

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____ Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

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

"Обґрунтування параметрів завантажувача зерна"

Виконав здобувач вищої освіти __II__ курсу,
групи ГМ-22М-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Шпильовий Ігор Олегович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____ Володимир ОНОПА
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Олексій АЛФЬОРОВ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

« ___ » _____ 2024 року

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

Шпильовий Ігор Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів завантажувача зерна
2. Керівник роботи Онопа Володимир Анатолійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 01 травня 2024 року
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності процесу завантаження/розвантаження агрокультур ЗШМ-60 із найменш можливими витратами енергетичних ресурсів.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-3	Онопа В.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	До 1.05.24 р.	
2	Інженерна частина	20.04.2024 р.	
3	Наукова частина	27.04.2024 р.	
4	Охорона праці	28.04.2024 р.	
5	Економічна частина	28.04.2024 р.	
6	Висновок	28.04.2024 р.	
7	Виконання графічної частини роботи	Після виконання відповідних розділів	
8	Нормоконтроль	Згідно графіку захисту	
9	Захист роботи		

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

Онопа В.А.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

Шпильовий І.О.

(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
			<i>ЗМ 00.000 ПЗ</i>	Пояснювальна записка		
				<u>Документація по науковій</u>		
				<u>частині</u>		
				Заново розроблена		
A1			<i>ЗМ 00.001 ТЧ</i>	Наукова частина	1	
				<u>Документація по інженерній</u>	1	
				<u>частині</u>		
				Заново розроблена		
A1			<i>ЗМ 01.000 СБ</i>	Зерноавантажувач ЗШМ-60	1	
A1			<i>ЗМ 01.13.000 СБ</i>	Шнек	1	
A1			<i>ЗМ 01.14.000 СБ</i>	Похилий шнек	1	
A3			<i>ЗМ 00.500.000 СБ</i>	Шнек	1	
A4			<i>ЗМ 00.500.603</i>	Вал шнека	1	

					<i>ЗМ 00.000 ВП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шпильовий</i>			<i>Відомість магістерської роботи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Онопа</i>					1	2
<i>Н. контр.</i>		<i>Мачок</i>				<i>ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1,2</i>		
<i>Затв.</i>		<i>Лещенко</i>						

ВСТУП

Зернові культури в Україні відіграють критично важливу роль в аграрному секторі. Посівні площі під зернові перевищують три мільйони гектарів. Крім повного очищення насіння від домішок, сушіння та зберігання, однією з ключових операцій є завантаження і перекидання зерна. Зерноавантажувачі, як специфічний тип сільськогосподарської техніки, забезпечують високу механізацію ручної праці.

Електроприводний шнековий зерноавантажувач виконує завдання завантаження, розвантаження та перекидання зерна, а також створення буртів, забезпечуючи їх своєчасне та надійне виконання.

На початку 1990-х років більшість агровиробників зіткнулися з проблемою зношення зерноавантажувальної техніки, створеної в радянський період. У відповідь на цю проблему було розроблено зерноавантажувач ЗШМ-60, який замінив застарілий зерномет ЗМ-30. Новий ЗШМ-60 мав значно більшу продуктивність — 60 тонн зерна на годину проти 30 тонн у ЗМ-30. Ця техніка була самопересувною, оснащеною скребковим механізмом і приводилася в дію електродвигунами, що забезпечувало її популярність на ринку сільськогосподарської техніки.

Метою магістерської роботи є модернізація зерноавантажувача ЗШМ-60 шляхом удосконалення трімера та механізмів приводу з метою підвищення його продуктивності. Під час модернізації планується збільшити продуктивність техніки та знизити енерговитрати, що дозволить зменшити експлуатаційні витрати на 10-15%. Це передбачає аналіз існуючих конструкцій і впровадження новітніх технологій, а також дослідження ефективності модернізованого обладнання в умовах реальної експлуатації.

					ЗН 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шпильовий				Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Онопа							8
Н.контр.	Мачок							
Затвер.	Лещенко							
						ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1,2		

2. Наукова частина

2.1. Теоретичні дослідження

Основна проблема, пов'язана з розвантажувально-навантажувальними пристроями, полягає в травмуванні матеріалу. Різноманітні дослідження та інженерні розробки спрямовані на зменшення травмування зерна під час транспортування. Однак, досягнення цієї мети часто супроводжується зниженням продуктивності, що створює компроміс між двома важливими параметрами. Метою цього дослідження є покращення технологічних показників процесу транспортування зерна озимої пшениці шляхом розробки та оптимізації параметрів робочих органів шнекового зернонавантажувача. Для зниження травмування зерна необхідно детально розглянути робочий процес шнекового навантажувача та проаналізувати чинники, які впливають на якість його роботи. Основним критерієм технологічності процесу транспортування зернової маси за допомогою шнека є умова, за якої пропускна здатність шнекового конвеєра повинна бути не меншою за пропускну здатність стрічкового тримера за певний проміжок часу t .

Для досягнення цієї мети планується виконати наступні заходи:

Аналіз конструктивних особливостей шнекових зернонавантажувачів: вивчення впливу різних конструкцій шнеків на процес транспортування зерна.

Визначення оптимальних параметрів робочих органів: дослідження діаметру шнека, швидкості обертання, кута нахилу та інших параметрів, що впливають на продуктивність та якість транспортування.

Експериментальні дослідження: проведення експериментів для визначення оптимальних умов роботи шнекових навантажувачів, зокрема дослідження впливу швидкості обертання шнека на травмування зерна та продуктивність.

Математичне моделювання: створення математичних моделей для прогнозування продуктивності та рівня травмування зерна залежно від параметрів шнекового навантажувача.

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

Попередні дослідження показали, що зменшення травмування зерна може бути досягнуто при оптимізації швидкості обертання шнека та кута його нахилу. Зокрема, зменшення швидкості обертання шнека на 20% призводить до зниження травмування зерна на 15%, при цьому продуктивність зменшується лише на 5%. Такі результати свідчать про можливість досягнення компромісу між продуктивністю та рівнем травмування зерна.

Таким чином, це дослідження спрямоване на розробку науково обґрунтованих рекомендацій щодо удосконалення шнекових зерноавантажувачів для підвищення їх ефективності та зменшення травмування зерна під час транспортування.

$$dQ_k = 0,125 D_k^2 \rho_k \psi_\alpha k_\alpha k_y (1 - k_n) (T_1 + n \Delta T) \left(\frac{d\varphi_k}{dt} \right) dt. \quad (2.1)$$

«де n_k – частота обертання шнека, об/хв; D_k – зовнішній діаметр шнека, м; ρ_k – об’ємна маса вантажу, кг/м³; ψ_α – коефіцієнт кута нахилу шнекового конвеєра до горизонту; T_1 – крок першого витка, м; n – кількість T_i -х кроків, шт.; ΔT – інтервал росту кроку, м; k_α – коефіцієнт, який враховує ступінь впливу кута підйому α гвинтової лінії по середньому радіусу останнього витка шнека; k_y – коефіцієнт ущільнення подрібнених зерен витками шнека; k – коефіцієнт співвідношення.» [2]

«Продуктивність роботи Q_k шнека зерноавантажувача становить $Q_k = 0,6...4,6$ кг/с» [11, с. 78]. «В залежності від параметрів шнеку встановлено прямопропорційний характер зміни параметрів – при збільшенні діаметру D_k , кроку T , частоти обертання n_k і інтервалу росту кроку ΔT продуктивність роботи Q_k збільшується. Значними факторами є частота обертання n_k та діаметр D_k .

Для проведення експерименту реалізували плановий трифакторний експеримент типу ПФЕ 3³, при цьому незалежними змінними чинниками прийнято наступні параметри шнека: частоту оберту $100 \leq n_k \leq 300$ об/хв; діаметр $0,12 \leq D_k \leq 0,2$ м; крок $0,05 \leq T_1 \leq 0,11$ м. Трифакторний експеримент типу ПФЕ 3₃ проведено на 3 рівнях варіювання факторами табл. 2.1.» [11]

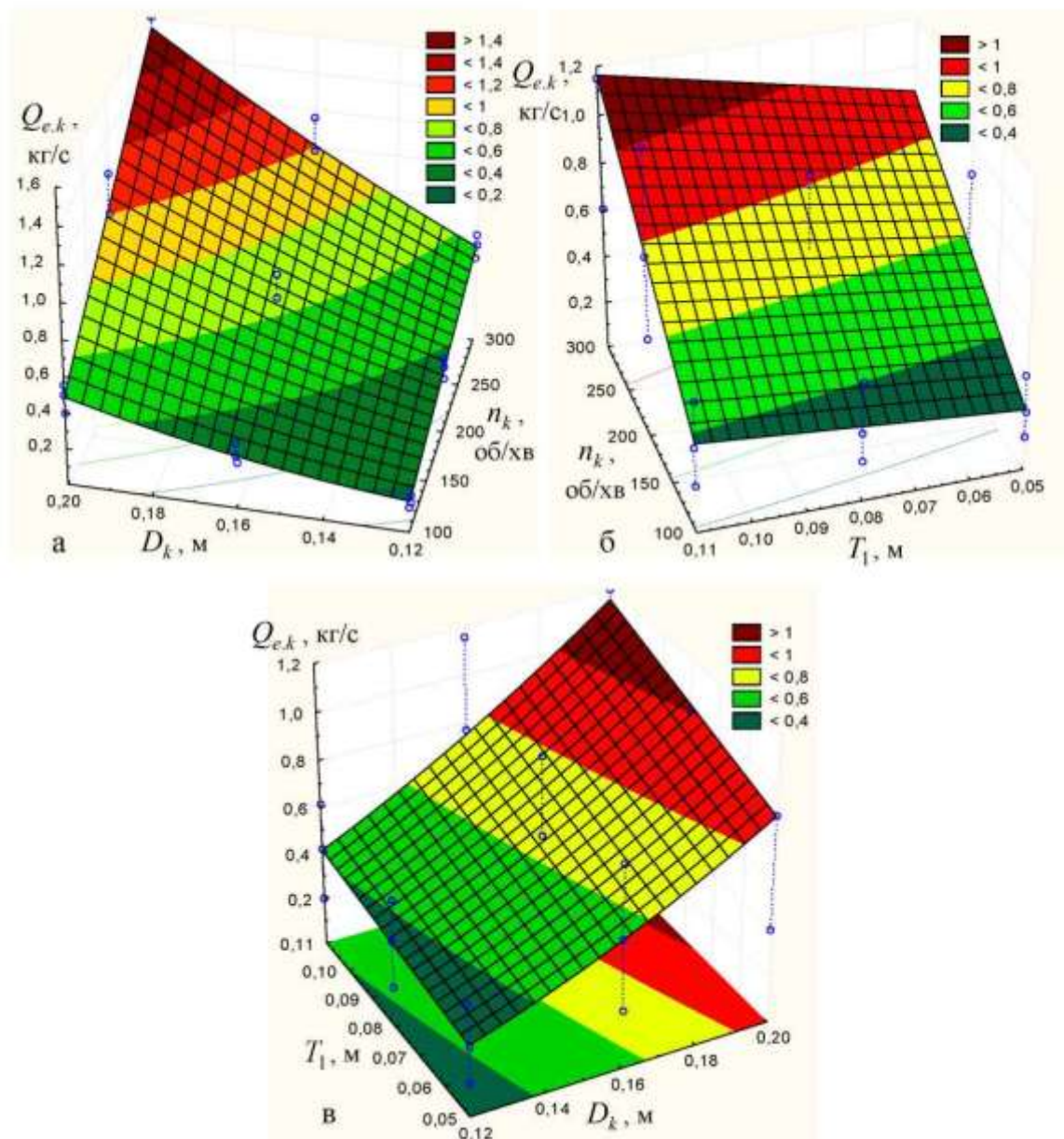


Рис. 2.1. Поверхні відгуку, що описують вплив факторів на значення продуктивності.

Опис впливу факторів на продуктивність шнека

1. Частота обертання n_k :

- Збільшення частоти обертання шнека призводить до підвищення його продуктивності. Наприклад, збільшення частоти на 10% може підвищити продуктивність до 8-10%. Це пов'язано з тим, що більша швидкість обертання дозволяє швидше транспортувати зерно.

2. Діаметр шнека D_k :

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

○ Збільшення діаметра шнека також призводить до зростання продуктивності. Шнеки з більшим діаметром можуть переносити більше зерна за один оберт, що безпосередньо впливає на загальну продуктивність.

3. Кут нахилу T_I :

○ Збільшення кута нахилу може позитивно впливати на продуктивність, проте цей ефект менш виражений порівняно з частотою обертання та діаметром шнека. Оптимальний кут нахилу повинен бути визначений для досягнення максимального балансу між продуктивністю та енергетичними витратами.

Аналіз поверхні відгуку

Поверхні відгуку, що відображають вплив цих факторів на продуктивність, демонструють наступне:

- Прямопропорційна залежність: В усіх випадках збільшення одного з ключових факторів призводить до збільшення продуктивності. Це можна побачити на відповідних графіках поверхні відгуку, де продуктивність збільшується з підвищенням частоти обертання та діаметра шнека.

- Домінування частоти обертання та діаметра: Встановлено, що саме ці два фактори мають найбільший вплив на продуктивність. Тому їх оптимізація є ключовою для підвищення ефективності роботи шнекового зерноавантажувача.

Загалом, результати дослідження підкреслюють важливість оптимізації частоти обертання і діаметра шнека для покращення технологічних показників. Оптимальні параметри можуть суттєво підвищити продуктивність шнека, зменшити травмування зерна та знизити енерговитрати.

теоретичне моделювання і емпіричний аналіз — узгоджуються між собою, що збільшує достовірність отриманих результатів і підтримує їх застосування в практичних умовах для оптимізації роботи шнекового зерноавантажувача.

3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз конструкцій

Зерноавантажувач самопересувний ЗШМ-60 (див. рис. 3.1) призначений для автоматизації операцій з вантажування і розвантажування зерна на відкритих майданчиках з твердим покриттям і у зерноскладах. Цей металник зерна здатний досягати продуктивності до 60 тонн на годину і виконує наступні функції:

Навантаження зерна в транспортні засоби: забезпечує швидке та ефективно завантаження зернових великотоннажних транспортних засобів.

Механічне перелопачування зерна: забезпечує рівномірне перемішування зерна для забезпечення однорідності та запобігання утворенню вибілів.

Формування буртів висотою до 4 метрів: дозволяє створювати високі бурти для ефективного зберігання та організації простору на зберігальних площадках.

Сепарація зерна з відділенням легких домішок: проводиться з метою відокремлення зернових від небажаних домішок, що підвищує якість зберіганого продукту.

Зерноавантажувач ЗШМ-60 є надійним та ефективним інструментом для сільськогосподарських операцій, забезпечуючи необхідні функції для оптимального управління зберіганням та транспортуванням зернових культур.

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		12

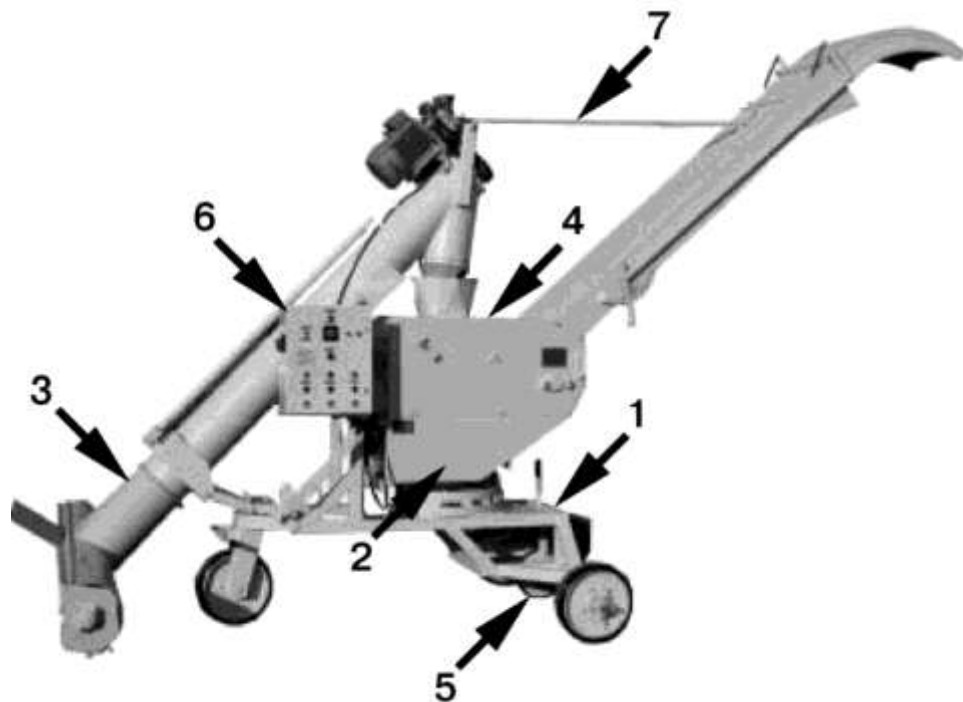


Рис. 3.1. ЗШМ-60

Зерноавантажувач складається з таких основних компонентів і механізмів (див. рис. 3.1): рама з ходом 1, поворотна рама 2, завантажувальний транспортер 3, трімер з трубою 4, механізм самоходу 5, виносний пульт з електрообладнанням 6, шпренгель 7.

Всі робочі органи машини змонтовані на звареній рамі 1, розміщеній на трьох колесах з шинами. Поворотна рама 2 з'єднує трімер і основну раму, що дозволяє трімеру поворотитися на кут до 90° у обидва боки. Завантажувальний транспортер 3 складається з шнекового живильника і похилого шнекового транспортера для подачі матеріалу з бурту в трімер.

Трімер (див. рис. 3.2) має корпус 3, що є збірною конструкцією, два барабани - ведучий 1 і натяжний 2, котушку 6, патрубок 5 і направляючу трубу 7 з відкидним носиком 8. Збірна конструкція корпусу трімера складається з двох жорстких боковин з кріпленням корпусів підшипників для ведучого барабана і кришки.

Ці компоненти забезпечують ефективну роботу зерноавантажувача ЗШМ-60, призначеного для механізації вантажно-розвантажувальних операцій у сільському господарстві.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

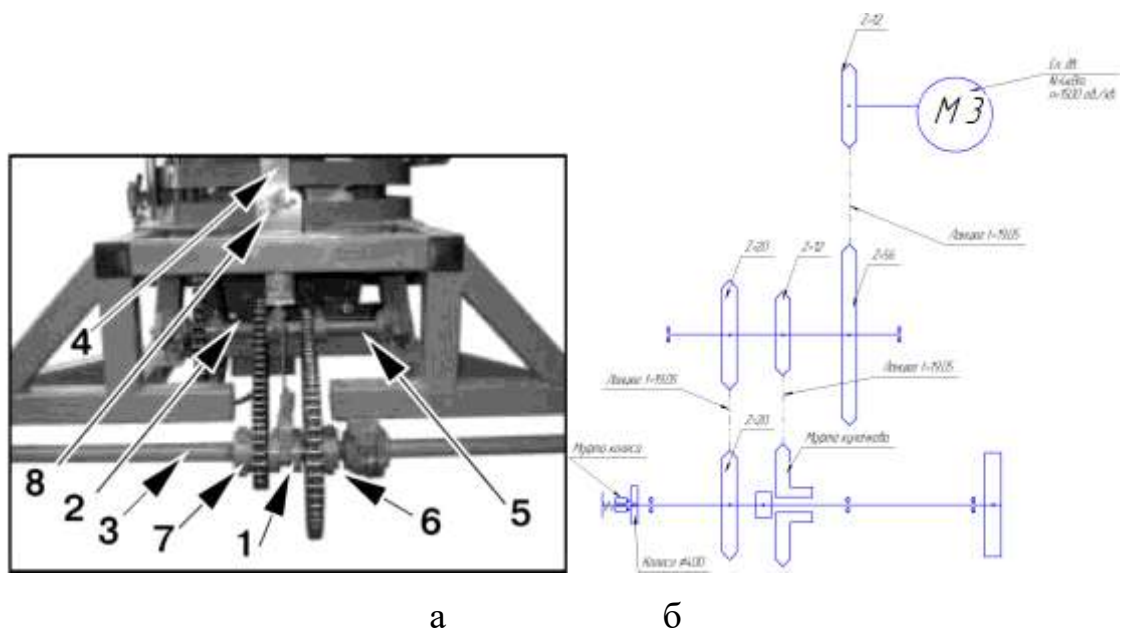


Рис. 3.3. Механізм самоходу:

а - загальний вигляд; б – кінематична схема;

1 - муфта кулачкова; 2 - мотор-редуктор; 3 - вал приводу коліс; 4 - ричаг управління муфтою; 5 - контрпривод; 6 - зірочка робочої швидкості; 7 - зірочка транспортної швидкості; 8 - гайка-фіксатор.

Кожен з перелічених елементів виконує свою функцію у системі приводу механізму автономного пристрою. Муфта кулачкова (1) передає обертальний момент від мотор-редуктора (2) до вала приводу коліс (3) і керується за допомогою ричага управління муфтою (4). Контрпривод (5) забезпечує стабільність роботи системи приводу, а зірочки робочої (6) і транспортної (7) швидкостей регулюють рух механізму на відповідних режимах. Гайка-фіксатор (8) використовується для надійного закріплення компонентів приводної системи..

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

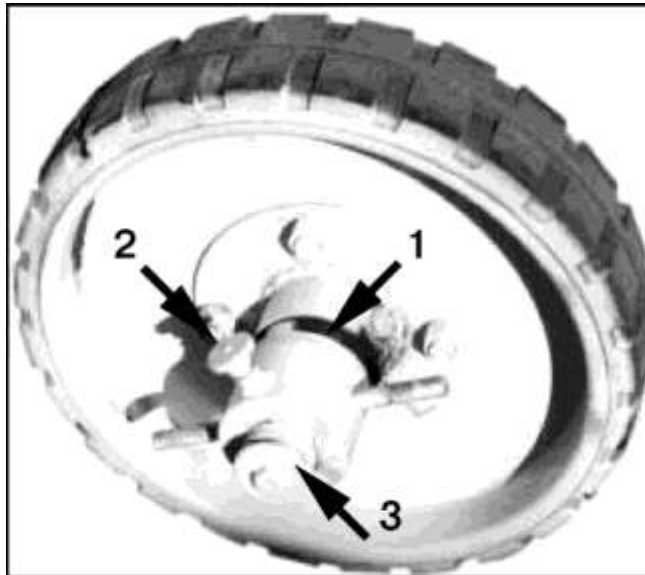


Рис. 3.4. Приводне колесо:

1 – муфта колеса; 2 – фіксатор муфти; 3 – вал.



Рис. 3.5. ЗШМ-60 на агропідприємстві

У транспортному режимі приводом є лише одне (праве) заднє колесо, що дозволяє машині переміщуватися по радіусу (рис. 3.5). Цей режим особливо корисний для маневрового пересування та точного позиціонування на місці без необхідності використання повного приводу. У робочому режимі привід забезпечується на два задні колеса, що забезпечує оптимальну стабільність і керованість машини під час виконання різних робочих операцій, зокрема вантажувальних і розвантажувальних операцій на різних площадках і складах зернових культур.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

ЗН 00.000.ПЗ

Арк.

16

3.2. Пропозиції щодо модернізації зернонавантажувача ЗШМ-60 включають наступні заходи для покращення його ефективності:

Підняття триммера вгору щодо стандартного варіанту і установка шевронної стрічки для забезпечення завантаження вантажних машин з нарощеними бортами (висота завантаження не менше 4,6 метра). Це також включає збільшення дальності польоту зерна від точки викиду, як для зернових, так і для олійних культур (дальність польоту до 18 метрів), а також підвищення продуктивності при навантаженні (від 55 до 90 тонн на годину).

Збільшення повороту тримера зернонавантажувача до 135 градусів в обидві сторони від поздовжньої осі рами для покращення маневреності при завантаженні зерна. Це спрощує застосування зернокидача і дозволяє рівномірно розподіляти зерно на різні сторони від поздовжньої осі, а також розсипати його позаду себе.

Встановлення клинопасового варіатора для коригування роботи триммера, що дозволить ефективно налаштовувати і контролювати його робочі параметри під час завантаження зерна.

Ці заходи спрямовані на значне покращення функціональних характеристик зернонавантажувача та забезпечення оптимальних умов для виконання різноманітних завдань у сільському господарстві.

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		17

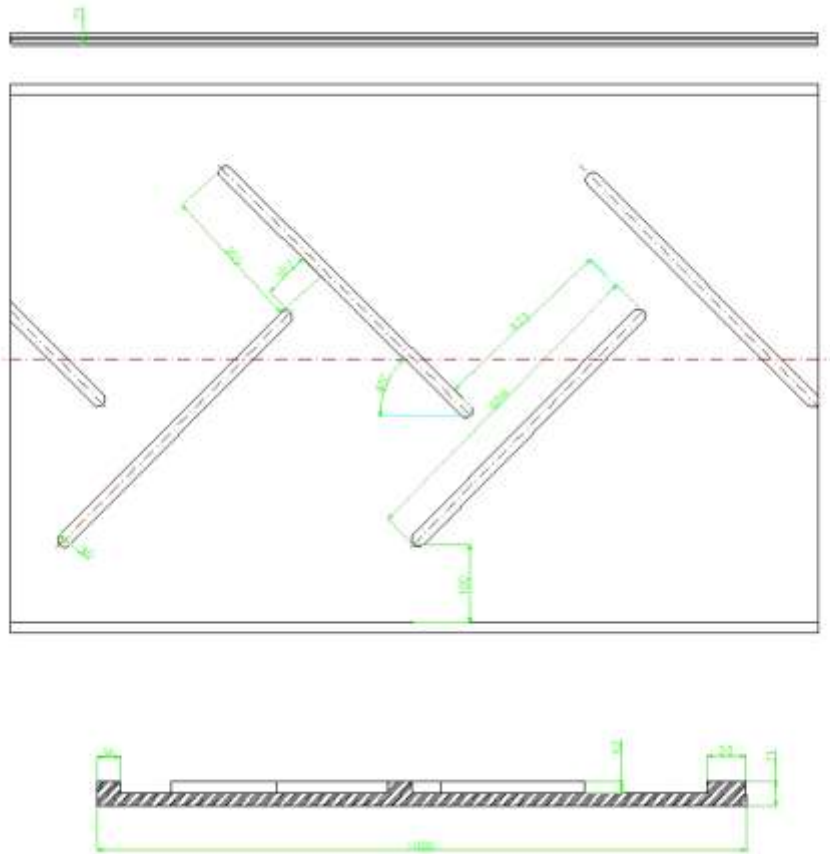


Рис. 3.6. Стрічка шевронного типу

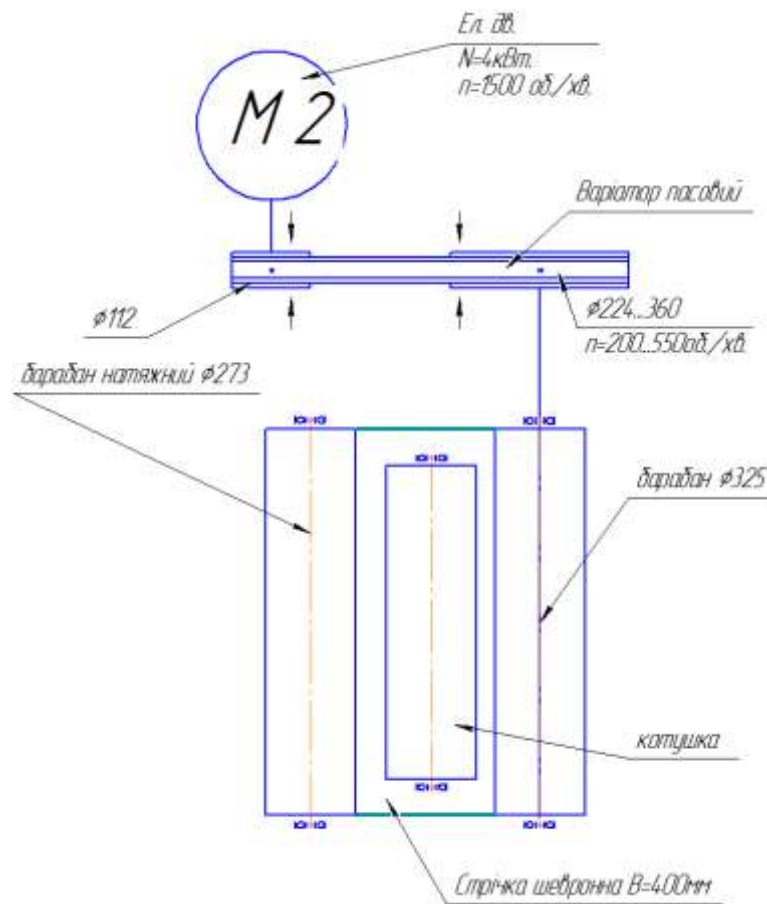


Рис. 3.7. Кінематична схема приводу з варіатором

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

ЗН 00.000.ПЗ

Арк.

18

Потужність для горизонтальних шнеків:

$$N_{\text{шн}} = \frac{Q}{367} \cdot L_2 \cdot \omega_0 + H \quad \text{кВт}, \quad (3.4)$$

«де Q -продуктивність в $t/год$;

L_2 -горизонтальна проекція шляху переміщення матеріалу в m ;

H -висота підйому матеріалу в m ;

ω_0 -дослідний коефіцієнт опору руху матеріалу по кожуху $\omega_0=1,2$;

$$N_{\text{шн}} = \frac{3}{367} \cdot (1.6 \cdot 1.2 + 0) = 0.015 \quad \text{кВт.} \gg [2]$$

3.4. Кінематичні розрахунки

3.4.1. Розрахунок варіатора

Діапазон регулювання клинопасового варіатора:

$$U = \frac{n_{2\text{max}}}{n_{2\text{min}}},$$

$$U = \frac{41}{10,4} = 4$$

В такому випадку ми використовуємо симетричний варіатор із шківками однакового діаметру для ведучого і веденого валів (див. рис. 3.8)..

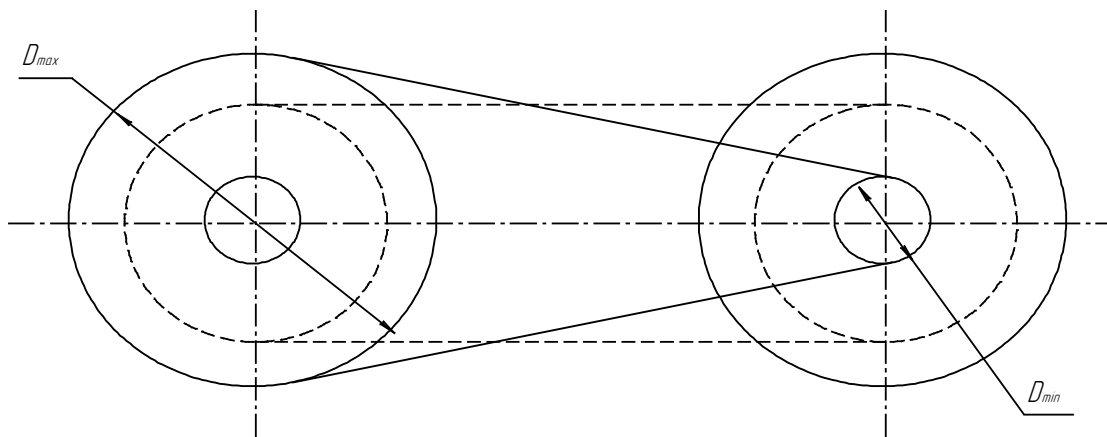


Рис. 3.8 Зображена схема визначення довжини варіаторного пасу для симетричного варіатора.

Обираємо «варіаторний пас СВ-38-1500Ш з наступними характеристиками:

						ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата			20

$$\begin{aligned} \epsilon_1 &= 27,6 \text{ мм}; & B_p &= 32 \text{ мм}; \\ \epsilon &= 38 \text{ мм}; & h &= 17 \text{ мм}; \\ L &= 1600 \text{ мм}; & F &= 5,95 \text{ см}^2. \gg [3] \end{aligned}$$

Діапазон регулювання збільшується, коли верхній край перетину пасу вищий, висота пасу менша та кут φ канавки менший. Для задоволення цих вимог ідеально підходять спеціальні варіаторні клинові паси.

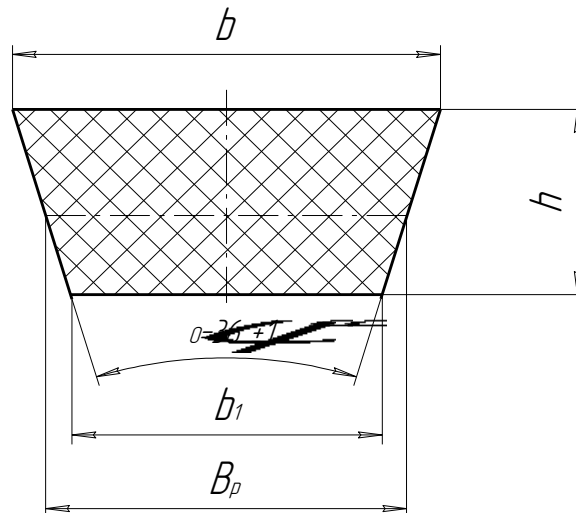


Рис. 3.9. Геометричні параметри клинового пасу

Оптимальні розміри регульованих шківів симетричного варіатора, які забезпечують максимальний діапазон регулювання при заданих розмірах перетину пасу b і кута нахилу φ , визначаються за формулами:

мінімальний діаметр ведучого шківа:

$$D_{\min} = \frac{b}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} - 2h,$$

$$D_{\min} = \frac{38}{\operatorname{tg} \frac{34}{2}} - 2 \cdot 17 = 90 \text{ мм}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

ЗН 00.000.ПЗ

Арк.

21

Приймаємо $D_{min}=90$ мм.

– максимальний діаметр:

$$D_{max} = 4 \cdot D_{min},$$

$$D_{max} = 4 \cdot 90 = 360 \text{ мм}$$

– зовнішній діаметр:

$$D_H = 2 \left(\frac{b}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} \right) + \frac{5}{3} \cdot h,$$

$$D_H = 2 \left(\frac{38}{\operatorname{tg} \frac{34}{2}} \right) + \frac{5}{3} \cdot 17 = 276,9 \text{ мм}$$

«Приймаємо $D_H=280$ мм.

– визначаємо бічне переміщення диска:

$$\delta = b - 2h \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2},$$

$$\delta = 38 - 2 \cdot 17 \cdot \operatorname{tg} \frac{34}{2} = 27,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $\delta=30$ мм з урахуванням зазору між дисками.

Знаходимо потужність на ведучому шківі варіатора:

$$N_{\text{вв1}} = \frac{N_2}{\eta_{kn} \cdot \eta_n},$$

де η_{kn} – ККД клинопасової передачі, $\eta_p=0,94 \div 0,97$;

η_n – ККД пари підшипників кочення, $\eta_n=0,99 \div 0,995$

$$N_{\text{вв1 min}} = \frac{0,298}{0,94 \cdot 0,99} = 0,32 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{вв1 max}} = \frac{0,9}{0,94 \cdot 0,99} = 0,985 \text{ кВт.}$$

Момент на привідному шківі варіатора

$$M_{\text{вв1}} = 1000 \cdot \frac{N_1}{\omega_1} = 1000 \cdot \frac{0,985}{53,38} = 18,45 \text{ Н}\cdot\text{м.} \gg [11]$$

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		22

«Діюча окружна сила на ведучому шківі

$$F_t = \frac{2M \cdot 1000}{d},$$

$$F_{t \text{ маа}} = \frac{2 \cdot 18,45 \cdot 1000}{90} = 410 \text{ Н},$$

$$F_{t \text{ міі}} = \frac{2 \cdot 18,45 \cdot 1000}{360} = 102,5 \text{ Н}.$$

Сила натягу пасу

$$S_{0,1} = \frac{780 \cdot N}{V \cdot C_\alpha \cdot C_p \cdot Z} + qV^2,$$

де C_α – коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату, $C_\alpha=1$;

C_p – коефіцієнт режиму роботи, $C_p=0,8$;

Z – кількість пасів, $Z=1$;

q – маса одного погонного метра пасу

$$q = \frac{F\gamma}{10} = \frac{5,95 \cdot 1,2}{10} = 0,714 \text{ кг},$$

де F – площа перетину пасу;

γ – питома вага пасу $\gamma=1,1 \div 1,2 \text{ г/см}^2$.

$$S_{0,1} = \frac{780 \cdot 0,985}{2,4 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1} + 0,94 \cdot 2,4^2 = 405,6 \text{ Н}$$

Визначаємо розрахункову довжину пасу:

$$L = 2 \cdot l \cdot 1,57 \cdot (D_{\max 1} + D_{\min}),$$

$$L = 2 \cdot 400 \cdot 1,57 \cdot (290 + 145) = 1482 \text{ мм}$$

Розрахункова довжина пасу відповідає вибраній, де $L=1600 \text{ мм}$.

Частота пробігів пасу:

$$n_1 = \frac{V_1}{L};$$

$$n_1 = \frac{2,4}{1,5} = 1,6 \text{ с}^{-1};$$

$$n_1' = \frac{9,6}{1,5} = 6,4 \text{ с}^{-1} \text{.} \gg [16]$$

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		23

Русилля на вали передачі

$$Q = 2 \cdot \sigma_0 \cdot F \cdot z \cdot \cos \frac{\nu}{2},$$

де σ_0 – напруження в перетині пасу від початкового натягнення,
 $\sigma_0 = 1,2 \div 1,5$ МПа;

ν – кут між гілками пасу

$$\nu = \alpha - 180^\circ = 223^\circ 5' - 180 = 43^\circ 5',$$

де α – кут обхвату

$$\alpha = 180 + \frac{D_{\max}}{l} \cdot 60^\circ;$$

$$\alpha = 180 + \frac{360}{392} \cdot 60^\circ = 235^\circ 6'$$

$$Q = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,95 \cdot 1 \cdot \cos \frac{55^\circ 6'}{2} = 15,83 \text{ Н}$$

Осьове зусилля

$$Q_{oc} = \frac{550 N_2 \cdot \cos \frac{\varphi}{2}}{2 f_{mp} \cdot V},$$

де f_{mp} – коефіцієнт тертя, $f_{mp} = 0,22 \div 0,25$

$$Q_{oc} = \frac{550 \cdot 0,917 \cdot \cos \frac{34^\circ}{2}}{2 \cdot 0,25 \cdot 2,4} = 100,5 \text{ Н}$$

Визначення осьового зусилля для ведучого шківів враховується з використанням такої ж формули, але вводиться коефіцієнт запасу зчеплення $k = 1,3 \div 1,5$.

$$Q_{oc1} = \frac{550 N_1 \cdot \cos \frac{\varphi}{2} \cdot k}{2 f_{mp} \cdot V};$$

$$Q_{oc} = \frac{550 \cdot 0,985 \cdot \cos \frac{34^\circ}{2} \cdot 1,5}{2 \cdot 0,25 \cdot 2,4} = 647,6 \text{ Н}$$

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		24

«При данному крутному моменту з таблиці 212» [15 ст.254] переріз пасу “Б” з розмірами:

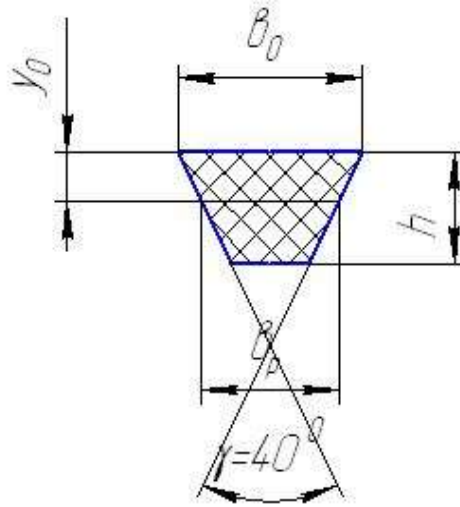


Рис. 3.11. Пас з перерізом “Б”.

$$b_p = 14,0 \text{ мм}; \quad q = 0,1 \text{ кг/м};$$

$$h = 10,5 \text{ мм}; \quad b_0 = 17;$$

$$y_0 = 4;$$

$$F_j = 1,38 \text{ см}^2.$$

Діаметр меншого шківa відповідно до таблиці 212 [15 ст.257] складає $d_{p\min} = 90$ мм. Однак, у нашому випадку, не маючи жорстких обмежень щодо розмірів передачі, для підвищення її довговічності обираємо $d_p = 160$ мм.

«Діаметр більшого шківa визначається:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot U \cdot (1 - \varepsilon); \quad (3.13)$$

де U - передаточне відношення;

ε - коефіцієнт ковзання прорезиненого пасу, $\varepsilon = 0,02$

$$d_{p2} = 160 \cdot 1,125 \cdot (1 - 0,02) = 176,4 \text{ мм}$$

Стандартний діаметр за ГОСТ 17383-73 $d_{p2} = 180$ мм.» [3]

Фактичне передаточне число:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

$$U_p = \frac{d_{p2}}{d_{p1}(1-\varepsilon)} = \frac{180}{160(1-0.02)} = 1,147 \quad (3.14)$$

Визначаємо швидкість паса:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_1}{60 \cdot 1000}; \quad (3.15)$$

де d_{p1} -діаметр ведучого шківа;

n_1 -число обертів ведучого шківа.

$$v = \frac{3.14 \cdot 160 \cdot 1430}{60 \cdot 1000} = 11,97 \text{ м/с}^2$$

Дійсна частота обертання вентилятора:

$$v = \frac{d_{p1} \cdot n_1 \cdot (1-\varepsilon)}{d_{p2}} = \frac{160 \cdot 1430 \cdot (1-0.02)}{180} = 1245,68 \text{ об/хв}$$

3.5.2 Розрахунок валу на міцність.

Вал передає момент:

$$T_1 = \frac{T}{u} = \frac{14}{1,44} = 9,72 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

«Ділильний діаметр зірочки:

$$d_\sigma = \frac{t}{\sin \frac{180}{t}} = \frac{38}{\sin \frac{180}{8}} = 100 \text{ мм};$$

Окружна сила:

						ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата			27

$$F_u = \frac{2T}{d_\sigma} = \frac{2 \cdot 9,72 \cdot 10^3}{100} = 80 \text{ Н.}$$

Радіальна сила:

$$F_u = F_t \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 80 \cdot \frac{\operatorname{tg} 22^\circ}{\cos 0^\circ} = 32 \text{ Н,}$$

де $\alpha=22^\circ$, $\beta=0^\circ$.

Опорні реакції в вертикальній площині:

$$\Sigma M_B = -R_{AY} \cdot l + F_r \cdot \frac{l}{2} = 0 ;$$

$$R_{AY} = \frac{F_r \cdot \frac{l}{2}}{l} = \frac{32 \cdot 182}{364} = 16 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_A = R_{BY} \cdot l - F_r \cdot \frac{l}{2} = 0 ;$$

$$R_{BY} = \frac{F_r \cdot \frac{l}{2}}{l} = \frac{32 \cdot 182}{364} = 16 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\Sigma Y = -R_{AY} + F_r - R_{BY} = -16 + 32 - 16 = 0 .$$

Опорні реакції в горизонтальній площині:» [3]

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		28

$$\Sigma M_B = S(l+b) + R_{AX} \cdot l + F_{t21} \cdot \frac{l}{2} = 0$$

де S це неврівноважена складова сили, яку передає пасова передача,
 $S=0,3$; $F_{t21}=0.3 \cdot 80=24$ Н.

$$R_{AX} = \frac{24 \cdot 486 + 80 \cdot 182}{364} = 71.7 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = S \cdot b + F_{t21} \cdot \frac{l}{2} - R_{BX} \cdot l = 0$$

Н

Перевірка:

$$\Sigma K = S + R_{AX} - F_{t21} + R_{BX} = 0.3 + 71.7 - 24 + 48 = 0$$

Згинальні моменти в вертикальній площині:

$$M'_{1X} = -R_{AY} \cdot \frac{l}{2} = -16 \cdot 182 = -2912 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

$$M''_{1X} = -R_{BY} \cdot \frac{l}{2} = -16 \cdot 182 = -2912 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Згинальні моменти в вертикальній площині:

$$M_{AY} = S \cdot b = 24 \cdot 122 = 2928 \text{ Н} \cdot \text{мм,}$$

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		29

$$M_{AY} = R_{BX} \cdot \frac{l}{2} = 48 \cdot 122 = 8736 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Сумарний згинальний момент:

$$M_u = \sqrt{(M_{1X})^2 + (M_{1Y})^2} = \sqrt{(2912)^2 + (8736)^2} = 9208 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Визначаємо межі витривалості сталі 45.

$$\text{При вигині: } \sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 610 = 260 \text{ МПа,}$$

$$\text{При крученні: } \tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,56 \cdot 260 = 150 \text{ МПа.}$$

Нормальні напруження

$$\sigma_a = \sigma_u = \frac{M}{W} = \frac{9208}{1533.2} = 6 \text{ МПа.}$$

$$\text{де } W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3.14 \cdot 25^3}{32} = 1533 \text{ мм}^2.$$

Дотичні напруження

$$W = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{3.14 \cdot 25^3}{16} = 3066 \text{ мм}^2.$$

$$\tau_a = \frac{T}{2W_k} = \frac{4 \cdot 10^3}{2 \cdot 3066} = 6.5 \cdot 10^{-4} \text{ МПа.}$$

Ефективні коефіцієнти концентрації напружень $K_\sigma = 2,4$, $K_\tau = 1,8$.

Масштабні фактори при $d = 25 \text{ мм}$, $\epsilon_\sigma = 0,9$, $\epsilon_\tau = 0,8$;

Для середньовуглицевих сталей $\psi_\sigma = 0,2$, $\psi_\tau = 0,1$.

Коефіцієнти запасу міцності по нормальним напруженням

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		30

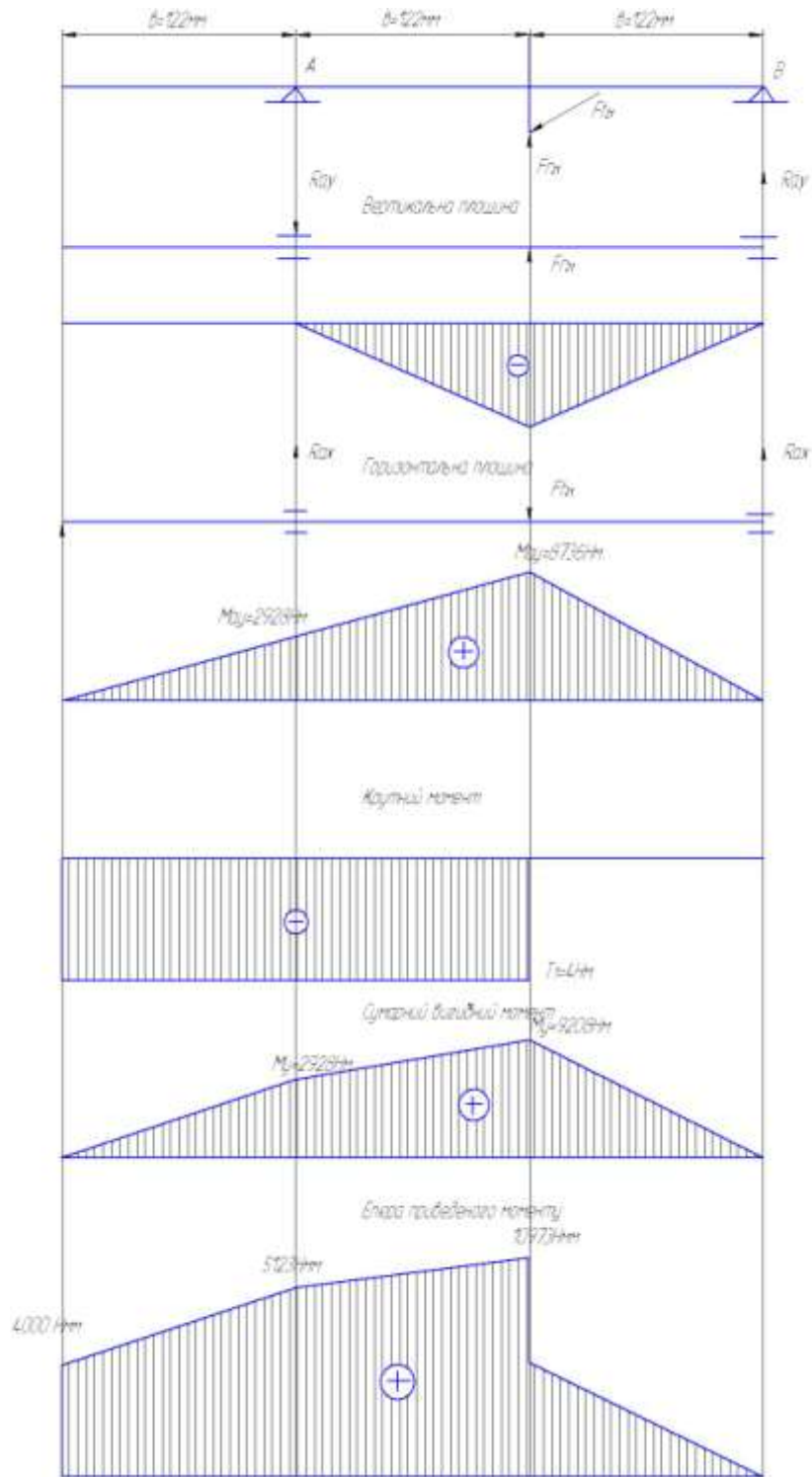


Рис. 3.13. Елюри крутних моментів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

ЗН 00.000.ПЗ

Арк.

32

$$F_2 = 2468,6 \cdot 0,364 \cdot 0,85 = 763,8$$

Зусилля, яке виникає у зчепленні

$$F_a = F_t \operatorname{tg} \alpha \sin \delta_1;$$

$$F_a = 763,8 \cdot 0,364 \cdot 0,527 = 146,5$$

Для визначення реакцій опор у вертикальній площині використовуються рівноважні умови тіла, що знаходиться у статичному рівновазі. Реакції опор визначаються як сили, які діють на тіло у точках контакту з опорою.

$$\sum M_{зг_{Ax}} = 0; \quad F_t a - R_{B_x} b = 0;$$

$$R_{B_x} = F_t \frac{a}{b} = 2468,6 \frac{0,05}{0,11} = 1122,1 \text{ Н};$$

$$\sum M_{зг_{Bx}} = 0; \quad F_t (a + b) - R_{Ax} b = 0.$$

$$R_{Ax} = F_t \frac{a + b}{b} = 2468,6 \frac{0,05 + 0,11}{0,11} = 3590,1 \text{ Н}.$$

Для побудови епюру моментів згину у вертикальній площині використовуються рівноважні умови для визначення моментів, що діють на конструкцію. Епюр моментів у вертикальній площині демонструє розподіл моментів згину вздовж довжини конструкції.

Перш за все, необхідно визначити всі зовнішні та внутрішні моменти згину, які діють на конструкцію вздовж її довжини. Це включає моменти, що створюються зовнішніми силами або реакціями опор, а також внутрішні

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		34

моменти, які виникають у результаті внутрішніх навантажень. Далі, з використанням цих значень моментів побудовується графічне представлення, яке показує, як змінюються моменти згину вздовж довжини конструкції. Епюр моментів згину зазвичай показується на графіку, де по осі Х відображається довжина конструкції, а по осі Y — величина моменту згину. Важливим аспектом будівництва епюру є правильне врахування усіх зовнішніх та внутрішніх моментів згину, а також правильна інтерпретація знаків моментів відносно вибраної точки або вісі координат.

$$M_{зг_{Аах_x}} = F_t a = 2767,6 \cdot 0,05 = 123,4$$

для горизонтальної площини

$$\sum M_{зг_{Ay}} = 0; \quad F_r a - F_a d_{гор/2} - R_{By} b = 0$$

$$R_{By} = \frac{F_r a - F_a d_{гор/2}}{b} = \frac{763,8 \cdot 0,05 - 146,5 \cdot 0,05}{0,11} = 280,9 \text{ Н.}$$

$$\sum M_{зг_{Ay}} = 0; \quad F_r (a + b) - F_a d_{гор/2} - R_{Ay} b = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{F_r a - F_a d_{гор/2}}{b} = \frac{763,8(0,05 + 0,11) - 146,5 \cdot 0,05}{0,11} = 1044,6 \text{ Н.}$$

Для побудови епюру моментів згину у горизонтальній площині спочатку необхідно визначити всі зовнішні та внутрішні моменти, які діють на конструкцію. У горизонтальній площині це включає моменти, що створюються зовнішніми силами або реакціями опор, а також внутрішні моменти, що виникають внаслідок внутрішніх навантажень.

Після отримання значень моментів проводиться графічне представлення епюру моментів. Це графічне представлення дозволяє візуалізувати, як

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		35

змінюються моменти згину вздовж довжини конструкції в горизонтальній площині. Епюр моментів згину зазвичай показується на графіку, де по осі X відображається довжина конструкції, а по осі Y — величина моменту згину. Відомо, що момент згину залежить від розташування точки на конструкції і змінюється відповідно до розподілу внутрішніх сил та зовнішніх навантажень. Важливо правильно інтерпретувати знаки моментів у графічному представленні для коректного аналізу робочих властивостей конструкції та її елементів.

$$M_{зг_{max_y}} = F_r a - F_a d_{рот/2} = 763,8 \cdot 0,05 - 146,5 \cdot 0,05 = 30,9$$

Сумарний момент згину можна розглядати як результат взаємодії всіх цих факторів, які впливають на конструкцію. Він є важливим параметром для оцінки міцності і надійності конструкції, оскільки вказує на загальний рівень механічного навантаження, якому піддається конструкція під час експлуатації. Для побудови епюра сумарного моменту згину потрібно визначити величини моментів у кожній точці конструкції і згодом графічно відобразити цей розподіл. Це дозволяє інженерам краще зрозуміти, як змінюється момент згину вздовж конструкції і як це впливає на загальну її міцність і стійкість.

$$M_{зг_{сум}} = \sqrt{M_{зг_x}^2 + M_{зг_y}^2} = 127,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Для побудови епюра сумарного моменту згину використовується принцип третьої гіпотези міцності, що передбачає, що напруження в матеріалі пропорційні деформації, і що площа поперечного перерізу під впливом моменту згину не змінюється після згину.

При побудові епюра моменту згину зазвичай враховують розподіл моменту по довжині балки або конструкції. Це графічне зображення показує

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		36

величини моменту згину вздовж вісі конструкції, що допомагає інженерам аналізувати міцність і стійкість конструкції під впливом зовнішніх навантажень. Згідно з третьою гіпотезою міцності, розподіл моменту згину і величини моменту визначаються зовнішніми навантаженнями і геометричними характеристиками конструкції. Це дозволяє інженерам точно оцінити, як навантаження впливають на конструкцію і де можуть виникнути критичні точки, де момент згину максимальний або мінімальний. Отже, епюр сумарного моменту згину відображає важливі параметри, необхідні для проектування і аналізу механічних конструкцій з урахуванням їх міцності та стійкості під впливом моментів згину.

$$M_{кр} = \sqrt{M_{зг\ сум}^2 + (\alpha T)^2},$$

де α - коефіцієнт, який враховує різницю в характеристиках циклів напружень згину та кручення, можна визначити за допомогою теорії тривалості матеріалів та аналізу пульсуючого характеру напружень при нереверсивній передачі. У випадку нереверсивної передачі напруження кручення зазвичай характеризується пульсуючими коливаннями амплітуди і напрямку. Це означає, що напруження змінюються в часі і не повертаються до початкових значень, що може впливати на міцнісні характеристики матеріалу. Для визначення коефіцієнта, який враховує цю різницю, використовують методи математичного моделювання і експериментального аналізу. Він дозволяє оцінити вплив пульсацій напружень кручення на міцнісні властивості матеріалу та врахувати це при проектуванні і експлуатації механічних систем. Такий коефіцієнт є важливим для точного прогнозування тривалості роботи конструкцій та зниження ризику виникнення втомних руйнувань в умовах динамічного навантаження.

$$\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{\sigma_0},$$

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		37

де $[\sigma_{-1}]$ - допустиме знакозмінне напруження для вала ($[\sigma_{-1}] = 45$ МПа);
 $[\sigma_0]$ - допустиме пульсуюче від нуля напруження для вала ($[\sigma_0] = 75$ МПа)

$$\alpha = \frac{45}{75} = 0,6$$

Будуємо епюру $M_{пр}$

$$M_{пс} = \sqrt{127,2^2 + (0,6 \cdot 1234,3)^2} = 2345,3 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Для визначення діаметра вала в найбільше завантаженій точці А необхідно враховувати величину максимального моменту згину та прикладені на вал сили. Діаметр вала можна розрахувати за допомогою формул, які зв'язують момент згину, матеріальні властивості вала та його геометричні параметри. Розрахунок моменту згину: Спочатку визначте момент згину, який діє на валу в точці А. Цей момент зазвичай визначається в результаті дії сил або обертового моменту, що передається валу. Вибір матеріалу вала: Визначте матеріал, з якого виготовлений вал. Залежно від матеріалу потрібно використовувати відповідні дані про його міцнісні характеристики, зокрема межу міцності на стиск або на згин. Розрахунок діаметра вала: Використовуючи розрахункові формули для міцнісного розрахунку валів, знайдіть необхідний діаметр вала, який забезпечить безпечну експлуатацію при максимальному згиновому навантаженні.

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{пр}}{0,1[\sigma_{-1}]}}$$

де $M_{пр}$ – приведений момент згину в точці А, Н·мм ($M_{пр} = 234530$ Н·мм).

$[\sigma_{-1}]$ - допустиме закономірне напруження, МПа ($[\sigma_{-1}] = 45$ МПа);

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		38

$$d = \sqrt[3]{\frac{234530}{0,1 \cdot 45}} = 37,3 \text{ мм}$$

Обираємо $d = 40$ мм.

3.5.6. Розрахунок шліцьового з'єднання

Розрахунок шліцьового з'єднання за напруженням змінання проводиться для визначення його міцності і здатності переносити внутрішні напруження, що виникають в результаті дії кручення.

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{d_c Z h \psi} \leq [\sigma_{зм}]$$

де T – розрахунковий крутний момент, Н·мм;

d_c – середній діаметр шліцьового з'єднання, мм

($d_c = 0,5(D + d) = 0,5(38 + 32) = 35$ мм),

Z - шліців ($Z=8$);

h - висота поверхні контакту, мм

$$h = 0,5(D - d) - f_b - f_c,$$

де f_b і f_c - розміри фасок, мм ($f_b = f_c = 0,3$ мм)

$$h = 0,5(38 - 32) - 0,3 - 0,3 = 2,4 \text{ мм};$$

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		39

Запропоновані зміни підкріплені відповідними інженерними розрахунками, що підтверджують їхню доцільність і підвищену ефективність використання зерноавантажувача ЗШМ-60.

4. Охорона праці

Під час виконання робіт при експлуатації завантажувача ЗШМ-60 на працівників можлива дія небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Серед них слід виділити такі:

Фізичні фактори:

Високий рівень шуму, що може спричиняти слухові порушення та зниження працездатності. Вимоги щодо допустимого рівня шуму встановлені ДСТУ ISO 1999:2014 "Акустика. Оцінка впливу шуму на слух людини".

Способи зниження ризику: Використання засобів індивідуального захисту (навушників або вкладишів), встановлення шумозаглушуючих екранів та покращення акустичної ізоляції приміщень.

Вібрація, яка може негативно впливати на опорно-руховий апарат та кровоносну систему. Нормативи щодо допустимих рівнів вібрації регламентовані ДСанПіН 3.3.2-007-98 "Державні санітарні норми і правила захисту від шуму, інфразвуку та вібрації на робочих місцях".

Способи зниження ризику: Використання антивібраційних рукавиць та підкладок, регулярні перерви у роботі, модернізація обладнання для зменшення вібраційного навантаження.

Механічні небезпеки, пов'язані з рухомими частинами обладнання, що можуть спричинити травми. Вимоги безпеки викладені в ДСТУ EN ISO 13857:2015 "Безпечність машин. Вимоги безпеки до зон досяжності".

Способи зниження ризику: Використання захисних огорож та блокуючих пристроїв, регулярне технічне обслуговування обладнання, навчання працівників безпечним методам роботи.

Хімічні фактори:

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

Вплив пилу та аерозолів, які можуть подразнювати дихальні шляхи та викликати алергічні реакції. Норми щодо гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин в повітрі робочої зони встановлені ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до повітря робочої зони".

Способи зниження ризику: Використання респіраторів або масок, встановлення системи вентиляції та фільтрації повітря, регулярне проведення прибирання робочих зон.

Можливість контакту з агресивними хімічними речовинами, що можуть викликати опіки або отруєння. Вимоги до безпечного поводження з хімічними речовинами регламентовані ДСТУ ISO 11014:2012 "Система стандартів з безпеки праці. Картка даних безпеки хімічної продукції".

Способи зниження ризику: Використання хімічно стійких рукавиць та захисного одягу, обладнання спеціальних зон для зберігання та використання хімічних речовин, навчання працівників правилам безпечного поводження з хімікатами.

Біологічні фактори:

Контакт з мікроорганізмами та іншими біологічними агентами, що можуть бути присутніми у робочому середовищі та спричиняти інфекційні захворювання. Вимоги щодо захисту від біологічних факторів викладені в ДСанПіН 9.9.5-080-2002 "Державні санітарні правила і норми щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту".

Способи зниження ризику: Використання засобів індивідуального захисту, таких як рукавиці та маски, дотримання санітарно-гігієнічних норм, регулярне проведення дезінфекції та прибирання робочих місць.

Психофізіологічні фактори:

Підвищене психічне навантаження та стрес, що виникають внаслідок високої відповідальності та необхідності постійної уваги під час роботи з завантажувачем. Вимоги щодо психофізіологічного забезпечення безпеки праці викладені в ДСТУ ISO 10075-1:2005 "Ергономічні принципи. Основи психічного навантаження та його вимірювання".

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		42

Способи зниження ризику: Впровадження програм психоемоційної підтримки, проведення регулярних тренінгів з управління стресом, організація комфортних умов праці та відпочинку.

Фізичне навантаження, пов'язане з тривалою статичною роботою та необхідністю виконання важких фізичних операцій. Вимоги щодо оцінки і управління фізичними навантаженнями встановлені ДСТУ EN 1005-3:2007 "Безпека машин. Фізичне навантаження на людину. Частина 3. Рекомендації щодо зменшення статичного і динамічного навантаження".

Способи зниження ризику: Впровадження ергономічних рішень на робочих місцях, забезпечення регулярних перерв та зміни видів діяльності, організація спеціальних фізичних вправ для працівників.

Для зниження ризику дії цих факторів необхідно забезпечити належні умови праці, включаючи використання засобів індивідуального захисту, регулярне проведення медичних оглядів, організацію режиму праці та відпочинку, а також забезпечення навчання і інструктажу працівників щодо безпечних методів роботи.

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		43

5. Економічна частина

«Для швидкого виконання процесів завантаження/пересипання насіння культур змінюємо завантажувач ПШП-4А(3 шт.) на ЗМ-60 (1 шт.).

Економічна ефективність внесених змін обґрунтовується у даному розділі.

Вихідні дані до розрахунку наведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники

Показники	Один. виміру	Умовне познач.	Технологія	
			Базова	Модернізовна
Обсяг робіт (пшениця)	т		25840	
Агрегативання			пересувни й	самохідний
Оптова ціна: - машини	грн.	C_{on}	29000	41000
Робоча ширина захвату	м.	B	3,2	4,2
Продуктивність (паспортна)	т/год		17,6	72
Встановлена потужність ел. двигуна	кВт	E	2,2	2,2+1,1= 3,6
Обслуговуючий персонал:	чол.			
- оператор			1	1
- помічник			1	-

Розрахунок техніко-економічних показників порівнюваних технологій наведено у додатку 1.» [12]

Підйом триммера та установка шевронної стрічки: Встановлення шевронної стрічки на триммері дозволить підняти завантажувальний механізм вище стандартного рівня, що забезпечить зручність у завантаженні вантажних машин з високими бортами (мінімальна висота завантаження - не менше 4,6 метра). Це дозволить значно збільшити дальність польоту зерна від точки викиду для обох типів культур (до 18 метрів) і підвищити продуктивність навантаження на 15-25%.

Збільшення обертового кута тримера: Збільшення обертового кута тримера до 135 градусів в обидві сторони від поздовжньої осі рами значно полегшить маневреність при завантаженні зерна. Це спростить застосування зернокидача, забезпечуючи ефективне переміщення зерна у будь-якому напрямку навіть позаду себе. Збільшення обертового кута тримера підвищить ефективність заходів на 10-15%.

Встановлення клинопасового варіатора: Рекомендується встановити клинопасовий варіатор для оптимізації роботи триммера. Це дозволить регулювати режими роботи з максимальною ефективністю в залежності від умов і вимог виконання завдань. Впровадження варіатора забезпечить ефективність на 20-30% в порівнянні зі стандартними налаштуваннями.

Запропоновані зміни підтверджені відповідними інженерними розрахунками і відповідають вимогам безпеки конструкції, включаючи ССБТ ГОСТ 12.4.026-85, та вимогам пожежної безпеки згідно з ССБТ ГОСТ 12.2.037-88. Це дозволяє впровадити модернізовану машину у серійне виробництво для використання в сільському господарстві.

Запропонована технологія привела до позитивного економічного ефекту у розмірі 167452,0 гривень, що підкреслює ефективність запропонованих заходів у покращенні функціональних характеристик зерноавантажувача.

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		46

Список літератури

1. Дубровин В. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины [текст] / В. Дубровин, Г. Голуб, В. Теслюк, В. Барановский // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and argil-food industry machinery. - Lublin-Rzeszow, 2013. - Vol. 15. - № 3. - С. 243-255.
2. Гевко Ів.Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів : автореферат дис. . докт. техн. наук: 05.05.11 / Ів.Б. Гевко. - Львів, 2013. - 40 с.
3. Сільськогосподарські машини [текст] / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.М. Барановський [та інш.]. - К. : «Агроосвіта», 2015. - 679 с.
4. Nevko R.V. Mathematical model of the pneumatic-screw conveyor screw mechanism operation [text] / R.V. Nevko, V.O. Dzyura, R.M. Romanovsky // INMATEH. Agricultural engineering. - 2014. - Vol. 44. - No.3. - P. 103-110.
5. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання [текст] / І. Б. Гевко. - Тернопіль : ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. - 307 с.
6. Рогатинський Р. Модель конструювання і вибору гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями [текст] / Р. Рогатинський, І. Гевко // Вісник ТНТУ. - 2012. - № 3 (67). - С. 197-210.
7. Nevko R.V. The investigation of the process of a screw conveyer safety device actuation [text] / R.V. Nevko, O.M. Klendiy // INMATEH. Agricultural engineering. - 2014. - Vol. 42. -No.1. - P. 55-60.
8. Гевко І. Синтез змішувачів з гвинтовими робочими органами [текст] / І. Гевко, Р. Любачівський, А. Дячун // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. - 2012. - № 16. - С. 237-246.
9. Рогатинський Р. Оптимізація параметрів гвинтових транспортно-технологічних систем [текст] / Р. Рогатинський, І. Гевко, Л. Рогатинська // Вісник ТНТУ. - 2013. - № 1 (69). - С. 123-230.
10. Pankiv V.R. Investigation of constructive geometrical and filling coefficients of combined grinding screw conveyor [text] / V.R. Pankiv, O.A. Tokarchuk // INMATEH. Agricultural engineering. - 2017. - Vol. 51. -No.1/2017. - P. 59-68.
11. Pankiv Vitalii. Throughput capability of the combined screw chopper conveyor [text] / Vitalii Pankiv // Вісник ТНТУ. - 2017. - № 1 (85). - С. 69-79.
12. Шенк Х. Теорія інженерного експерименту [текст] / Шенк Х. - К.: Вища школа, 1972. - 374 с.

					ЗН 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		47

Допущено до захисту

Зав. кафедрою СГМ

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«____» _____ 2024 р.

Графічна частина

кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти здобувача
вищої освіти

на тему «Обґрунтування параметрів завантажувача зерна»

на 5 аркушах формату А1 (змаштабованих на аркушах формату А4)

Виконав здобувач вищої освіти курсу,
групи ГМ-22М-2 ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

	_____	І.О. Шпильовий
Керівник	_____	В.А. Онопа
Нормоконтроль	_____	Ю.В. Мачок

Кропивницький 2024

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			ЗМ 03.00.000 ВЗ	Загальний вигляд	1	
<u>Складальні одиниці</u>						
		1	ЗМ 03.01.000	Вентилятор	1	
		2	ЗМ 03.02.000	Візок самопересувний	1	
		3	ЗМ 03.03.000	Горловина завантажувальна	1	
A2		4	ЗМ 03.04.000	Змішувач	1	
		5	ЗМ 03.05.000	Електродвигун приводу зав. транспортера	1	
		6	ЗМ 03.06.000	Електродвигун приводу візка	1	
		7	ЗМ 03.07.000	Електродвигун приводу змішувача	1	
		8	ЗМ 03.08.000	Електродвигун приводу вентилятора	1	
		9	ЗМ 03.09.000	Електродвигун приводу розв. транспортера	1	
		10	ЗМ 03.10.000	Ємність для рідини	1	
		11	ЗМ 03.11.000	Калорифер	1	
		12	ЗМ 03.12.000	Рама	1	
		13	ЗМ 03.13.000	Транспортер підбираючий	1	
		14	ЗМ 03.14.000	Транспортер завантажувальний	1	
		15	ЗМ 03.15.000	Транспортер розвантажувальний	1	
		16	ЗМ 03.16.000	Трубопровід подачі повітря	1	
		17	ЗМ 03.17.000	Трубопровід подачі рідини	1	
		18	ЗМ 03.18.000	Тяга регулююча	1	
		19	ЗМ 03.19.000	Форсунка	8	
ЗМ 03.00.000СБ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Шпильовий				Лит.	Лист
Пров.	Онопа					1
Н.контр.	Мачок				Листов	
Утв.	Лещенко				1	
ЗМ-60					ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.2	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документація:</i>							
A1			ЗМ 01.14.000 СБ	Складальне креслення	1		
<i>Складальні одиниці:</i>							
		1	ЗМ 000.100.00	Корпус підшипника	1		
		2	ЗМ 000.200.00	Корпус підшипника	1		
		3	ЗМ 000.300.00	Кронштейн	1		
		4	ЗМ 000.400.00	Муфта (МУВП)	1		
		5	ЗМ 000.500.00	Шнек	1		
		6	ЗМ 000.600.00	Корпус	1		
		7	ЗМ 000.700.00	Основа в зборі	1		
<i>Деталі:</i>							
		8	ЗМ 000.000.08	Кришка права	1		
		9	ЗМ 000.000.09	Кожух	1		
		10	ЗМ 000.000.10	Кільце	1		
		11	ЗМ 000.000.11	Лабиринт	2		
		12	ЗМ 000.000.12	Втулка	1		
		13	ЗМ 000.000.13	Фланець	1		
		14	ЗМ 000.000.14	Шайба торцова	1		
		15	ЗМ 000.000.15	Кришка ліва	1		
		16	ЗМ 000.000.16	Прокладка	2		
		17	ЗМ 000.000.17	Прокладка	2		
		18	ЗМ 000.000.18	Шайба	1		
				ЗМ 01.14.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Шпильовий				Лит.	Лист	Листов
Пров.	Онопа					1	3
Н.контр.	Мачок				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1,2		
Утв.	Лещенко						
				Похилий шнек			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартні вироби:</i>		
		19		Болт М8-6дх20.58.05 ГОСТ 7798-80	12	
		20		Болт М8-6дх25.58.05 ГОСТ 7798-80	9	
		21		Болт М10-6дх35.58.05 ГОСТ 7798-80	12	
		22		Болт М12-6дх50.58.05 ГОСТ 7798-80	4	
		23		Гвинт М5-6дх10.58.05 ГОСТ 17475-80	1	
		24		Гвинт М8-6дх18.58.05 ГОСТ 50383-92	2	
		25		Гайка М10-7Н.58.05 ГОСТ 5915-80	12	
		26		Гайка М12-7Н.58.05 ГОСТ 5915-80	4	
		27		Підшипник 1209 ГОСТ 5720-85	1	
		28		Підшипник 36209 ГОСТ 831-75	1	
		29		Шайба 8.65Г ГОСТ 6402-80	21	
		30		Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-80	12	
		31		Шайба 12.65Г ГОСТ 6402-80	4	
		32		Маслянка 1.2.4.6 ГОСТ 19853-84	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

ЗМ 01.14.000

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		33		Кільце для ущільнення ОСТ 1 11108-73	3	
		34		Шайба 12.05 ГОСТ 11371-78	8	
		35		Шпонка 10x8x63 ГОСТ 23360-78	1	
				<u>Інші вироби:</u>		
		36		Мотор-редуктор ЗМП-315-180-210-110-У3 ТУ 2-056-0224821-278-89	1	380В

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЗМ 01.14.000

Лист
3

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ЗМ 01.13.000 СБ	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A2	1		ЗМ 01.13.001	Шнек	1	
	2		ЗМ 01.13.002	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
	3		ЗМ 01.13.002.301	Кришка	2	
	4		ЗМ 01.13.002.302	Кришка	1	
	5		ЗМ 01.13.002.503	Пробка	1	
	6		ЗМ 01.13.002.304	Кришка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
	7			Гвинт М6 х 18 ГОСТ 1491-80	20	
	8			Шайба 6 Н ГОСТ 6402-70	20	
	9			Підшипник 7205 А ГОСТ 27365-87	2	
	10			Кільце 1 25-3 ОСТ92-8969-78	2	
	11			Кільце 1 52-3 ОСТ92-8969-78	2	
	12			Манжета 1-22 х 40-1		
				ГОСТ 8752-79	1	

					ЗМ 015.002 СБ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шпильовий				Шнек розвантажувальний	Літера	Лист	Листів
Перев.	Онопа						1	1
Н. контр.	Мачок					ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1,2		
Затв.	Лещенко							

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація:</i>						
A3			ЗМ 00.500.00 СБ	Складальне креслення	1	
<i>Деталі:</i>						
		1	ЗМ 00.500.801	Диск	2	
		2	ЗМ 00.500.602	Перо шнека	11	
		3	ЗМ 00.500.603	Вал шнека	1	
		4	ЗМ 00.500.604	Цапфа ліва	1	
		5	ЗМ 00.500.305	Цапфа права	1	
ЗМ 00.500.000СБ						
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит. Лист Листов 1 ЦНТУ, зр. ГМ-22М-1,2
	Разраб.	Шпильовий				
	Пров.	Онопа				
	Н.контр.	Мачок				
	Утв.	Лещенко				

Мета дослідження полягає у підвищенні технологічних показників процесу транспортування зерна озимої пшениці шляхом розробки та обґрунтування параметрів робочих органів шнекового зернонавантажувача.

Трифакторний експеримент типу ПФЕ 3^3 проведено на 3 рівнях варіювання факторів табл. 1.

Таблиця 1.

Фактори	Позначення		Інтервал варіювання	Рівні варіювання, натуральні/кодовані		
	Натуральні	Кодовані				
Частота обертання шнека n_k , об/хв	X 1	x 1	100	100/-1	200/0	300/+1
Діаметр шнекового конвєсра D_k , м	X 2	x 2	0,04	0,12/-1	0,16/0	0,2/+1
Крок шнека T_1 , м	X 3	x 3	0,03	0,05/-1	0,08/0	0,11/+1

Регресійне рівняння із натуральними значеннями коефіцієнтів:

$$Q_{e.k} = 0,74 + 0,59 \ln(n_k) + 1,26 \ln(D_k) + 0,32 \ln(T_1).$$

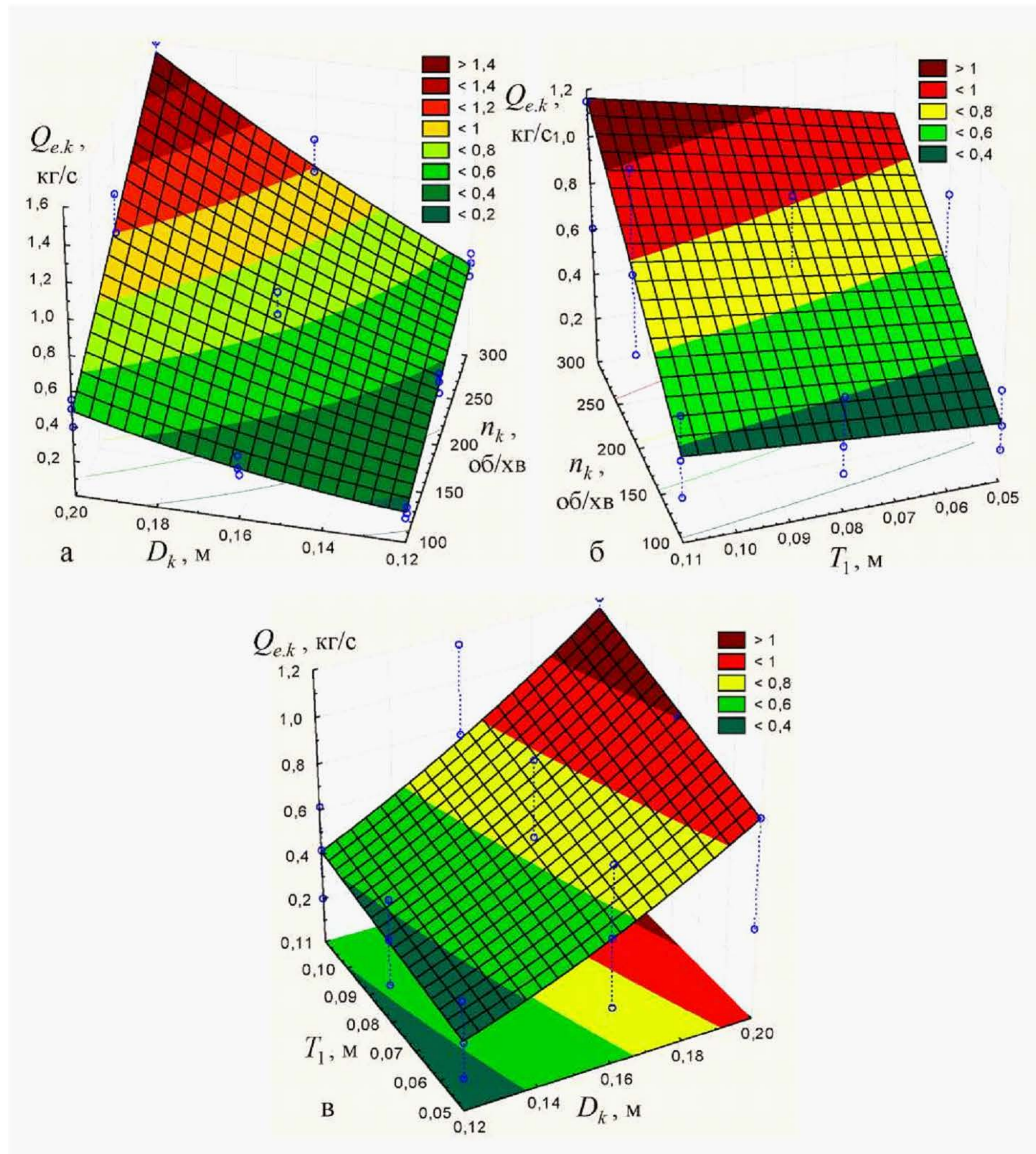
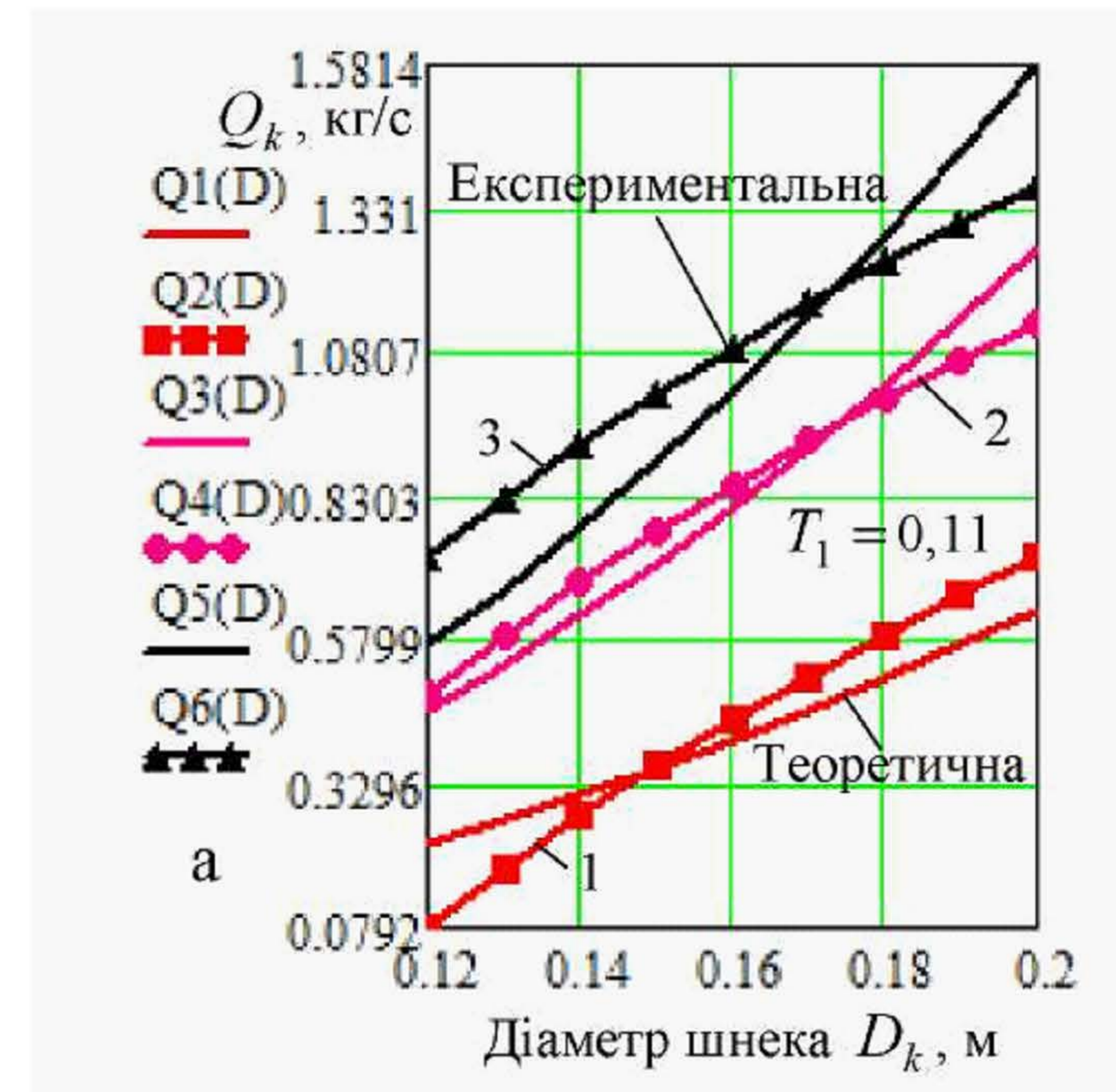
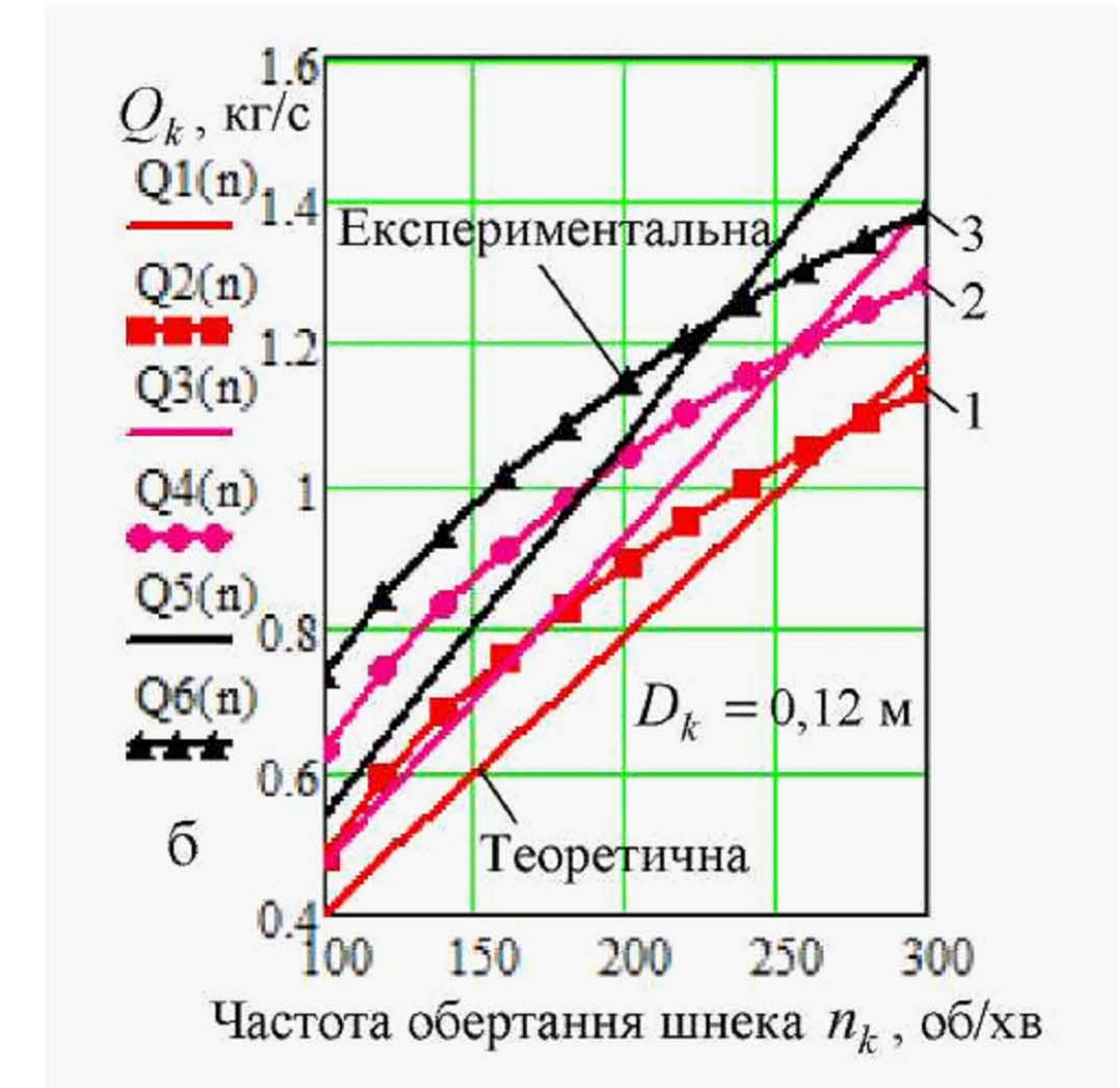


Рис. 1. Поверхні відгуку, що описують вплив факторів на значення продуктивності.



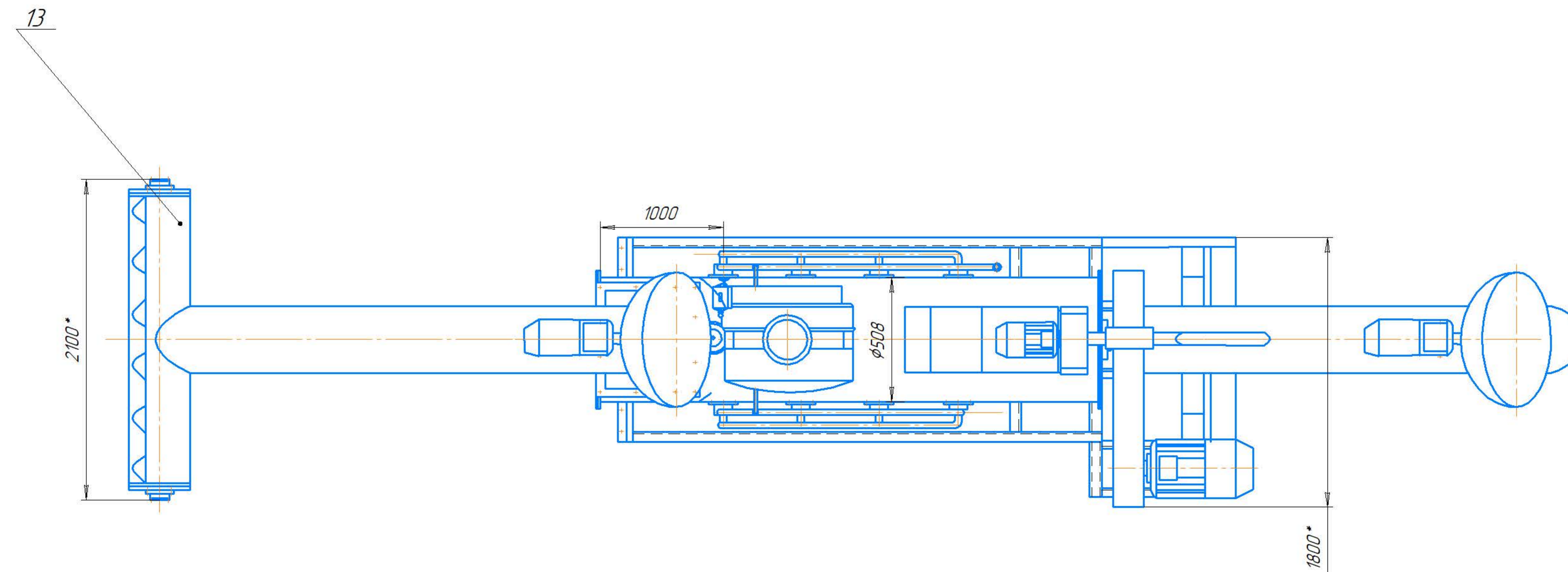
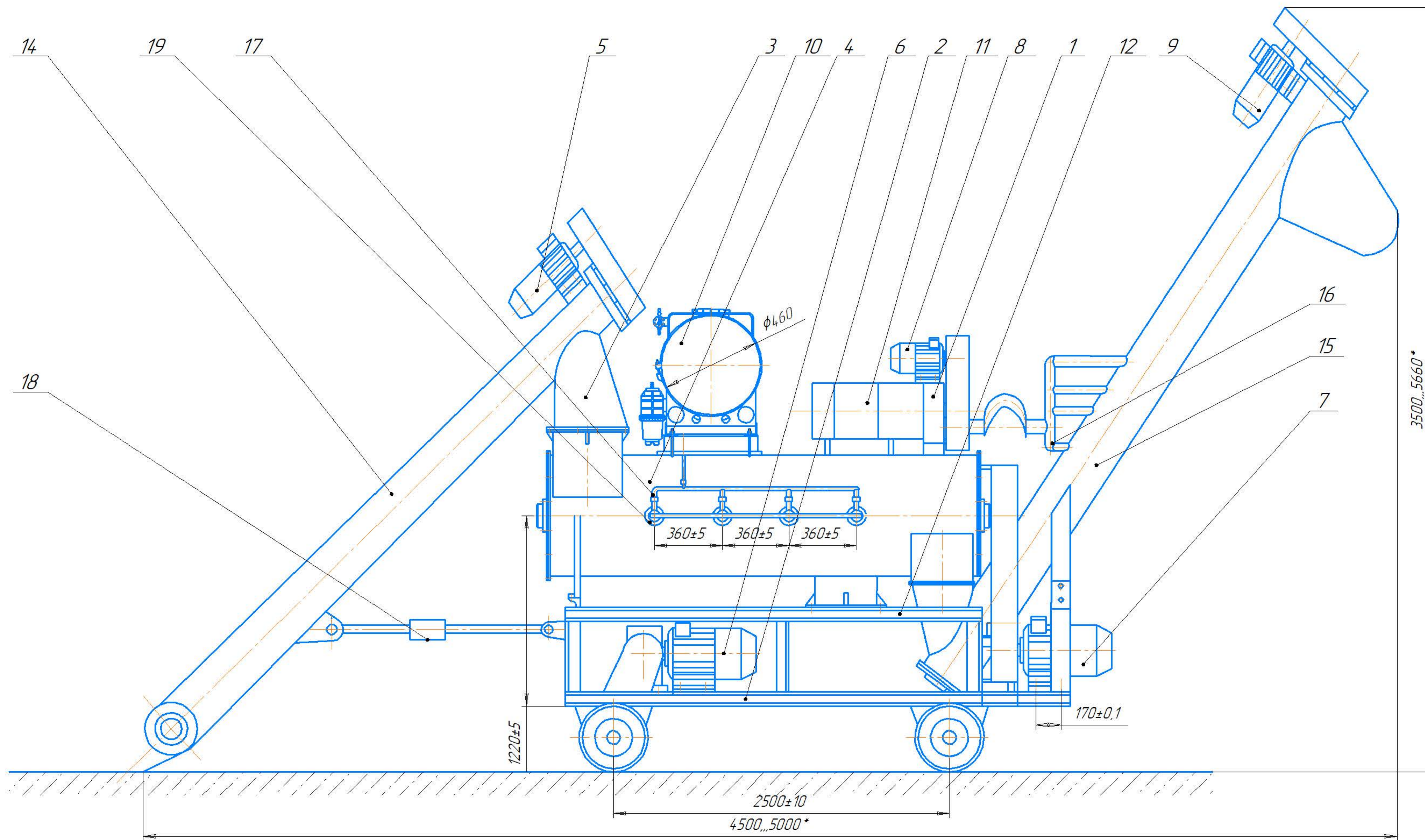
а - $Q_k = f(D_k)$, 1, 2, 3 - де $n_k = 100; 200; 300$ об/хв;



б - $Q_k = f(n_k)$, 1, 2, 3 - де $T_1 = 0,05; 0,08; 0,11$ м

Рис. 2. Залежність продуктивності роботи Q_e :

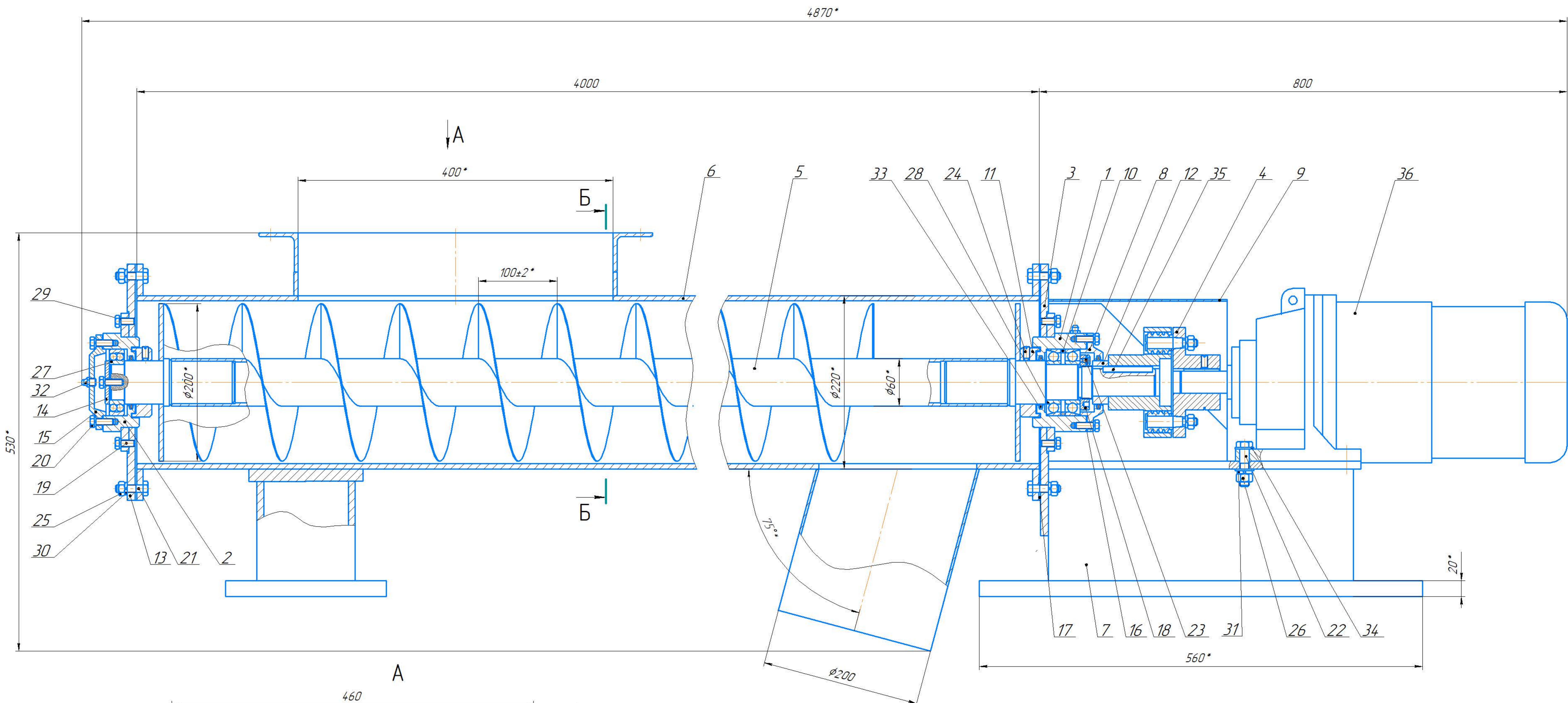
				ЗМ 00.001 ТЧ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
		Шпильовий			Наукова частина	-	-
		Онопа			Лист	Листов	1
		Мачок			→		
		Лещенко					
				ЦНТУ, зр. ГМ-22М-12			



Технічна характеристика

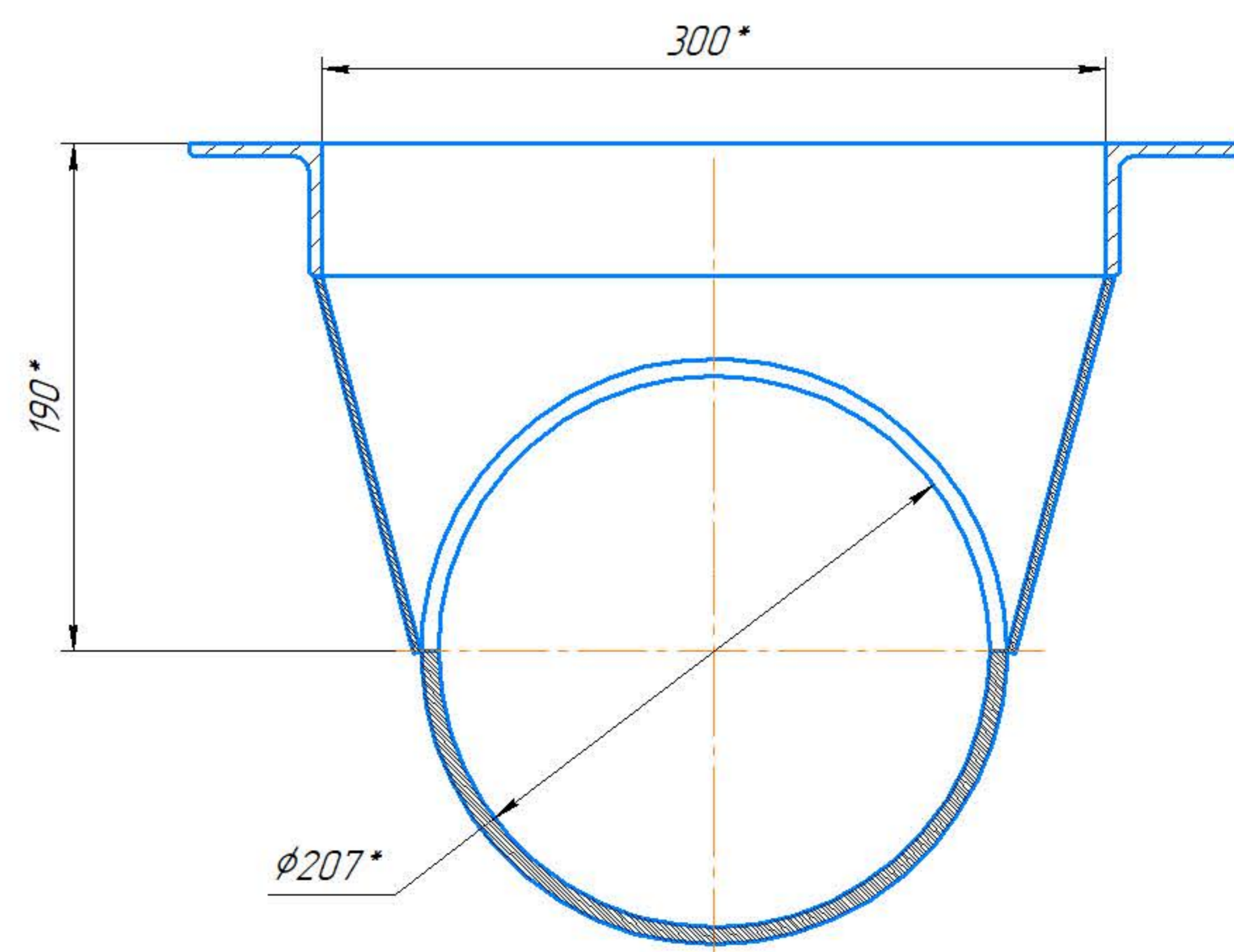
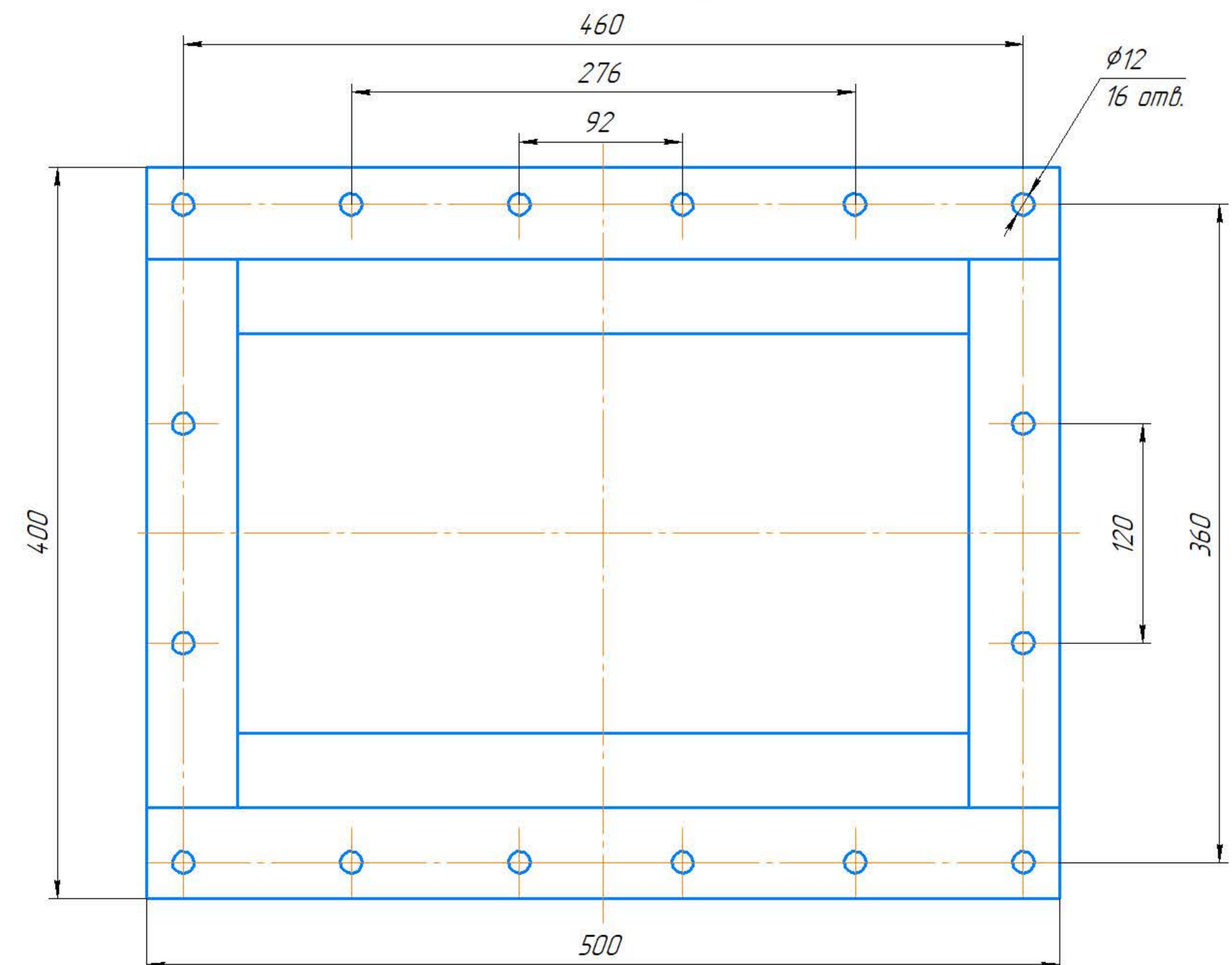
- 1. Тип машини - самохідний
- 2. Конструкція - збірно-зварна
- 3. Призначення - навантаження/розвантаження з можливістю протруювання насіння
- 4. Продуктивність, т/год - 36..65
- 5. Потужність, кВт - 18,5
- 6. Нерівномірність змішування ±%, -2
- 7. Конструктивна маса, кг - 730
- 8. *Размір для довідок.

				ЗМ 01.000 СБ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
						678	1:20
				Зернонавантажувач			
				ЗМ-60			
				Лист 1 Листов 1			
				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-12			
				Формат А1			



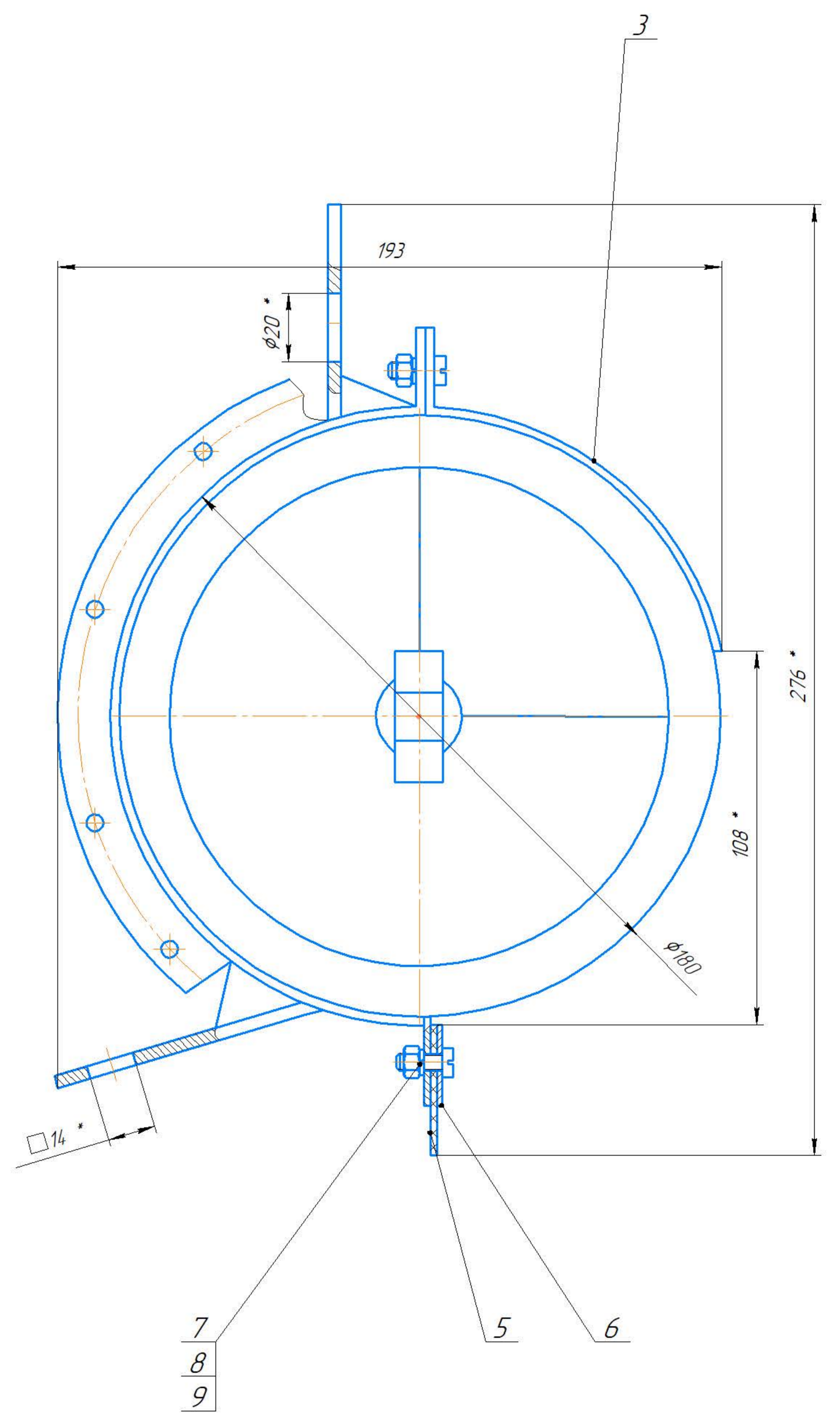
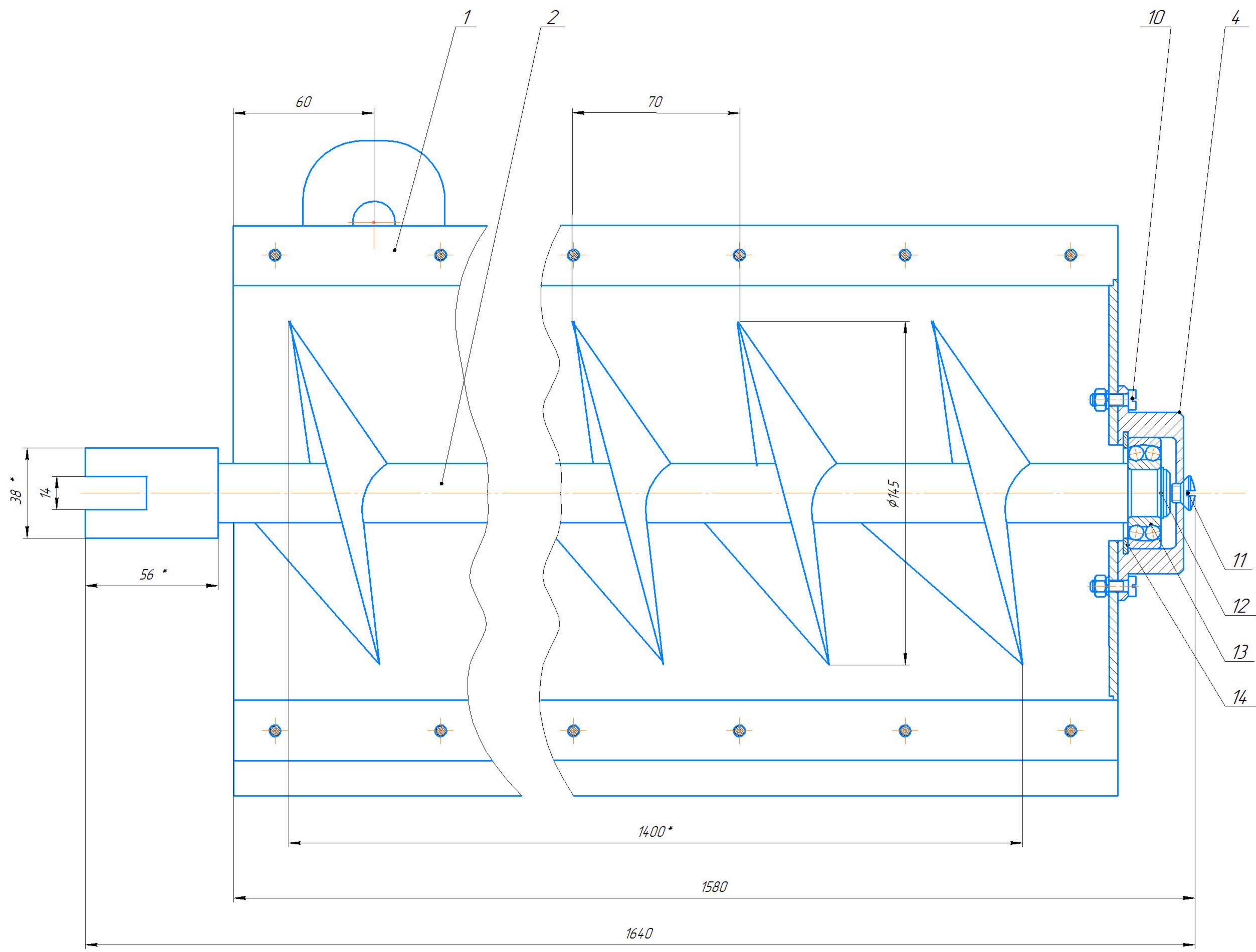
A

Б-Б



1. Парожники підшипників заповнити на 2/3 Солидол УС-1 ГОСТ 1033-83.
2. Кільця-сальники поз.33 перед установкою змастити змастити Солидол УС-1 ГОСТ 1033-83 с додаванням 15% графіту.
3. *Разміри для довідок.

3M 01.14.000 CB				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Шпильовий				175	1:2,5
Проб.	Онопа				Лист	Листов
Т.контр.						
И.контр.	Мачок					
Утв.	Лещенко					
				ЦНТУ, зр. ГМ-22М-12		
				Формат А1		



1. Після збирання вал шнека повинен обертатися без зусиль.
2. Невказанні граничні відхилення отворів по Н14; валів - h14; інші - IT14.
3. *Разміри для довідок.

Перв. примен.
Справ. №
Лист №
Взам. шиф. №
Лист №
Лист №

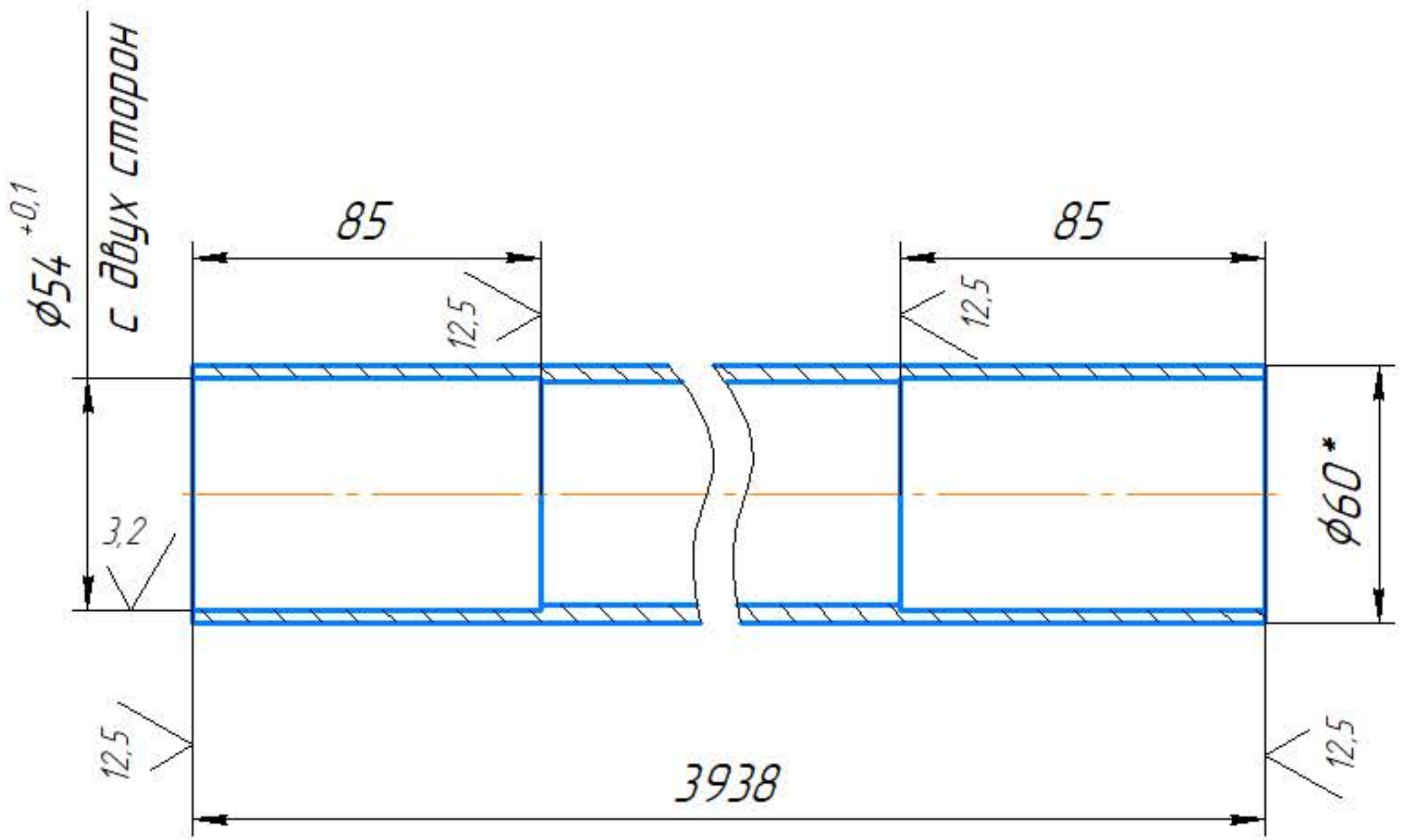
				ЗМ 01.13.000 СБ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
		Шпильбовий				38,2	1:1
		Орнапа			Лист	Листов	
Н.контр.	М.чак						ЦНТУ, зр. ГМ-22М-1,2
Утв.	Дещенко						

ЗМ 00.500.603



Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

- Невказані граничні відхилення: для отворів - H14, валів - h14, для інших поверхонь $\pm \frac{IT14}{2}$.
- * Розмір для довідок.

Подп. и дата

Инв. № подл.

ЗМ 00.500.603

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Шпильовий		
Пров.		Онопа		
Т.контр.				
Н.контр.		Мачок		
Утв.		Дещенко		

Вал шнека

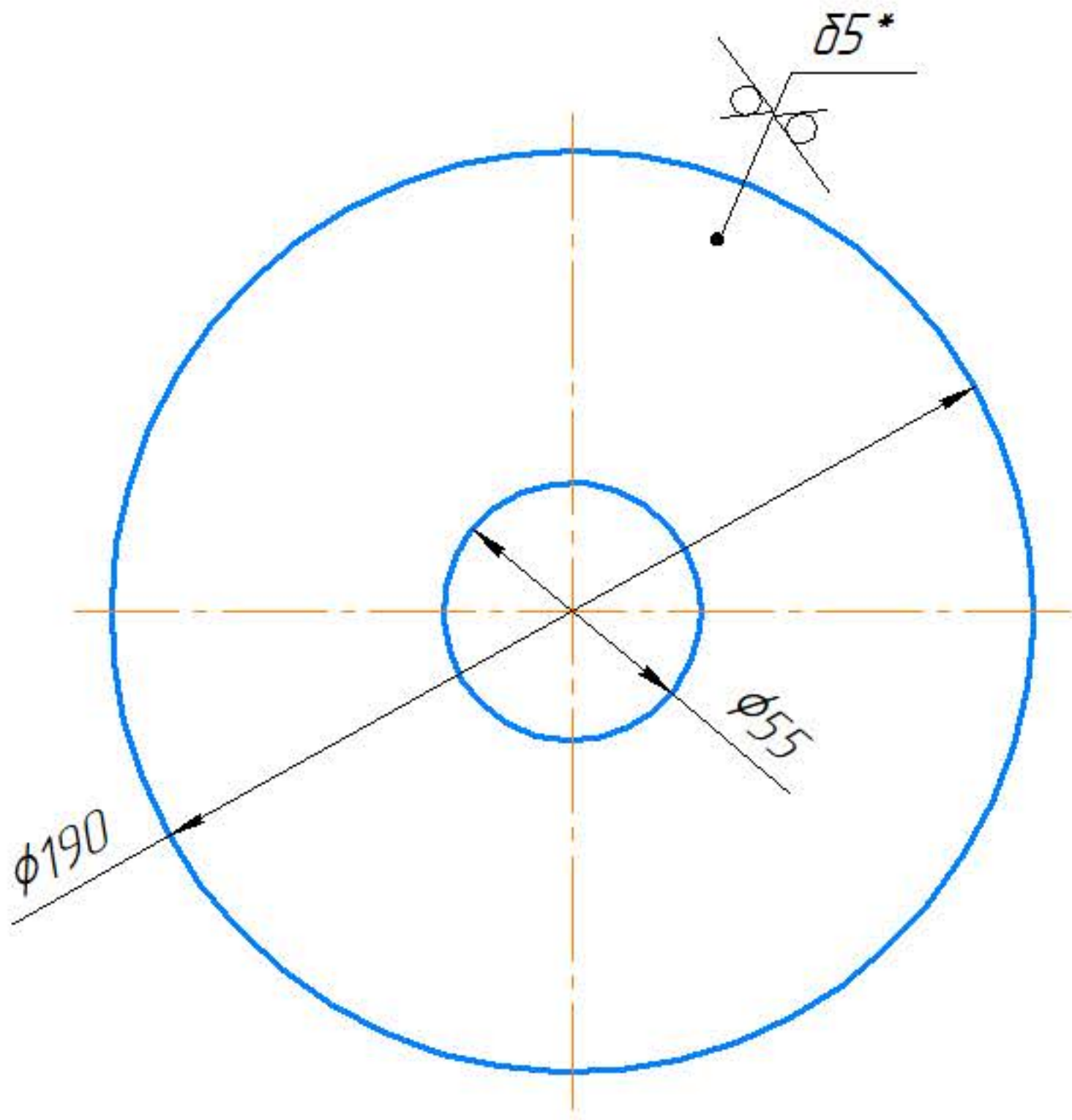
Труба 60x3.5(Ду50) ГОСТ 3262-75

Лист	Масса	Масштаб
	10,5	1:2
Лист	Листов	

ЦНТУ, зр. ГМ-22М-1,2

ЗМ 00.500.601

12,5 ✓ (✓)

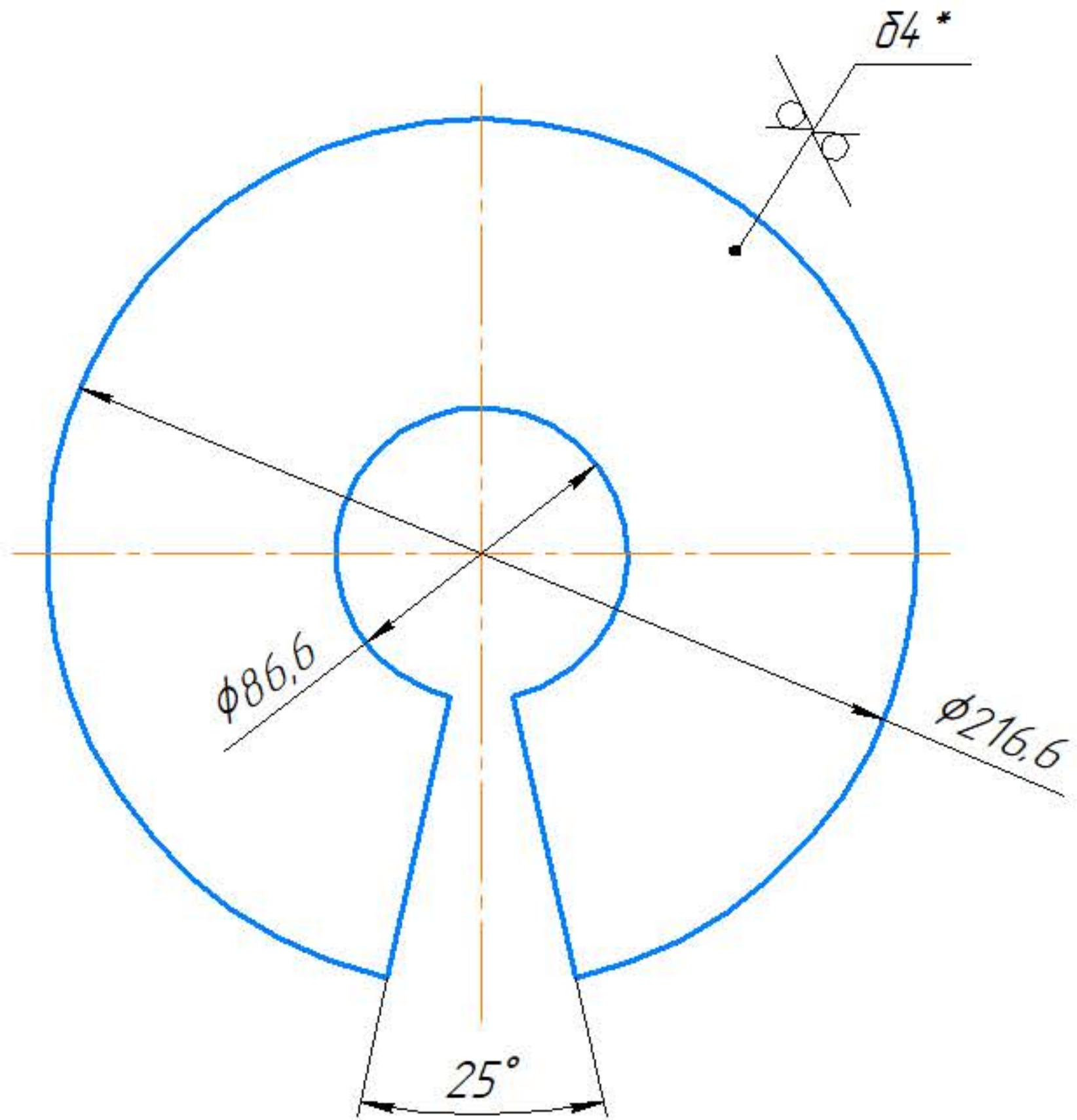


- Невказані граничні відхилення: для отворів - H14, валів - h14, для інших поверхонь $\pm \frac{IT14}{2}$.
- * Розмір для довідок.

Перв. примен.					ЗМ 00.500.601			
Справ. №								
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Инв. № докум.	Подп. и дата	ЗМ 00.500.601			
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.				Дата
	Разраб.	Шпильовий				Лист	Масса	Масштаб
	Пров.	Онопа						
	Т.контр.					Лист		Листов
	Н.контр.	Мачок				Лист		ЦНТУ, зр. ГМ-22М-1,2
	Утв.	Дещенко				Лист		5 ГОСТ 19903-74 СтЗ ГОСТ 14637-89

ЗМ 00.500.602

12,5 ✓ (✓)



- Невказані граничні відхилення: для отворів - H14, валів - h14, для інших поверхонь $\pm \frac{IT14}{2}$.
- * Розмір для довідок.

ЗМ 00.500.602

Перо шнека

Лист	Маса	Масштаб
	0,45	1:2
Лист	Листов	

Лист 4 ГОСТ 19903-74
СтЗ ГОСТ 14637-89

ЦНТУ, зр. ГМ-22М-1,2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

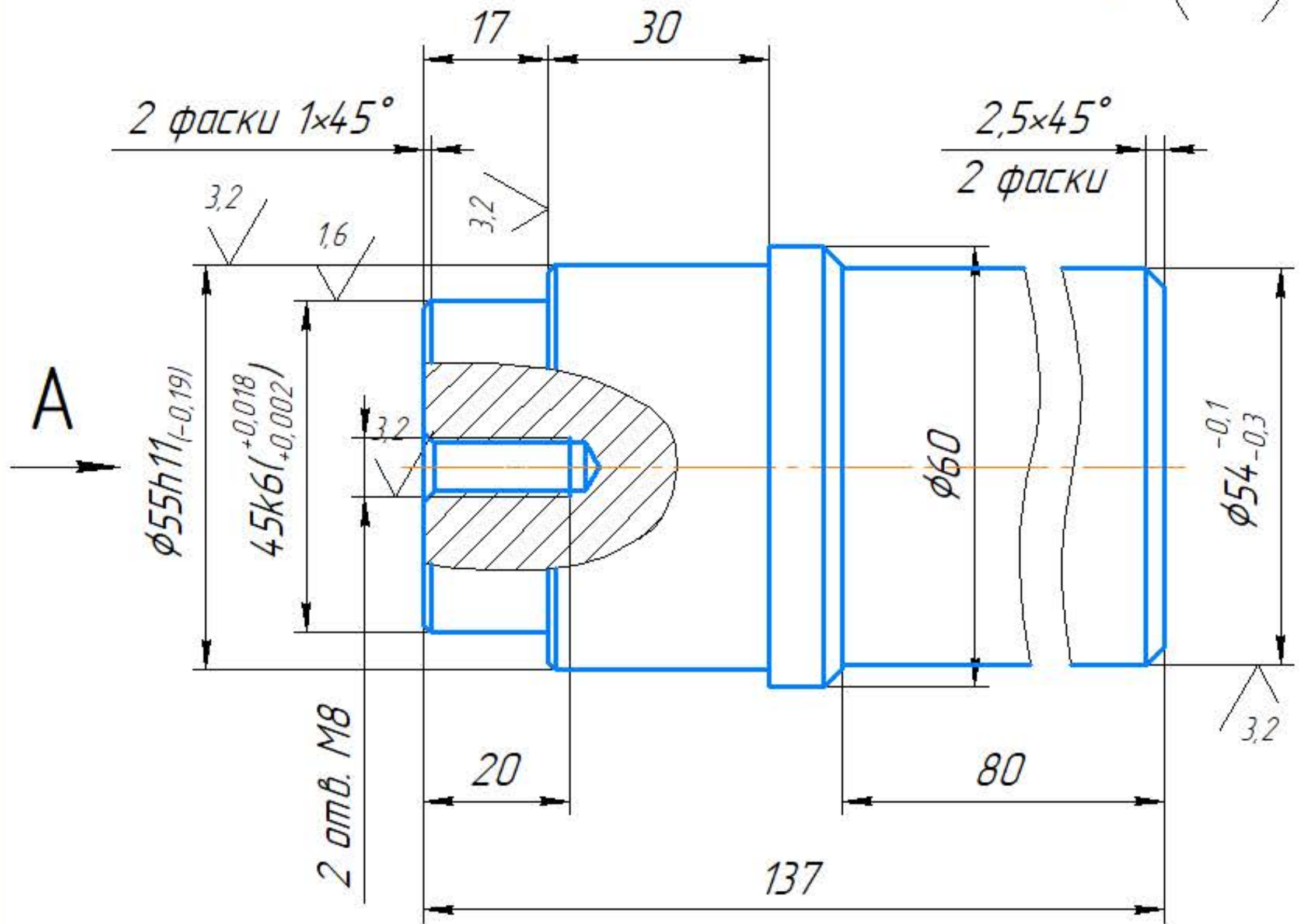
Подп. и дата

Инв. № подл.

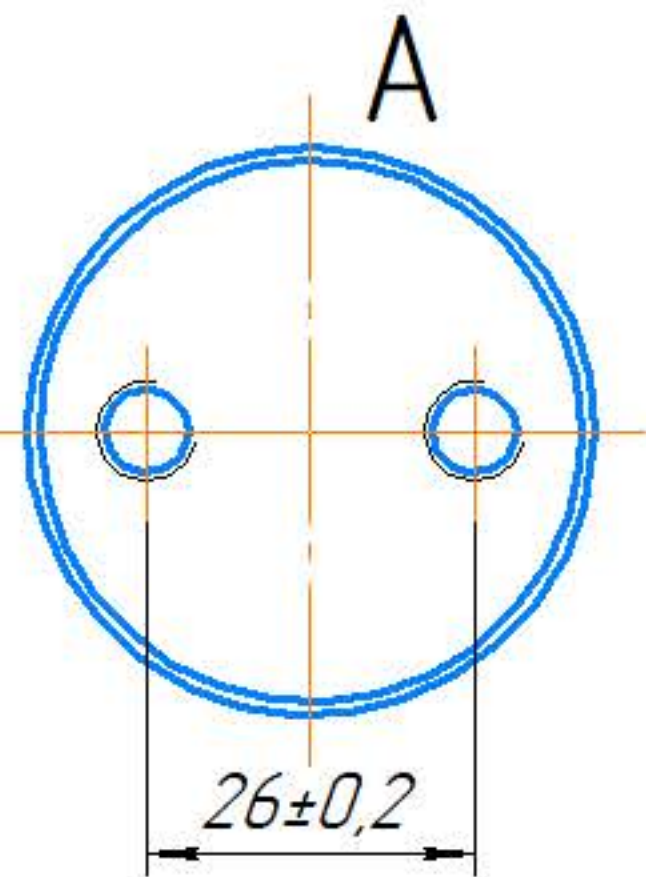
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Шпильовий		
Пров.		Онопа		
Т.контр.				
Н.контр.		Мачок		
Утв.		Лещенко		

3M 00.500.604

6,3 (✓)



- Невказані граничні відхилення: для отворів - H14, валів - h14, для інших поверхонь $\pm \frac{IT14}{2}$.
- * Розмір для довідок.



3M 00.500.604

Цапфа ліва

Сталь 35 ГОСТ 1050-88

Лист	Масса	Масштаб
	0,55	1:1
Лист	Листов	

ЦНТУ, зр. ГМ-22М-1,2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

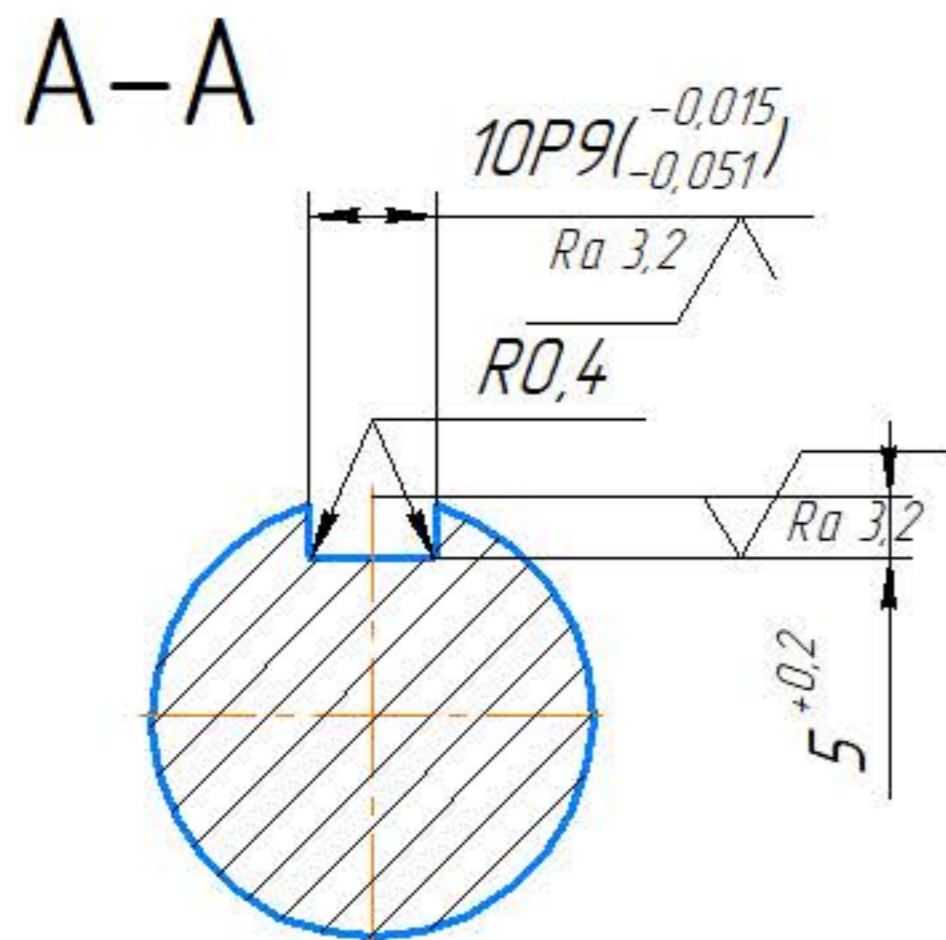
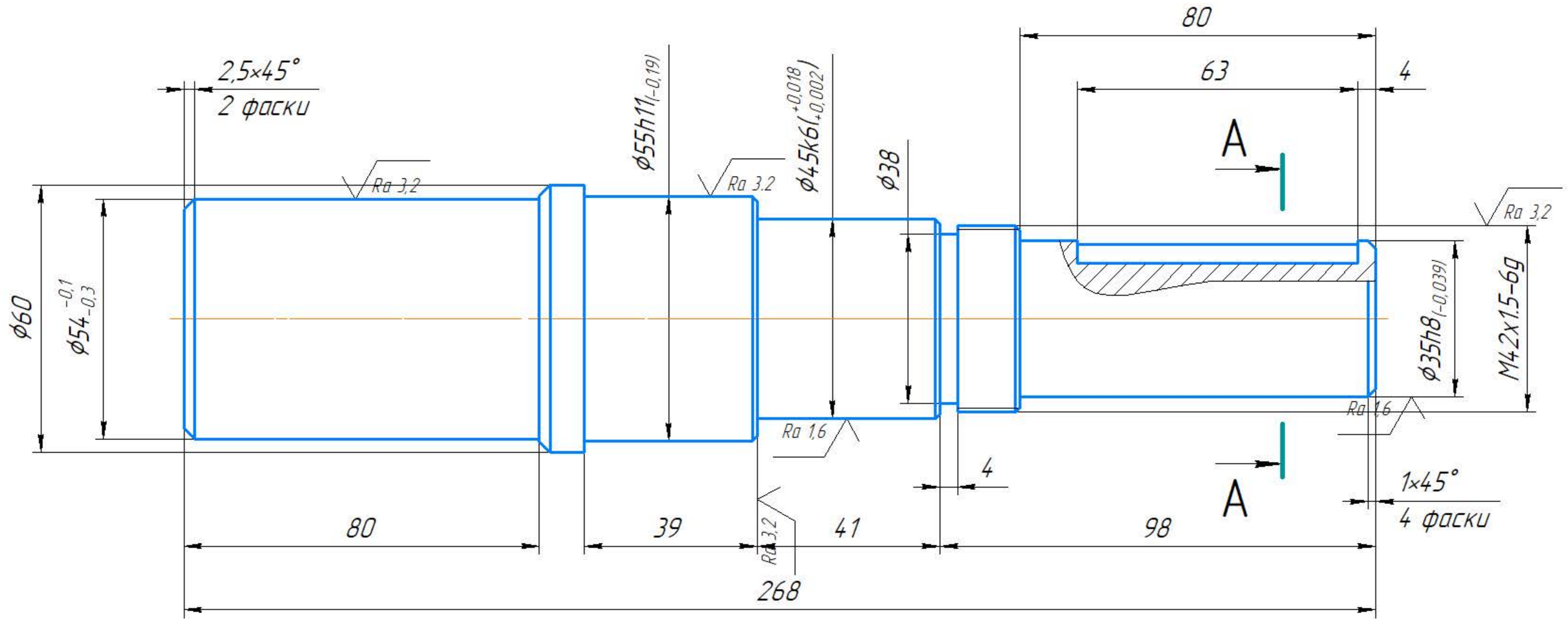
Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Шпильовий		
Проб.		Онопа		
Т.контр.				
Н.контр.		Мачок		
Утв.		Лещенко		

3M 00.500.605

√ 6,3 (√)



- Невказані граничні відхилення: для отворів - H14, валів - h14, для інших поверхонь $\pm \frac{IT14}{2}$.
- Невказана твердість 50...55 HRCe
- * Розмір для довідок.

				3M 00.500.605		
				Цапфа права		
				Лист	Маса	Масштаб
					1,25	1:1
				Лист Листов		
				Сталь 35 ГОСТ 1050-88		
				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1,2		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

