \quad (4.2)$$

II. Опір залежить від деформації ґрунту. У діапазоні робочої швидкості оранки даний опір треба вважати таким, що не залежить від швидкості. Цей опір пропорційний площі поперечного перерізу скиби, а також квадрату лінійного розміру деформованого шару:

$$P_2 = k \times a \times n \times b, \quad (4.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт питомого опору ґрунту, Н/м<sup>2</sup>;

$a$  – глибина оранки, м;

$n$  – кількість корпусів, шт;

$b$  – ширина захвату одного корпусу, м.

Підставимо відповідні значення в формулу (4.3) для плуга ПЛН 3–35:  $k = 0,30$  Н/м<sup>2</sup>,  $a = 0,25$  м,  $n = 3$ ,  $b = 0,35$  м.

$$P_2 = 0,30 \times 0,25 \times 0,35 \times 3 = 0,07875. \quad (4.4)$$

III. Опір, що з'являється безпосередньо при перекиданні шару ґрунту полицею:

$$P_3 = \varepsilon \times a \times b \times n \times v^2. \quad (4.5)$$

Формула Горячкіна В. П. для визначення розрахунково-тягового зусилля плуга:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = f \times G + k \times a \times b \times n + \varepsilon \times a \times b \times n \times v^2, \quad (4.6)$$

де  $\varepsilon$  – крефіцієнт, що залежить від форми полиці і властивостей ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – поступальна швидкість плуга, м/с.

За формулою (4.6) тягове зусилля плуга становить:

$$P = 0,30 \times 475 + 0,30 \times 0,25 \times 0,35 \times 3 + 0,5 \times 0,25 \times 0,35 \times 3 \times 1,9^2 = 142,71. \quad (4.7)$$

Отже, для плугів, які працюють на швидкості 1,2–1,4 м/с, третя складова опору знаходиться в межах 3 % від загального тягового опору.

#### **4.2. Оцінка досконалості конструкції агрегату**

Із наведеного вище матеріалу з'ясовано, що конструкція плуга є доволі простою та дія різних фізичних сил залишається майже на такому ж рівні. Протягом багатьох років принцип обробітку плугом залишається сталим і не часто піддавався змінам.

В основній масі модернізації підлягали леміши корпусу, бо саме леміш виконує надрізання ґрунта і в подальшому утворення скиби. Про найбільш часте удосконалення даної частини плуга свідчить їх кількість: трапецеподібний, долотоподібний, долотоподібний із привареною щокою, з висувним долотом і т.п. Кожен тип плуга виконує свою роль в залежності від поставлених задач, має свій кут загострення, форму, додаткові елементи для більш якісної роботи на відповідних ґрунтах. Найбільш простим та універсальним залишається долотоподібний за рахунок своєї простої форми, довговічності і вдалим загостренням, що дає можливість збільшити ресурс леміша.

Також конструкція корпусу тракторного плуга залишає свою форму та схожість зі своїми попередниками – кінськими плугами, бо суть роботи залишається та ж, але змінюються конструктивні рішення. Стандартним та універсальним видом полиці корпусу залишається культурний. Він має рівномірний кут загинання, що направляє та перевертає скибу від  $120^{\circ}$ . Він достатньо кришить ґрунт, не занадто перекручує скибу. Полиці у вигляді гвинта і напівгвинта використовуються не так часто. Все залежить від виду ґрунту і потреб в господарстві.

Польова дошка зберігає своє призначення, у різних видах корпусів змінюючи лише свій розмір в залежності від того, яка бічна сила діє на корпус і яка площу прилягання розширювача до стінки борозни необхідно забезпечити.

Рама плуга ПЛН 3–35 є вдалим конструктивним рішенням за рахунок відношенню кількості матеріалу до надійності конструкції.

Загалом застосовуються три профільні труби 100x100 мм, з товщиною стінки більше 3 мм із сталі S235 або S335. Труби з'єднуються у вигляді прямокутного трикутника з наварюванням накладок на стиках рами для жорсткості конструкції. Гіпотенуза, на якій знаходяться кріплення під корпуси, перпендикулярно направлена до катету рами із кріпленням під навіску, а на стороні суміжного катету знаходиться кріплення опорного регульовального колеса.

### **4.3. Обґрунтування потреби модернізації**

При первинному обробітку ґрунту важливим фактором є практичність та економічність використання агрегату. Економія часу, паливо-мастильних матеріалів, технічний ресурс тракторів і агрегатів є важливою умовою для господарств. Економічність використання характеризується загальною сукупністю процесів обробітку, починаючи від оранки і до посіву.

Корисне використання плуга в часових одиницях, а також в одиницях витрат паливо-мастильних матеріалів є можливим тільки за умови сумарного розрахунку витрат всіх агрегатів від початку обробітку поля до повного засівання. Цього можна досягти встановленням роторної допоміжної полиці, що являє собою міні-фрезу, встановлену перпендикулярно борозні та паралельно полиці корпусу. Вона знаходиться майже на одній висоті із корпусом. Кріпляться вони на кронштейнах до рами плуга і приводяться в дію від ВВП (вал відбору потужності) на редуктор (передаточне число становить 1:1), з редуктора на головний шків, із головного (ведучого) шківа за допомогою клиноподібних ременів на шків роторної полиці.

Роторна полиця – це елемент, який є активним робочим органом. Вона працює за схожим принципом із фрезами, єдина головна відмінність – розміщення ротора в вертикальній площині, а у фрези – в горизонтальному.

Фреза ріже і розбиває ґрунт, а роторна полиця частково роздрібнює попередньо надрізану скибу. Загалом такі знаряддя добре замінюють агрегати для передпосівного обробітку з пасивним робочим органом, такі як культиватор, борони тощо.

Під час роботи ротора рух ножів відносно скиби ґрунту складається із поступальних рухів ротора разом з обертами ВВП трактора і обертальним рухом ножів, які проходять вздовж складної траєкторії, заглиблюючись в скибу (рис. 4.6). Вона відокремлюється лемішем плуга і прямує по полиці, де зустрічається із ротором, а ніж відокремлює стружку (деякий об'єм ґрунту, що знаходиться між двома ножами).

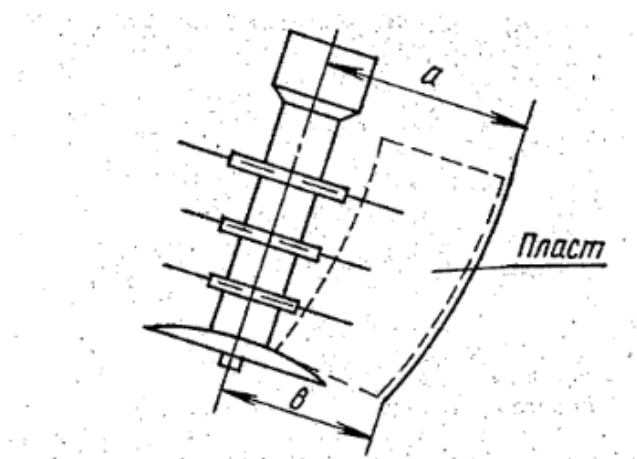


Рисунок 4.6 – Схема взаємодії ножів агрегату зі скибою ґрунту

Відокремлені частини ґрунту відкидаються відцентровою силою на полицю і далі падають донизу або ж продовжують рух до самої борозни. Даний метод комбінованого обробітку є корисним на полях із значною рослинністю, стернею, бур'янами. Він не тільки перегортає залишки на дно борозни, а ще й добре подрібнює рештки та спушить ґрунт. Це значно прискорює процес сівби озимих та ярих культур і є економічно вигідним.

#### **4.4. Конструктивні розрахунки елементів модернізованого плуга. Ротор та ремінна передача**

Робота ротора характеризується такими параметрами:

- $S_z$  – подача на ніж;
- $a$  – глибина обробітку.

Подачу на ніж визначають за формулою:

$$S_z = V \cdot t_z, \quad (4.8)$$

де  $V$  – поступальна швидкість ротора, м/с;

$t_z$  – час, в межах якого наступний ніж займає положення попереднього, с:

$$t_z = \frac{t_{об}}{Z}, \quad (4.9)$$

$t_{об}$  – час, за який диск виконує один повний оберт, с;

$Z$  – кількість зубів на одному диску, шт.

Швидкість обертання на валу відбору потужності трактора МТЗ–80 становить 540 об/хв. Саме від цього ВВП працює механізм. Переведемо об/хв в об/с для зручності розрахунку:

$$540 \text{ об/хв} = \frac{540 \text{ об}}{60 \text{ с}} = \frac{9 \text{ об}}{1 \text{ с}} = \frac{1 \text{ об}}{0,11 \text{ с}}. \quad (4.10)$$

Якщо вал передає свою швидкість обертання на редуктор, де передаточне число становить 1:1, а потім з редуктора на шків приводу ротора (розмір шківів однаковий), то ця швидкість залишається незмінною для інших елементів.

Приведемо характеристики руху ротора:  $Z = 3$ , довжина одного зуба = 0,12 м (від центру вала і до кінця зуба). Це значення можна позначити як радіус уявного кола обертання.

$$t_{об} = T = 0,11 \text{ с}. \quad (4.11)$$

Тоді:

$$t_z = \frac{0,11}{3} = 0,036 \text{ с}. \quad (4.12)$$

Відоме значення періоду обертання дає змогу знайти швидкість, з якою обертається ротор, для чого потрібно дізнатись довжину кола обертання:

$$l = 2\pi R. \quad (4.13)$$

Виходить:

$$l = 2 \times 3,14 \times 0,12 = 0,7536 \text{ м}. \quad (4.14)$$

Формула для визначення швидкості:

$$v = \frac{l}{T}, \quad (4.15)$$

$$v = \frac{0,7536}{0,11} = 6,85 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (4.16)$$

Також час  $t_{об}$  можна визначити за формулою:

$$\omega \times t_{об} = 2 \times \pi, \quad (4.17)$$

$$\omega = 2\pi v, \quad (4.18)$$

$$\omega = 2 \times 3,14 \times 6,85 = 43 \text{ рад/с}. \quad (4.19)$$

Час, в межах якого наступний ніж займає положення попереднього, становить:

$$t_z = \frac{2 \times \pi}{z \times \omega}. \quad (4.20)$$

Подача на ножі визначається за формулою:

$$S_z = \frac{2 \times \pi \times V}{z \times \omega}. \quad (4.21)$$

Якщо перемножити чисельник і знаменник на радіус  $r$ , отримаємо:

$$S_z = \frac{2 \times \pi \times V \times r}{z \times \omega \times r}. \quad (4.22)$$

Оскільки

$$U = \omega \times r; \quad (4.23)$$

$$U = 43 \times 0,12 = 5,16, \quad (4.24)$$

то

$$S_z = \frac{2 \times \pi \times V \times r}{z \times U}; \quad (4.25)$$

$$S_z = \frac{2 \times 3,14 \times 6,85 \times 0,12}{3 \times 5,16} = 0,33. \quad (4.26)$$

Із виразу (4.25) можна знайти ступінь кришіння ґрунту, бо товщина стружки  $S_z$ , що визначає рівень подрібнення ґрунту, напряму залежить від подачі  $S$ . Максимальне значення товщини стружки визначається за формулою:

$$\delta_{\max} = S_z \times \cos \varphi_0. \quad (4.27)$$

Маємо:

$$\delta_{\max} = 0,33 \times 3,32 = 1,09. \quad (4.28)$$

Ротор приводиться в дію за допомогою ремінної (пасової) передачі (рис. 4.7). Передачі мають гнучкий зв'язок і виконують обертальний рух. Вони знайшли своє призначення в приводах великої та середньої потужності (в межах 50 кВт та більше).

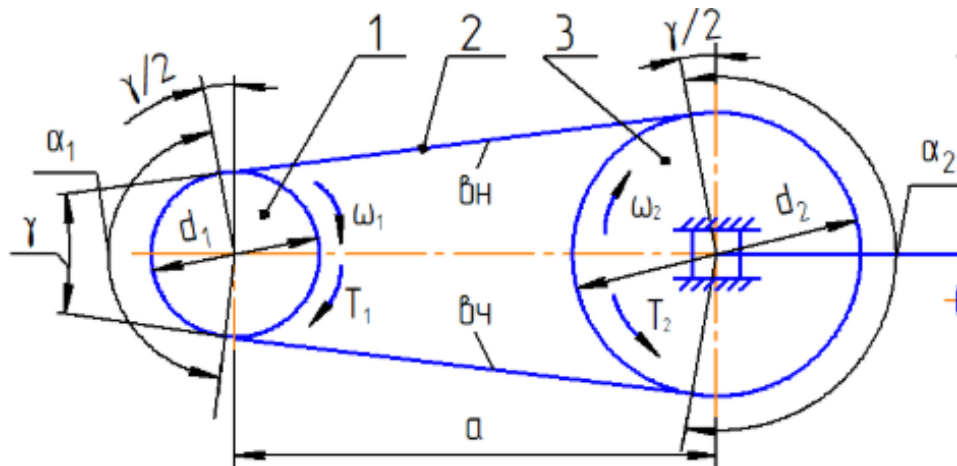


Рисунок 4.7 – Будова ремінної передачі: 1 – ведучий шків (вч); 2 – ремінь 3 – ведений шків (вн);  $d_1$  і  $d_2$  – діаметри ведучого і веденого шківа;  $a$  – відстань між шківками;  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  – кути обхвату першого та другого шківа ( $\alpha_1 \dots 2 = 180^\circ \pm \gamma$ );  $\omega_1$  та  $\omega_2$  – кутові швидкості шківів;  $T_1$  та  $T_2$  – обертальний момент на шківках

Робота ремінної (пасової) передачі полягає в силі тертя між самим пасом і шківом (рис. 4.8).

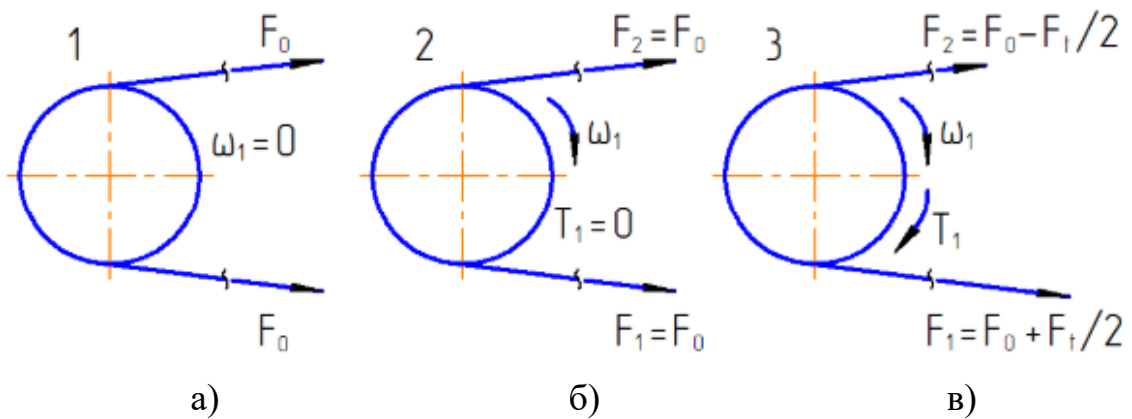


Рисунок 4.8 – Сили, що діють на пасову передачу: а)  $\omega_1 = 0$  (передача в стані спокою), попередні натяги однакові для обох гілок:  $F_0 = 0$ ; б)  $\omega_1 \neq 0$ ;  $T_1 = 0$  (холостий хід передачі), сила натягу–розтягу ведучої частини паса  $F_1$  дорівнює силі натягу вітки паралельної сторони передачі:  $F_0$  ( $F_1 = F_2 = F_0$ ); в)  $\omega_1 \neq 0$ ;  $T_1 \neq 0$  – робочий режим, в якому  $F_1 > F_2$

Використовуючи умови рівноваги шківа, розрахункова колова сила на шківках буде:

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1}; \quad (4.29)$$

$$F_1 + F_2 = 2F_0; \quad (4.30)$$

$$F_1 = F_0 + 0,5F_t; \quad F_2 = F_0 - 0,5F_t. \quad (4.31)$$

Із формули (4.31) видно, що сила, яка діє на пас, являється змінною. Також зв'язок між  $F_1$  та  $F_2$  встановлюється формулою Ейлера:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{f\beta}, \quad (4.32)$$

де  $\beta = 0,7$  – кут ковзання;

$f$  – коефіцієнт тертя між шківом та пасом.

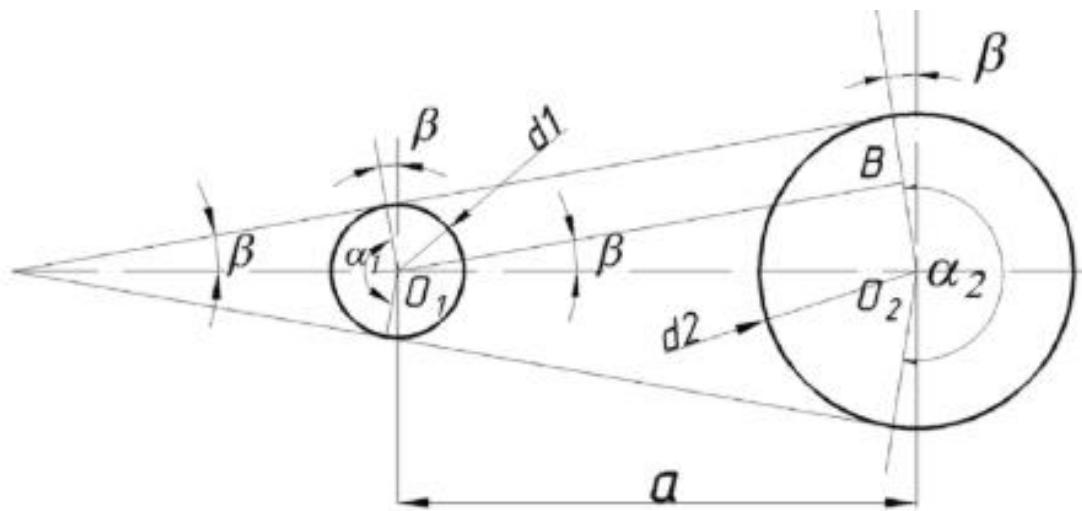


Рисунок 4.9 – Схема для приведених розрахунків

Довжина пасу визначається за формулами:

$$l = 2O_1B + \frac{(\alpha_1 r_1 + \alpha_2 r_2) \times \pi}{180}; \quad (4.33)$$

$$O_1B = O_2B \approx a, \quad (4.34)$$

$$a = 101,54 \text{ см} = 1,0154 \text{ мм}, \quad (4.35)$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 174^\circ, \quad (4.36)$$

$$174^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ}, \quad (4.37)$$

$$174 \times \frac{\pi}{180} = 3,03 \text{ рад}, \quad (4.38)$$

$$l = 2 \times 1015,4 + \frac{(174 \times 82,5 + 174 \times 82,5) \times 3,14}{180} = 2531,63 \text{ мм} \quad (4.39)$$

Із формули (4.39) маємо:

$$l = 2,53163 \text{ м.} \quad (4.40)$$

Головна умова, якої має бути дотримано:

$$\frac{d^2 - d^1}{2a} \leq 1; \quad (4.41)$$

$$\frac{165 - 165}{2 \times 101,54} = 0; \quad (4.42)$$

$$0 < 1. \quad (4.43)$$

Діаметр відтяжного та натяжного роликів  $d_p$  при  $d_1 < d_2$ .

Для клинопасової передачі:  $d_p \geq d_1$ .

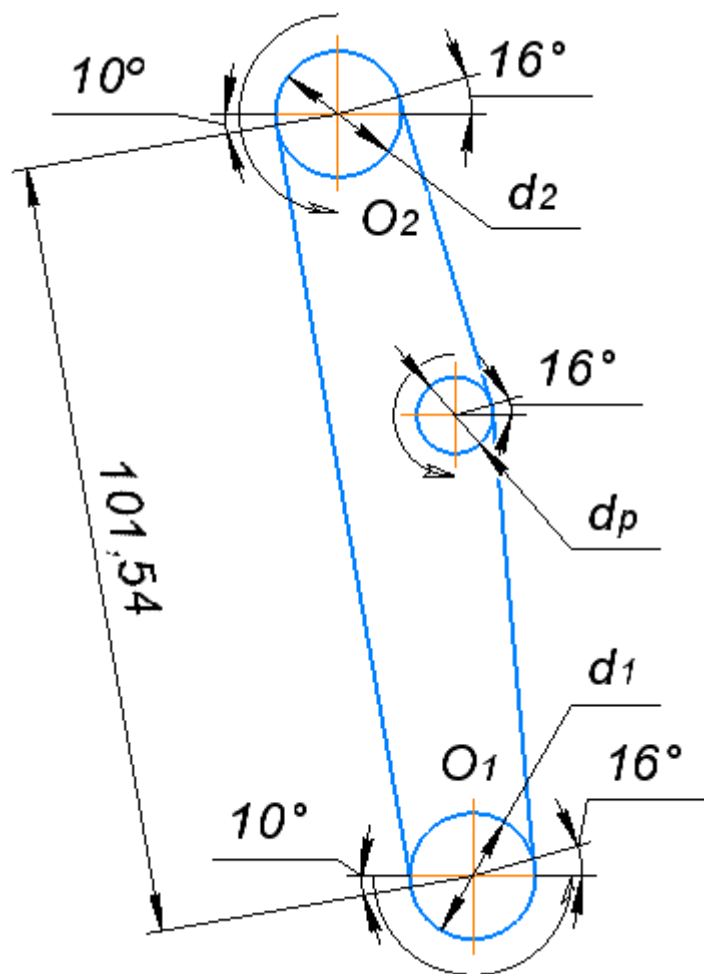


Рисунок 4.10 – Схема розмірів та позначень пасової передачі модернізованого плуга

Кут обхвату пасом шківів у градусах:

$$\alpha_1 = \alpha_2; \quad \alpha_1 = 180^\circ - \beta; \quad (4.44)$$

$$\alpha_2 = 180^\circ - 6^\circ = 174^\circ. \quad (4.45)$$

Кут обхвату суттєво впливає на тягове зусилля. Тому для клинопасової передачі рекомендовано  $\alpha_2 \geq 120$ .

Визначимо зусилля на напруження в пасах під дією відцентрованої сили (рис. 4.11).

Формула відцентрованої сили:

$$\rho A d \varphi \frac{d}{2} \times \frac{2V^2}{d} = \rho A V^2 d \varphi. \quad (4.46)$$

де  $A d \varphi$  – об'єм.

$$F_v = \rho A V^2; \quad (4.47)$$

$$\sigma_v = \rho V^2. \quad (4.48)$$

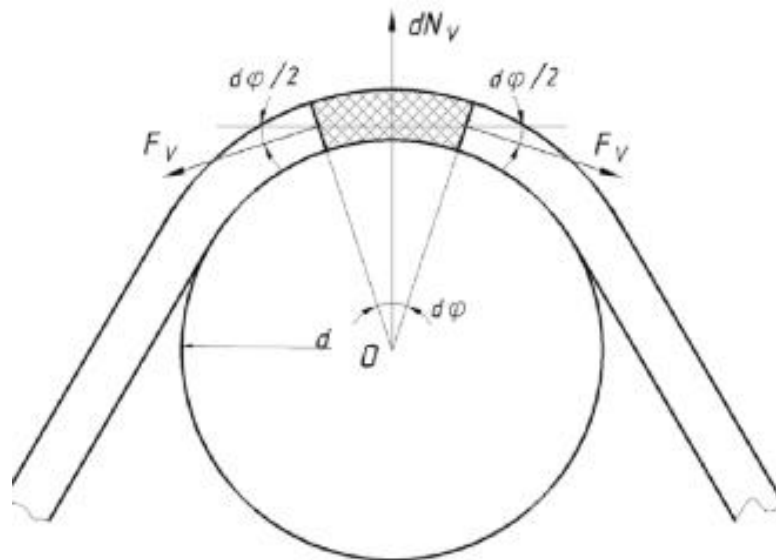


Рисунок 4.11 – Схема до визначення напруження на пасах

Відцентрова сила ніяким чином не залежить від радіуса шківів та є однаковою для всіх поперечних перерізів пасів. При дії відцентрової сили пас послаблюється і це чинить негативного впливу на прилягання пасу в шківі. В такому випадку можливе пробуксовування пасу. Як показують дані, суттєвий вплив відцентрової сили на паси помітні при швидкості  $V > 20 \frac{m}{c}$ .

## 5. Охорона праці

Розрізняють основні небезпечні та шкідливі фактори при використанні плуга, при транспортуванні та використанні його в роботі. До небезпечних факторів відносять:

1. Рухомі частини агрегату або трактора;
2. Слабозакріплені частини конструкції;
3. Високий показник температури певних частин механізмів трактора або агрегату;
4. Опускання та піднімання агрегату тощо.

Шкідливі:

1. Високий вміст пилу та інших шкідливих часток, що впливають на дихальні шляхи;
2. Високий відсоток шуму та вібрації під час роботи;
3. Температурний вплив середовища у відповідний сезон;
4. Вплив значного фізичного навантаження на організм під час роботи.

**Таблиця 5.1 – Виробничі небезпеки та їх наслідки під час роботи**

Операції під час технологічного процесу	Небезпечна умова	Небезпечна ситуація	Небезпечний дія	Імовірні наслідки
ТО плуга ПЛН 3–35	Некваліфікований або під алкогольним впливом робітник	Пошкодження деталей агрегату	Проведення регулювання	Травмування, ушиби
	Відсутність підстраховки	Падіння важкої деталі	Демонтаж важких частин	Аварія, тяжке травмування
	Відсутність індивідуальних засобів захисту	Різна	Різна	Травмо–ваність

Переміщення агрегату на транспортному засобі	Нерівність покриття	Втрата керованості	Висока швидкість	ДТП, травмування
	Недотримання умов транспортування		Деформація елементів трактора та агрегату	
Робочий процес	Пошкодження паливної система трактора	Витікання паливно-масляних матеріалів	Загорання	Пожежа
	Пошкодження електрообладнання	Коротке замикання		

Інструкція з охорони праці (ОП) – це нормативний документ, що вміщує в себе список вимог до працівників під час виконання робіт у певній сфері діяльності.

Структурні елементи ОП:

1. Загальна інструкція з ОП;
2. Охорона праці щодо підготовки до робочого процесу;
3. Охорона праці щодо виконання робіт;
4. Охорона праці при завершенні роботи;
5. Охорона праці при виникненні аварійного стану.

## 6. Техніко–економічна оцінка пропонуваних рішень

В межах техніко-економічної оцінки пропонуваних рішень потрібно визначити продуктивність агрегату, витрати палива трактора і час роботи за кожну одиницю часу.

Тривалість циклу роботи становить:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2L}{V} + t_1, \quad (6.1)$$

де  $V = 7$  км/год – швидкість з якою рухається агрегат;

$L = 0,054$  км – середня довжина ходу;

$t_1 = 0,24$  год – тривалість здійснення поворотів.

Тоді:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \times 0,054}{7} + 0,24 = 0,255 \text{ год.} \quad (6.2)$$

Кількість циклів роботи за зміну становить:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}} - T_{\text{п}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (6.3)$$

де  $T_{\text{зм}} = 8$  год – час однієї зміни;

$T_{\text{пз}} = 0,5$  год – час підготовчих робіт, щоденного технічного обслуговування;

$T_{\text{п}} = 0,3$  год – тривалість переїздів.

$$n_{\text{ц}} = \frac{8 - 0,5 - 0,4}{0,255} \approx 28 \text{ шт.} \quad (6.4)$$

Формула для діючої тривалості зміни:

$$T_{\text{д.зм.}} = t_{\text{ц}} \times n_{\text{ц}} + T_{\text{п}} + T_{\text{пз}}, \quad (6.5)$$

$$T_{\text{д.зм.}} = 28 \times 0,255 + 0,5 + 0,4 = 8,04 \text{ год.} \quad (6.6)$$

Визначимо час роботи агрегату за зміну:

$$T_{\text{р}} = \frac{2L_{\text{р}}}{V} \times n_{\text{ц}} = \frac{2 \times 0,79}{7} \times 28 = 6,32 \text{ год.} \quad (6.7)$$

Коефіцієнт використання часу роботи за зміну:

$$\tau = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{д.зм.}}} = \frac{6,32}{8,04} = 0,75. \quad (6.8)$$

Загальна продуктивність за 1 годину зміни:

$$W = 0,1 \times B_p \times V \times \tau = 0,1 \times 4,2 \times 7 \times 0,75 = 2,2 \text{ га}, \quad (6.9)$$

$$W_{\text{зм}} = T_{\text{зм}} \times W = 8 \times 2,2 = 17,6 \text{ га}. \quad (6.10)$$

Добова продуктивність:

$$W_{\text{д}} = W_{\text{зм}} \times K = 17,6 \times 1 = 17,6 \text{ га}, \quad (6.11)$$

де  $K$  – кількість днів в роботі.

Сезонна продуктивність:

$$W_{\text{сез}} = K_{\text{д}} \times W_{\text{д}} = 22 \times 17,6 = 387,2 \text{ га}. \quad (6.12)$$

Витрати палива на виконання робіт:

$$Q = Q_{\text{ос}} + Q_{\text{д}}. \quad (6.13)$$

Розхід палива МТЗ–80 за одну годину роботи становить 5,5 кг/год, за робочий день – 44 кг, а за сезон (22 дні) – 968 кг:

$Q_{\text{ос}} = 968$  кг – витрати палива за сезон (22 дні);

$Q_{\text{д}} = 0,05 Q_{\text{ос}}$  – витрати палива на холостому ході;

$Q_{\text{д}} = 0,05 \times Q_{\text{ос}} = 0,05 \times 968 = 48,4$  кг за день.

$$Q = Q_{\text{ос}} + Q_{\text{д}}, \quad (6.14)$$

$$Q = 968 + 48,4 = 1016,4. \quad (6.15)$$

Погектарна витрата палива:

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q}{F_{\text{н}}}, \quad (6.16)$$

де  $F_{\text{н}} = 100$  га – обсяг виконаних робіт.

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q}{F_{\text{н}}} = \frac{1016,4}{100} = 10,16 \text{ га}. \quad (6.17)$$

Затрати праці на використання роботи працівників:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{зм}}(P_{\text{о}} + P_{\text{д}})}{W_{\text{зм}}}, \quad (6.18)$$

де  $P_{\text{о}}$  – кількість основних працівників, людей;

$P_{\text{д}}$  – допоміжних працівників.

$$Z_{\text{пр}} = \frac{8 \times 1}{17,6} = 0,45 \frac{\text{люд.год}}{\text{га}}. \quad (6.19)$$

## **Загальні висновки**

У дипломному проекті запропоновано конструктивні рішення щодо робочих органів плуга ПЛН 3-35 з метою удосконалення процесу обробітку ґрунту для сої.

У першому розділі проведено аналіз господарства, його економічної та матеріальної структури, напрямки сфери діяльності.

У другому розділі наведено основні характеристики сої та існуючі технології її вирощування.

Третій розділ стосується процесу оранки, переваг та недоліків даного процесу.

Теоретична частина включає розрахунок основних елементів роботи плуга ПЛН 3-35, конструкції основних елементів та елементів модернізації.

У п'ятому розділі, що стосується охорони праці, сформовано інструкцію щодо правил використання модернізованого плуга.

У технічно-економічному розділі була проведена економічна оцінка пропонуваніх рішень, розрахунок ефективності даного агрегату та практичність конструкції.

## Список використаних джерел

1. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. – 84 с.
2. Фурман В. М., Люсак А. В., Олійник О. В. Ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2016. – 215 с.
3. Історія розвитку теорії і конструкції плуга (XIX – початок XX ст.): Навчальний посібник / Д. Г. Войтюк, В. А. Вергунов, О. С. Мудрук, З. А. Шквира; За ред. Д. Г. Войтюка. – К.: НАУ, 2006. – 143 с.; іл.
4. Машина для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Сало В. М., Лещенко С. М., Лузан П. Г., Мачок Ю. В., Богатирьов Д. В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.: іл.
5. Romanyuk N., Ednach V., Nukeshev S., Troyanovskaya I., Voinash S., Kalimullin M., Sokolova V. Improvement of the design of the plow-subsoiler-fertilizer to increase soil fertility. *Journal of Terramechanics*, Volume 106, 2023. Pp. 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2023.01.001>.
6. Tarasenko B., Drobot V., Troyanovskaya I., Orekhovskaya A., Voinash S., Sokolova V., Maksimovich K., Galimov R., Lopareva S. Research and development of a combined unit for tillage with a layer turnover. *Journal of Terramechanics*, Volume 99, 2022. Pp. 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2021.11.002>.
7. Blednykh V. V., Svechnikov P. G., Troyanovskaya, I. P. Moldboard surface universalization of the ploughshare operating unit. *Procedia Engineering*, Volume 150, 2016. Pp. 1297–1302. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.297>.
8. Blednykh V.V., Svechnikov P.G., Troyanovskaya I.P. Tractor plough with repeated cutting angle on working elements. *Procedia Engineering*, Volume 206, 2017. Pp. 1577–1582. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.680>.

9. Hamed F. A. Models designed to increase the work of reversible disc plough. *Asian Research Journal of Agriculture*, 2019. <https://doi.org/10.9734/arja/2019/v11i330058>.
10. Yin Ya., Guo Sh., Meng Zh., Qin W., Li B., Luo, Ch. Method and system of plowing depth online sensing for reversible plough. *IFAC-PapersOnLine*, Volume 51, Issue 17, 2018. Pp. 326–331. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.199>.
11. Baumhardt R. L., Jones O. R., Schwartz R. C. Long-term effects of profile-modifying deep plowing on soil properties and crop yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72, 2008. Pp. 677–682. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0122>.
12. Bulgakov, V. et al. (2023). Theoretical Study of the Trajectory of Movement of a Ploughing Aggregate with a Reversible Plough on the Headlands. In: Pascuzzi, S., Santoro, F. (eds) *Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture. FMPMSA 2022. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 289. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-13090-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-13090-8_3).

# ДОДАТКИ

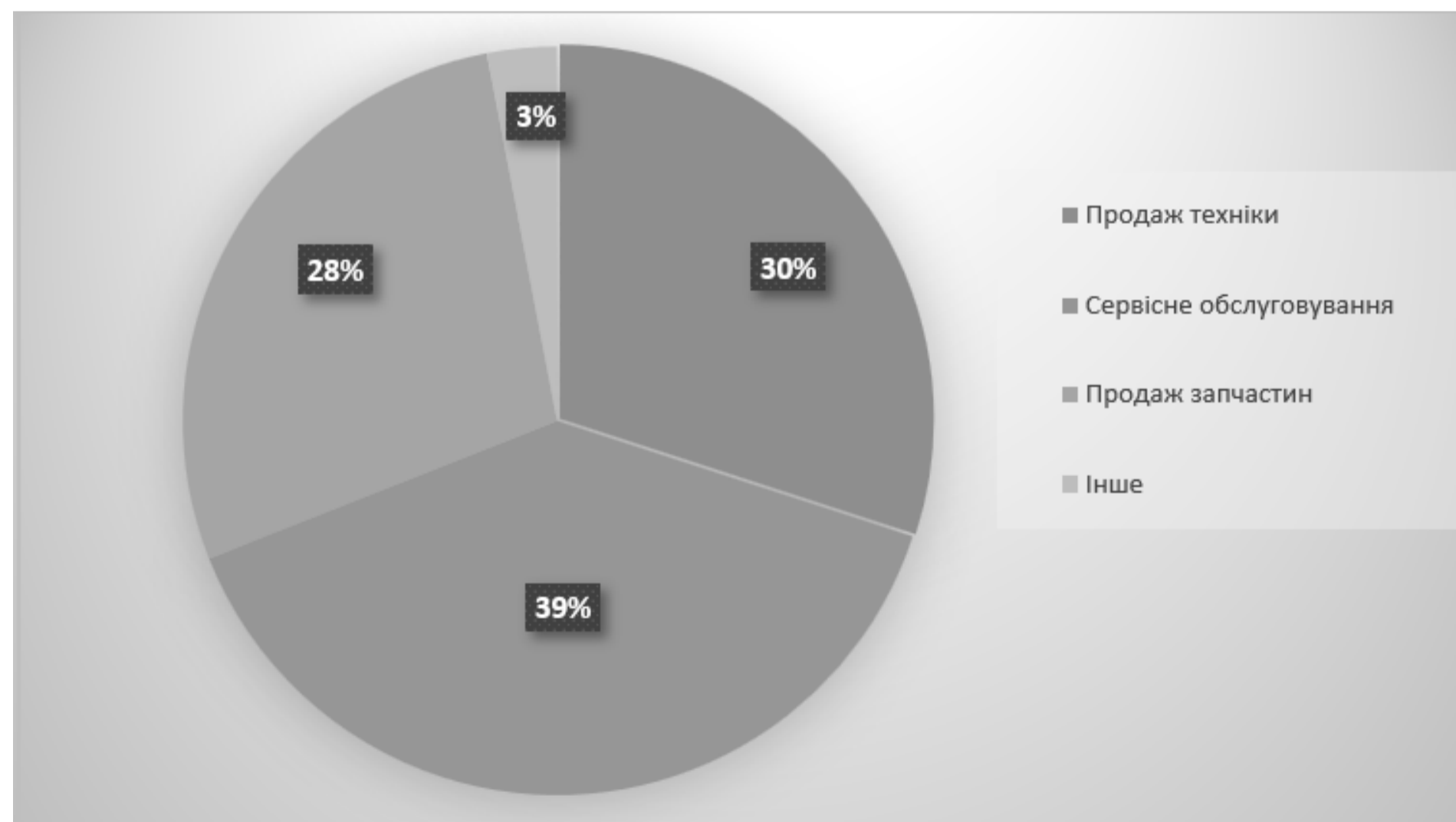
# Загальна характеристика господарства

ТОВ "Таїтен Машинері Україна" в Сумській області розташоване за адресою: вул. Білопільський Шлях, 7, м. Суми, 40009. "Таїтен Машинері" тісно співпрацює майже зі 100 клієнтами з понад 60 господарств в Сумській області.

ТОВ "Таїтен Машинері Україна" спеціалізується на:

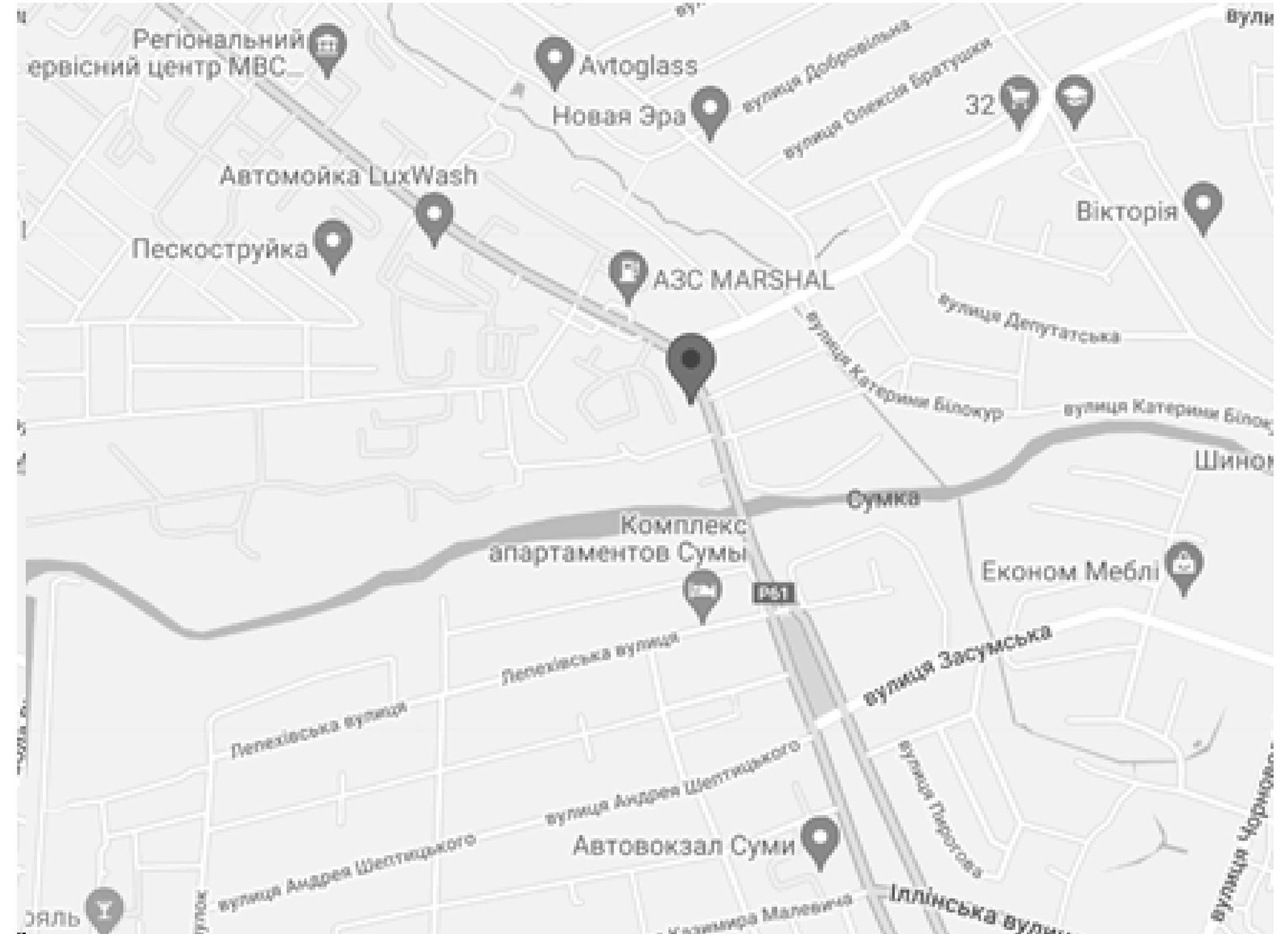
- продажу автотранспортних засобів та агрегатів, їх ремонті та технічному обслуговуванні;
- оптовому продажу деталей та приладдя;
- надання в оренду сільськогосподарських машин і устаткування;
- консультації та співпраці щодо модернізації різних с.-г. агрегатів;
- торгівлі іншими машинами та устаткуванням.

(грн)	2023	2022	2021	2020
Дохід	1 475 490 000	1 330 452 000	1 945 915 000	1 319 924 000
Зобов'язання	1 959 052 000	1 556 903 000	1 267 521 000	1 623 113 000
Активи	1 273 540 000	856 389 000	896 709 000	1 098 622 000
Чистий прибуток	3 450 000	-319 227 000	134 005 000	53 575 000
Кількість працівників	181	172	199	198



Відсоток роботи та прибутку в даних сферах:

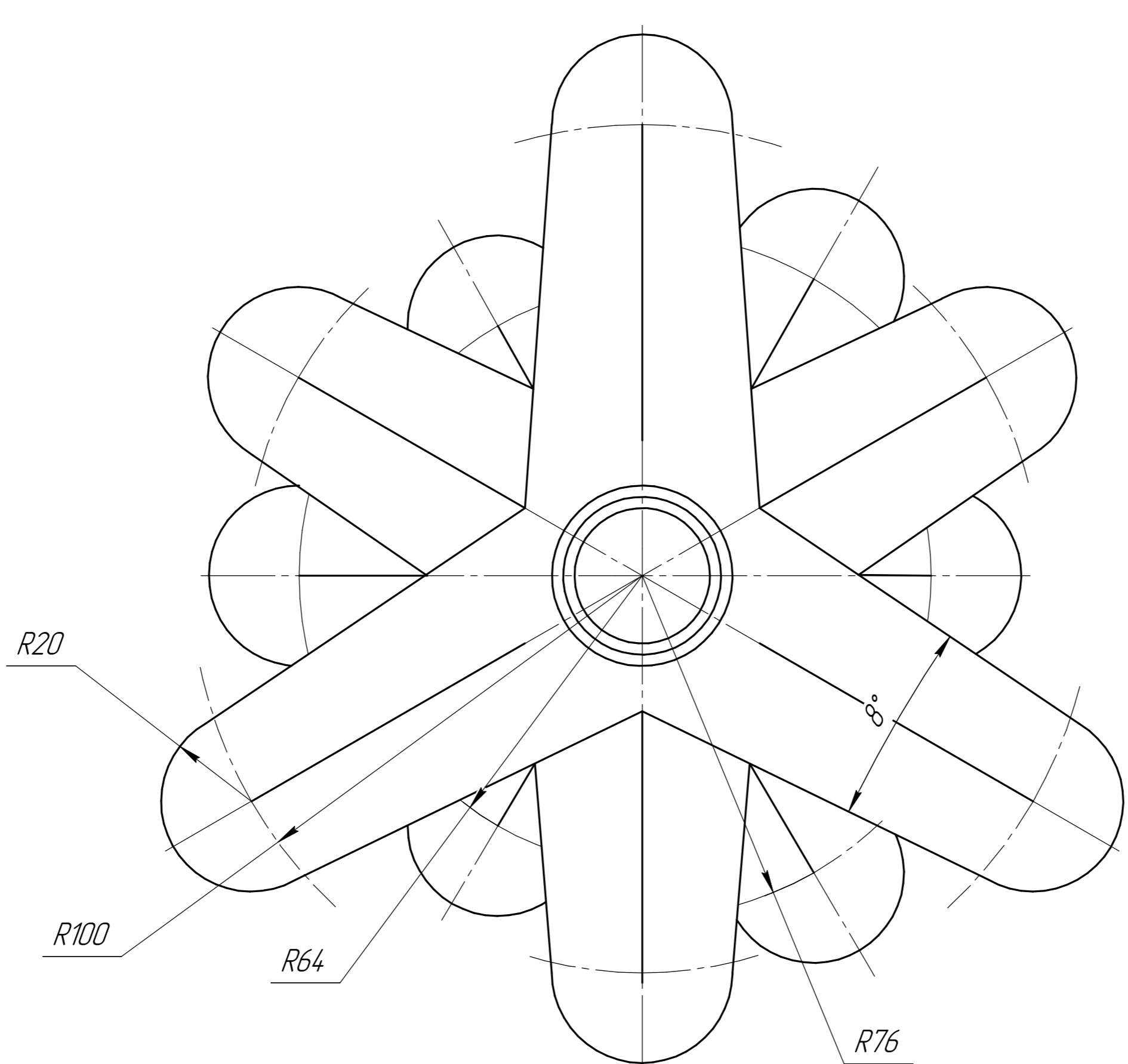
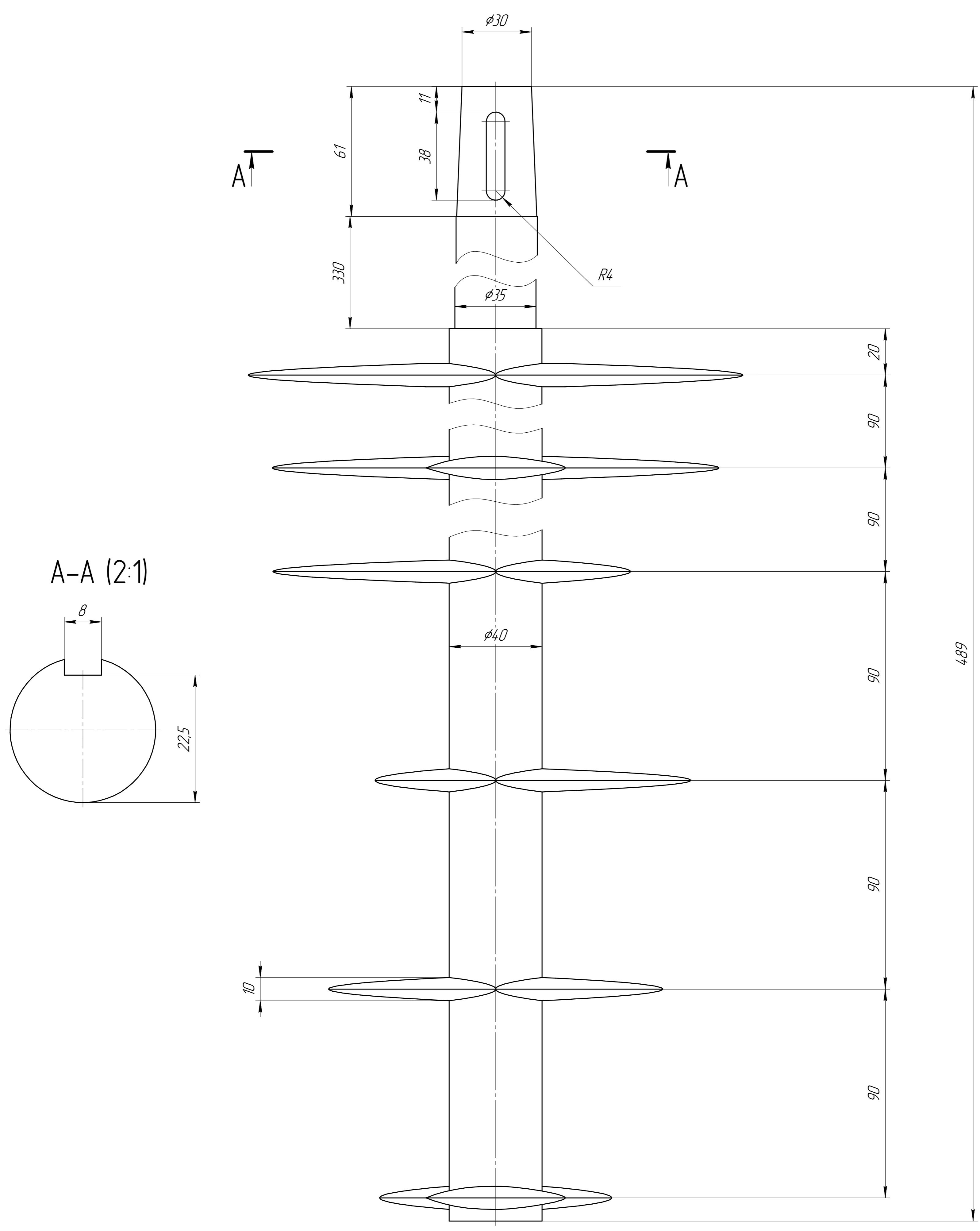
- 30% - продаж техніки,
- 39% - сервісне обслуговування,
- 28% - продаж запчастин,
- 3% - інше.



Ситуація досить напружена після початку 2022 року, але попри складні часи на території України, фірма намагається виїти на показники, які б відповідали показникам минулих років. У зв'язку із закриттям дилерських центрів у регіонах, де йдуть бойові дії, персонал фірми, як і прибуток, теж істотно зменшився. Скорочення кількості функціональних фермерських господарств у межах Сумської та інших областей спричинило зменшення обсягу надання клієнтам послуг сервісу та запчастин, тим самим спричинивши значне зниження прибутків.

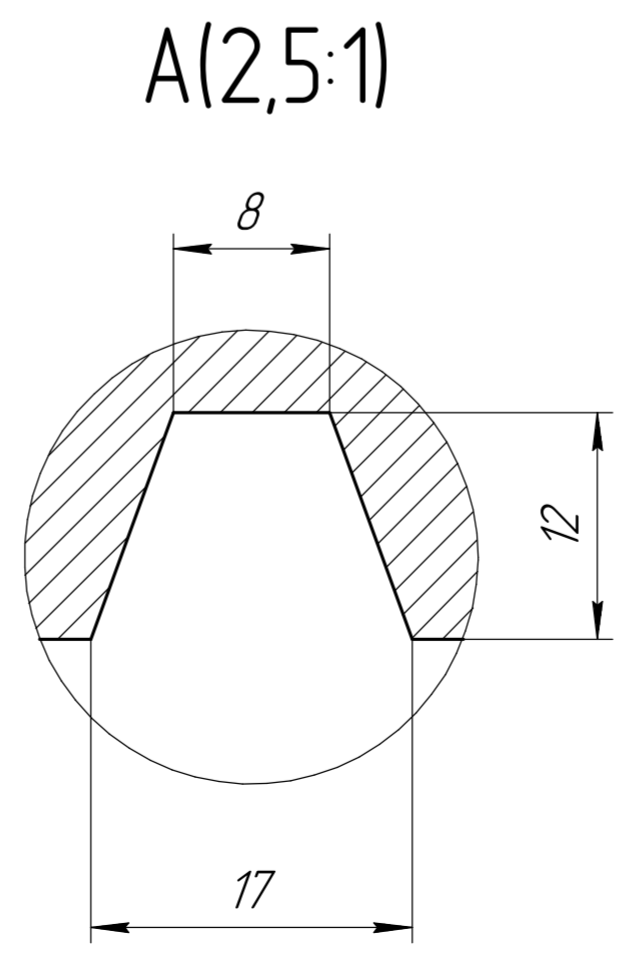
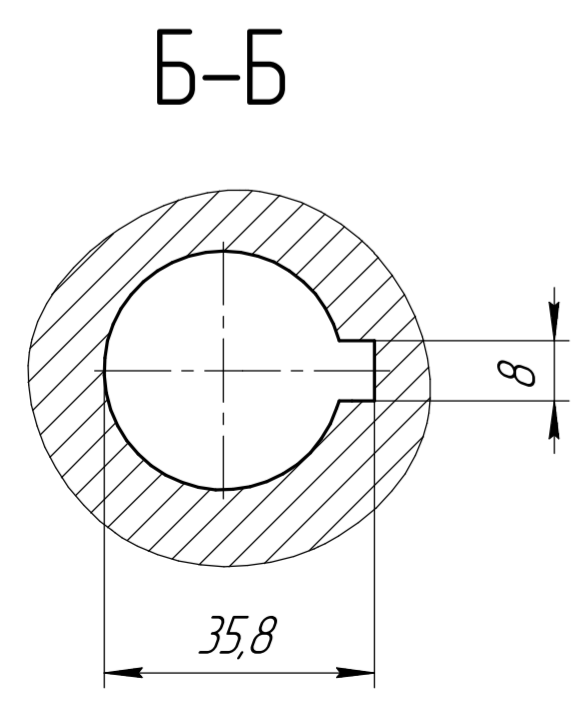
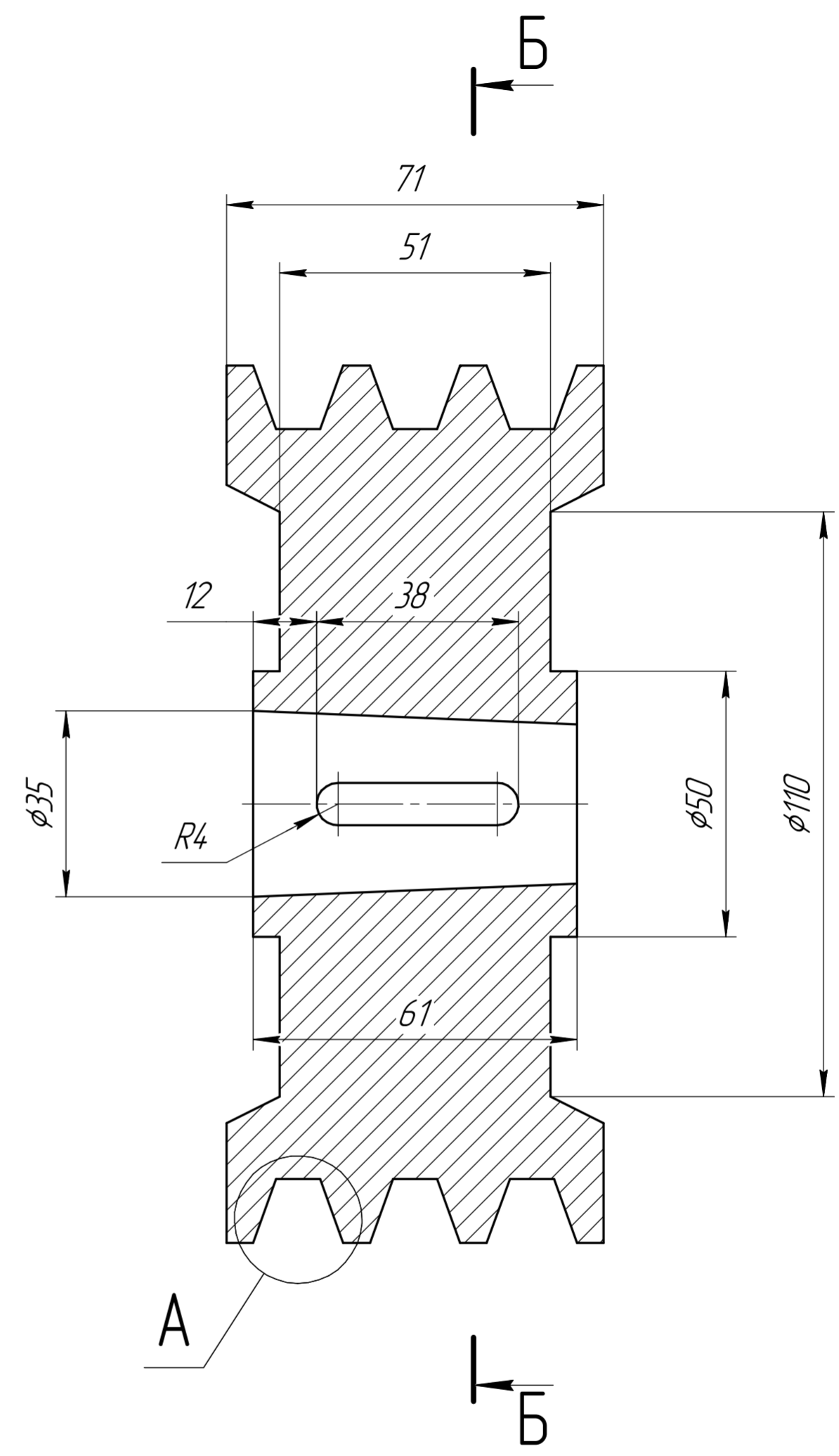
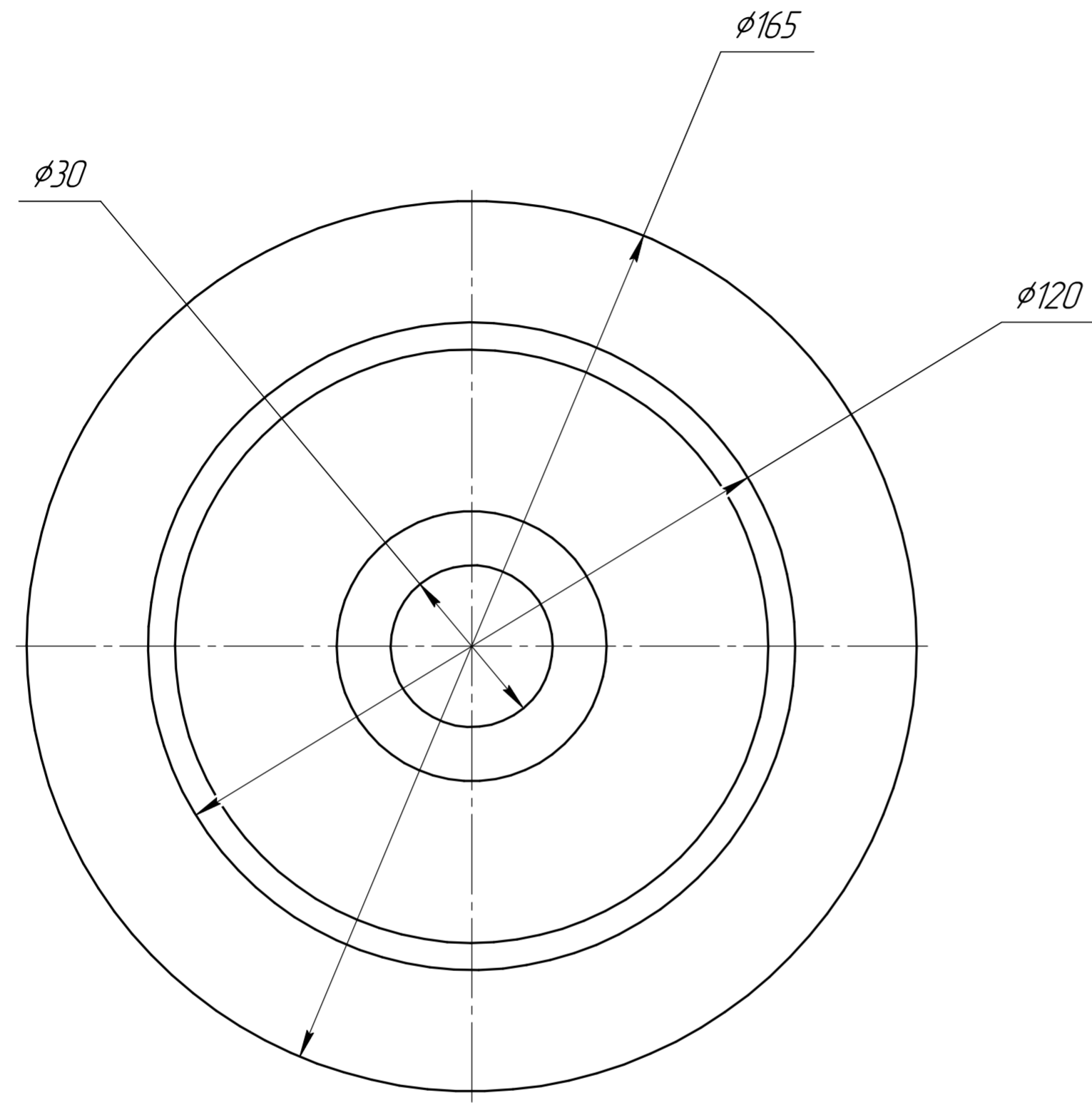
				КР 06.1008.00.00.00.000 ГР		
Ізм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Характеристика господарства	Лист	Масштаб
Розроб.	Романенко М				Лист	Листів 1
Проб.	Волина Т.М.					
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.	Шуляк М.Л.					СНАУ





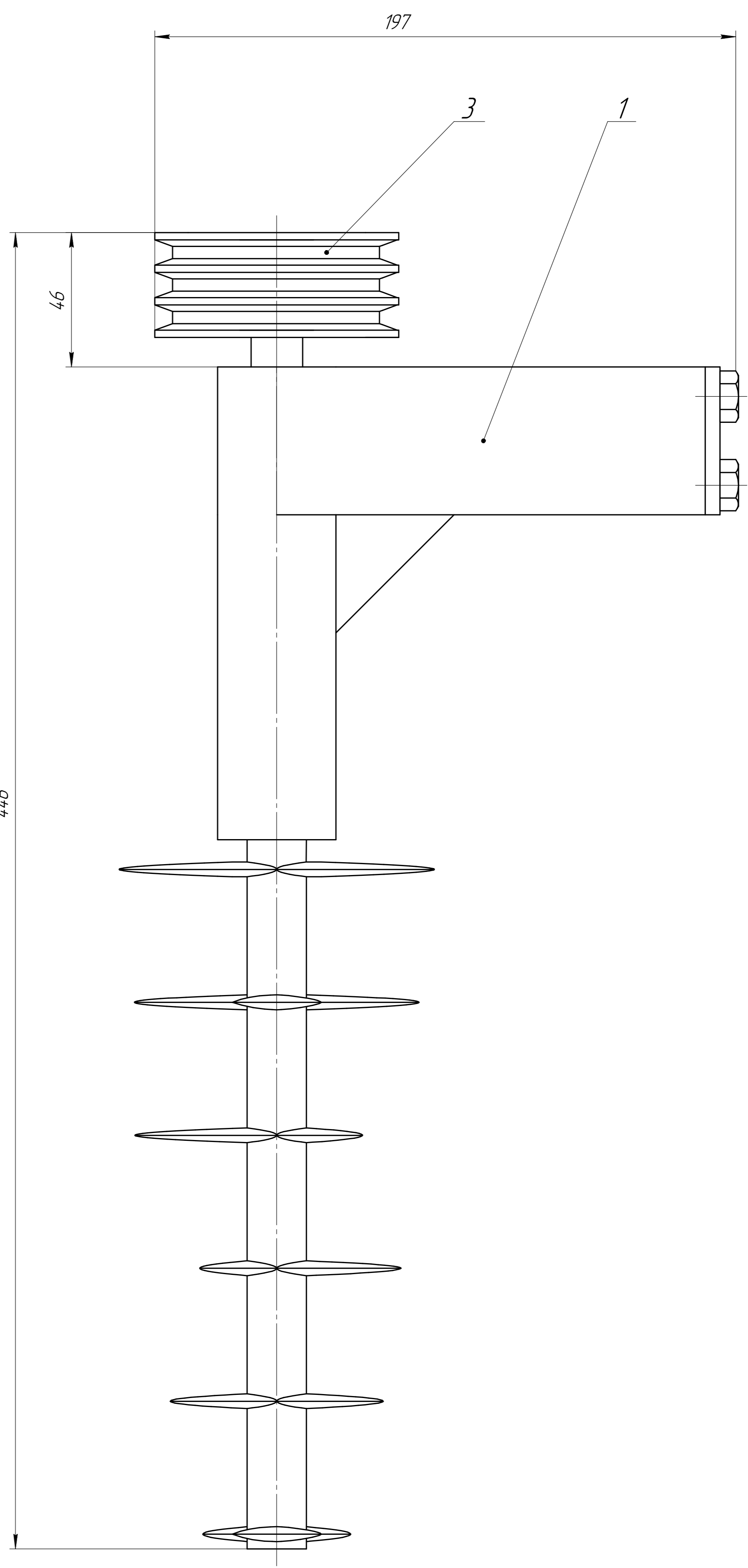
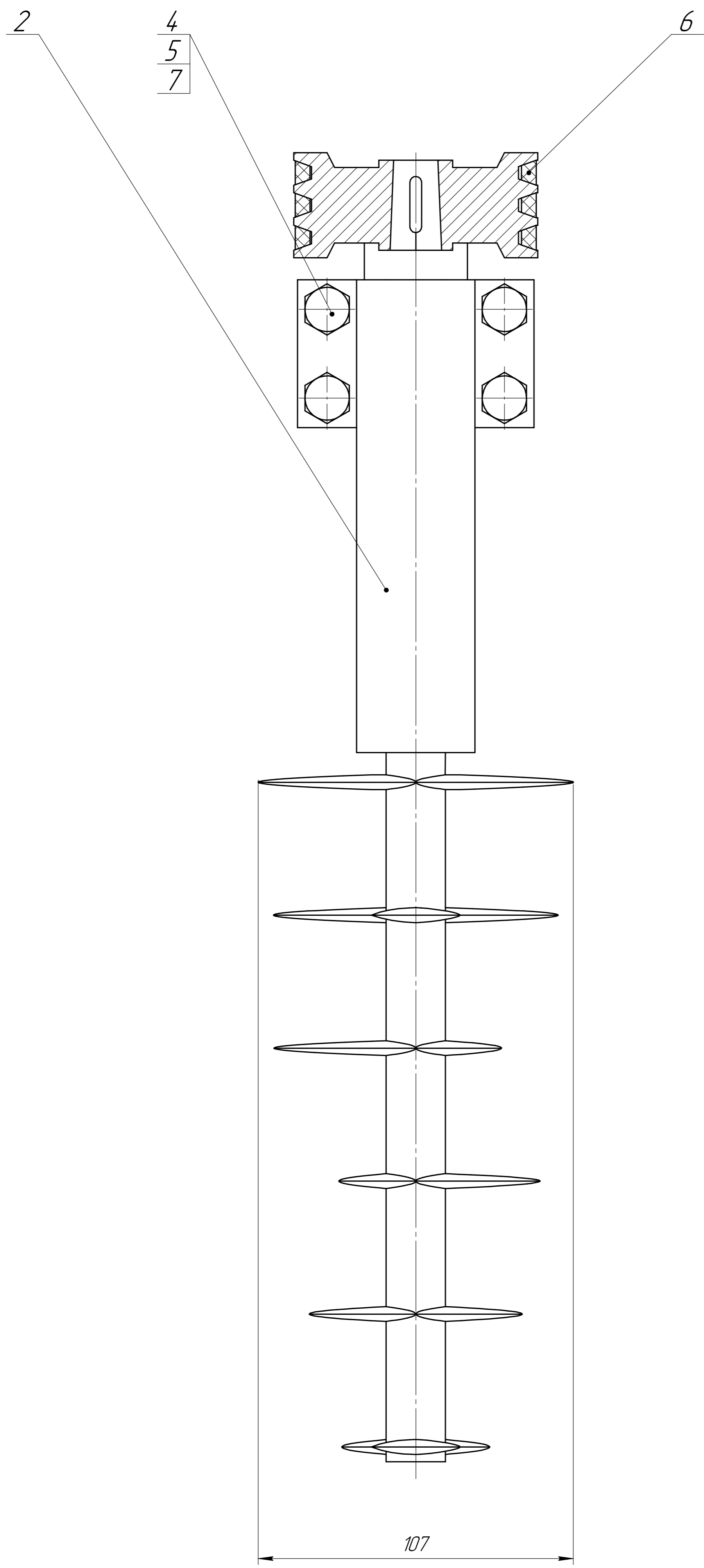
KP 06.1008.01.01.00.002				Лист	Масса	Масштаб
Вал ротора з лезами						1:1
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Листов
						1
Исполн.	Провер.	Утв.	Шляк М.Л.		СНАУ	
Копировал				Формат А1		

Изд. №, лист, дата, автор, редактор, инженер, конструктор, технолог, мастер, начальник цеха, директор завода



				КР 06.1008.01.01.00.003			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
							1:1
Разраб.	Романенко				Лист	Листов	1
Проб.	Валіна Т.М.				СНАУ		
Т.контр.							
Н.контр.							
Чтв.	Шуляк М.Л.						
				Копировав		Формат А2	

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Инв. № дудл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

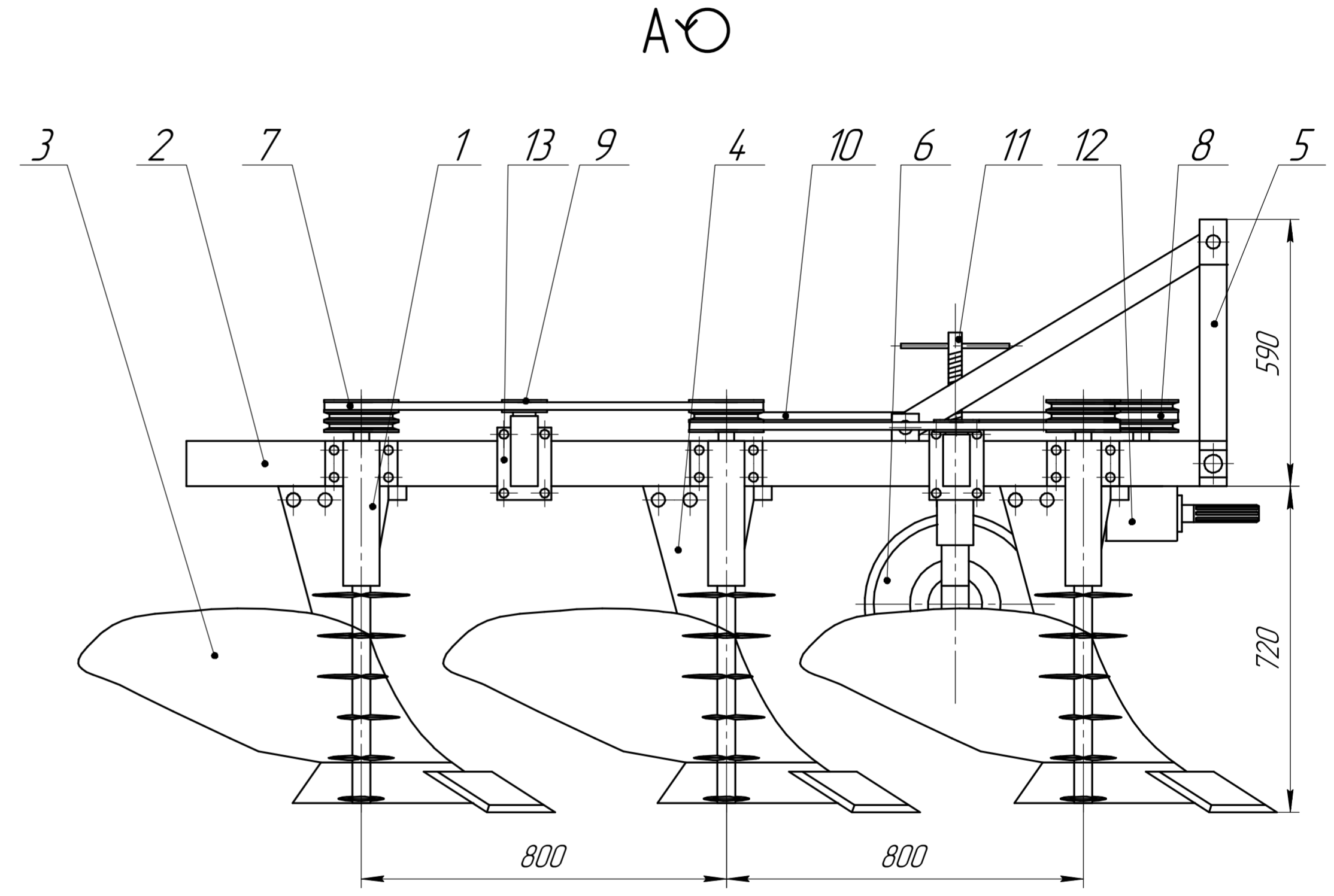
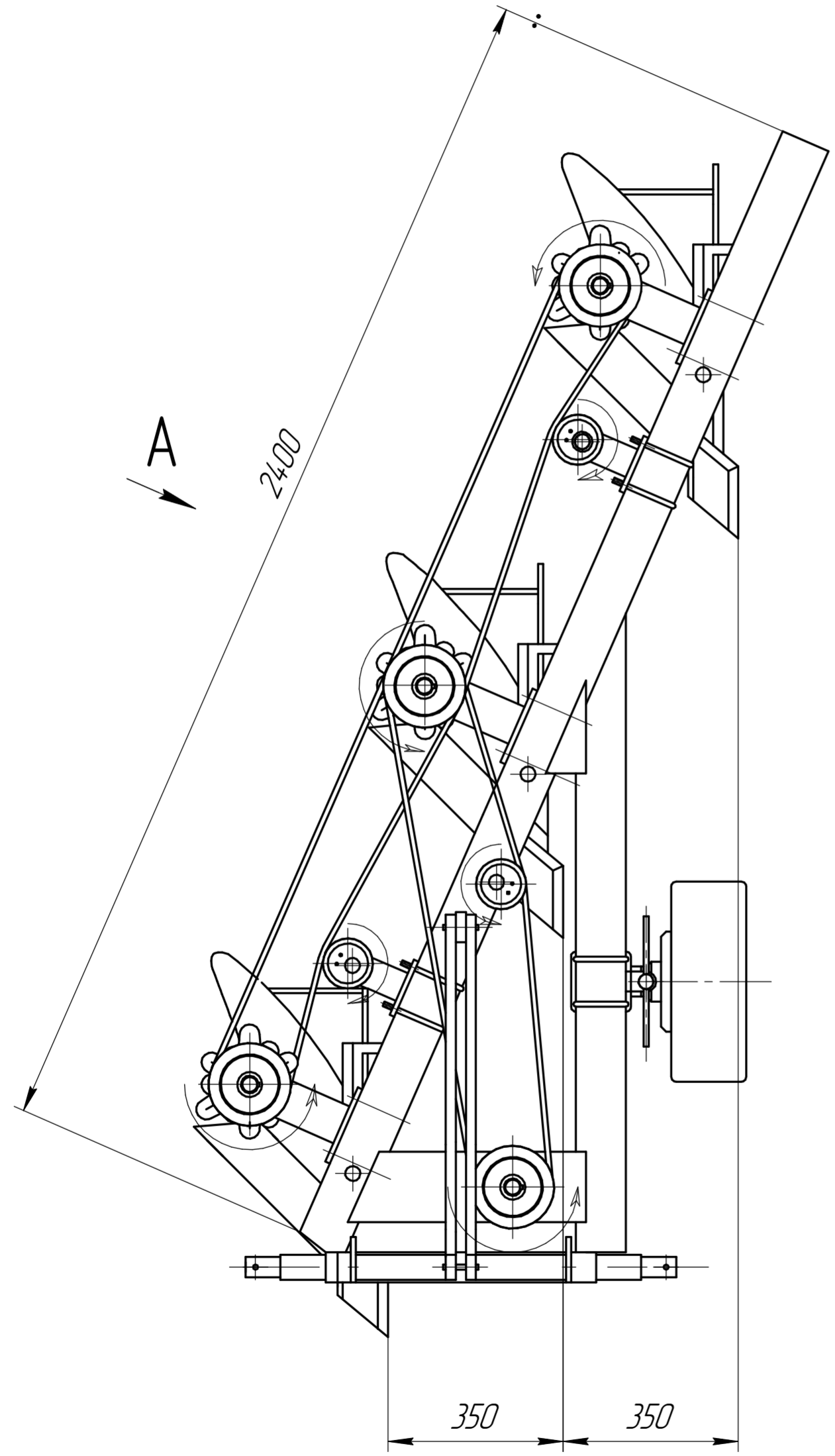


Инд. № модиф.	Лист и дата	Взам. инд. №	Инд. № дроб.	Лист и дата	Лист и дата

КР 06.1008.01.01.00.000 СК					
Изм/Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Раменченко М.			у	1:1
Проб.	Воліна Т.М.			Лист	Листов 1
Т.контр.				СНАУ	
И.контр.				Формат А1	
Этб.	Щуляк М.Л.			Копировал	



Перв. примен.	Спроб. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.



КР 06.1008.01.00.00.000 ВЗ				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Загальний вигляд	
Разраб.	Романенко М				у	1:1
Проб.	Воліна Т.М.				Лист 1	
Т.контр.					Листов 1	
Н.контр.					СНАУ	
Утв.	Шуляк М.Л.				Копировал	
				Формат А2		



