

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Вал-шестерня редуктора»

Виконав (ла): студент (ка) IV курсу, групи МВс-41
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

Керівник

(підпис)

Івасечко М.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Гагалюк А.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Крупа В.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.
(прізвище та ініціали)

« » 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Івасечку Максиму Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Вал-шестерня редуктора»

Керівник роботи старший викладач кафедри ВІ, ГАГАЛЮК Андрій Валерійович, к.т.н
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» січня 2024 року № 4/7-76.

2. Термін подання студентом завершеної роботи до 21 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний кресленник деталі «Вал-шестерня редуктора», базовий технологічний процес виготовлення деталі, річна програма випуску 4900 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, 1. Аналітичний розділ: аналіз завдання, призначення деталі, характеристика матеріалу деталі та заготованки, визначення типу та організаційної форми виробництва характеристика типу виробництва.

2. Технологічний розділ: аналіз методу отримання заготовки, вибір базування, проектування маршруту оброблення, підбір верстатного обладнання та інструментального забезпечення, аналітичний розрахунок припусків і режимів різання для однієї ТО (для решта ТО табличним методом),

3. Конструкторський розділ: розроблення та розрахунок пристосувань для ТО.

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Висновки. Перелік посилань. САПР. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) Креслення заготовки «Вал-шестерня» - Іарк.ф.А3, Робоче креслення деталі «Вал шестерня» - Іарк.ф.А2, креслення деталі «Вал шестерня» із позначеннями оброблюваних поверхонь - Іарк.ф.А2, Карта налагодження верстата мод. 16Б16Ф3 для оброблення деталі "Вал-шестерня" Іарк.ф.А2, РТК обробки деталі "Вал-шестерня" на ТО 015 і 020, Кінематична схема вертикально-фрезерного верстата 6Р13Ф3 – Іарк.ф.А1, Коробка швидкостей вертикально-фрезерного верстату 6Р13Ф3 – Іарк.ф.А1, Пристосування спеціальне для фрезерування шпонкового паза на 025 операції – Іарк.ф.А1

АНОТАЦІЯ

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі вал-шестерня редуктора // Кваліфікаційна робота бакалавра. Івасечко Максим Юрійович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2024.

Ключові слова: вал-шестерня, технологічний процес, різальний інструмент, базова поверхня, база, чорнова обробка, чистова обробка, фрезерування

В кваліфікаційній роботі виконано технологічні розрахунки щодо оптимального вибору заготовки деталі «Вал-шестерня редуктора», підбрано верстатне обладнання та інструментальне забезпечення для технологічного процесу обробки деталі, розраховано спеціальне пристосування для технологічної операції «шпонко-фрезерна».. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

IVASECHKO Maksym. Machine tool and tool support for the processing of the gearbox shaft-gear part. Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2024. Key words: gear shaft, technological process, cutting tool, base surface, base, rough treatment, finishing treatment, milling

In the qualification work, technological calculations were performed regarding the optimal selection of the workpiece for the shaft-gear part of the reducer", machine tool equipment and instrumental support for the technological process of processing the part were selected, a special device for the technological operation of "key-milling" was calculated. The issues of labor protection and life safety were resolved.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНОТАЦІЯ					
Розробив		Івасечко М.Ю.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Гагалюк А.В.							4	
Рецензент								<i>ТНТУ ім. І.Пулюя, гр.МВс-41</i>		
Н. контр.		Кобельник В.Р.								
Зав.каф.		Крупа В.В.								

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Аналіз завдання	8
1.2 Характеристика об'єкту виробництва.....	8
1.3 Огляд літератури	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	12
2.1 Характеристика матеріалу деталі.....	12
2.2 Визначення типу виробництва і величини партії деталей	12
2.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки	14
2.4 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів.....	23
2.5 Верстатне забезпечення технологічних операцій	25
2.6 Розроблення технологічних операцій	26
2.7 Інструментальне забезпечення технологічних операцій.....	30
2.8 Вибір режимів різання	34
2.9 Нормування технологічних операцій.....	41
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	52
3.1 Верстатне забезпечення механічної обробки	52
3.1.1 Розрахунок граничних розмірів фрез.....	52
3.1.2 Вибір режимів різання	53
3.1.3 Розрахунок швидкостей різання.....	53
3.1.4 Визначення граничних частот обертання шпинделя.....	55
3.1.5 Ряд частот обертання шпинделя.....	55
3.1.6 Розрахунок сил різання і ефективної потужності різання	56

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ					
Розробив		Івасечко М.Ю.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Гагалюк А.В.						5		
Рецензент								<i>ТНТУ ім. І.Пулюя, гр.МВс-41</i>		
Н. контр.		Кобельник В.Р.								
Зав.каф.		Крупа В.В.								

3.2	Розробка структурно-кінематичної та кінематичної схем консольного вертикально-фрезерного верстата	58
3.2.1	Вибір типу коробки швидкостей	58
3.2.2	Вибір розташування приводного електродвигуна.....	58
3.2.3	Вибір структурної формули коробки швидкостей	58
3.2.4	Розробка попередньої кінематичної схеми привода	59
3.2.5	Побудова структурної сітки і графіки чисел обертів	60
3.2.6	Визначення передаточних відношень всіх передач коробки.....	60
3.2.7	Підбір чисел зубців коліс коробки	61
3.2.8	Перевірка частот обертання шпинделя	62
3.3	Розрахунок механізмів привода верстата	63
3.3.1	Розрахункова частота обертання.....	64
3.3.2	Визначення потужності на валах.....	65
3.3.3	3.3. Визначення крутного моменту на валах	66
3.3.4	Розрахунок діаметрів валів	67
3.3.5	Проектний розрахунок модуля зубчатих коліс	69
3.3.6	Розрахунок діаметрів зубчатих коліс та міжосьових відстаней	73
3.3.7	Розрахунок зубчатих коліс на контактну витривалість	74
3.3.8	Розрахунок валу на прогин	79
3.4	Обґрунтування вибраного оснащення на операцію	84
3.4.1	Призначення, будова і принцип роботи пристосування	84
3.4.2	Вибір схеми базування і розрахунок похибки базування.....	86
3.4.3	Розрахунок сили затиску	87
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	90
4.1	Характеристика виробничої дільниці з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці.....	90

4.2	Розрахунок захисного заземлюючого пристрою для цеху, чи обладнання, що проектується (його схема).	93
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	101
	ДОДАТКИ	111

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

Машинобудування, як галузь науки і виробництва створює шляхи і напрями розвитку багатьох дотичних галузей, які є показником розвитку та престижу. Це формує інтелектуальний потенціал держави, що дозволяє впливати на глобальні процеси, розвивати власну економіку та бути виробничо незалежними.

Для сучасного стану машинобудування характерне підвищення економічних та науково-технічних вимог, які обумовлені розширенням номенклатури та інтенсифікацією виробництва, збільшенням складності деталей, підвищенням вимог до якості машин та їх надійності. Фактичним вирішенням зазначених завдань є високий професійний рівень операторів з ЧПК та зростання автоматизації виробництва.

Автоматизація виробництва – це комплексне завдання, котре нероздільно пов'язане зі створенням продуктивнішого обладнання, удосконалення технологічних процесів, організації виробництва та нових методів управління.

Завершальним етапом навчання за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування є виконання та захист кваліфікаційної роботи бакалавра. Темою роботи є «Верстатне та інструментальне забезпечення технологічного процесу механічної обробки вал – шестерня редуктора», яка полягає у підборі, аналізі вибору заготовки, аналізі і модернізації технологічного процесу виготовлення деталі, підборі необхідного металообробного обладнання та вимірювального інструменту для певних технологічних умов виробництва.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Івасечко			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Гагалюк А.В.				7	
Рецензент					ВСТУП		
Н. контр.		Кобельник В.Р.			ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41		
Зав.каф.		Крупа В.В.					

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз завдання

Вали є єдиними із тих деталей, котрі дозволяють передавати крутний момент від джерела енергії та обертання до виконавчих механізмів через циліндричні прямозубі, косозубі, шевронні, конічні прямозубі та гіпоїдні зубчасті зачеплення. Вали є несучими деталями на яких монуються вищеперлічені зубчасті колеса і через шпонку передають крутний момент.

Іноді через конструктивні особливості або габарити зубчастого зачеплення неможливо виготовити вал окремо від шестерні, без погіршення вимог міцності тому їх виготовляють за одне ціле із валом. До переваг такого конструктивного виконання є здешевлення вартості отримання заготовки та механічного оброблення, збільшення міцності, а до недоліків – нижча ремонтпридатність.

Деталі типу вал або вал-шестерня виготовляють по типовому технологічному процесі

1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Вал-шестерня є деталлю одноступінчастого циліндричного редуктора (рис.1.1). Ця деталь передає крутний момент через шків, що кіпиться у лівій її частині через клиновий пас від електродвигуна. Обертання з валу електродвигуна передається клиновим ременем на шків, який закріплено на швидкохідному валу шпонкою.

Деталь має форму циліндрично-ступінчастого циліндра з шпонковим пазом, лискою і зубчатим вінцем. За формою та конструктивними ознаками її відносять до тіл обертання із елементами зубчастого зачеплення. Деталь має достатньо типову конструкцію що у подальшому дозволить використовувати для

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Івасечко			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Гагалюк А.В.				8	
Рецензент					<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41</i>		
Н. контр.		Кобельник В.Р.					
Зав.каф.		Крупа В.В.					

її виготовлення типовий технологічний процес.

Аналізуючи кресленик деталі з призначеності, точності та шорсткості поверхонь, можна виділити основні (функціональні) та допоміжні поверхні для механічного оброблення.

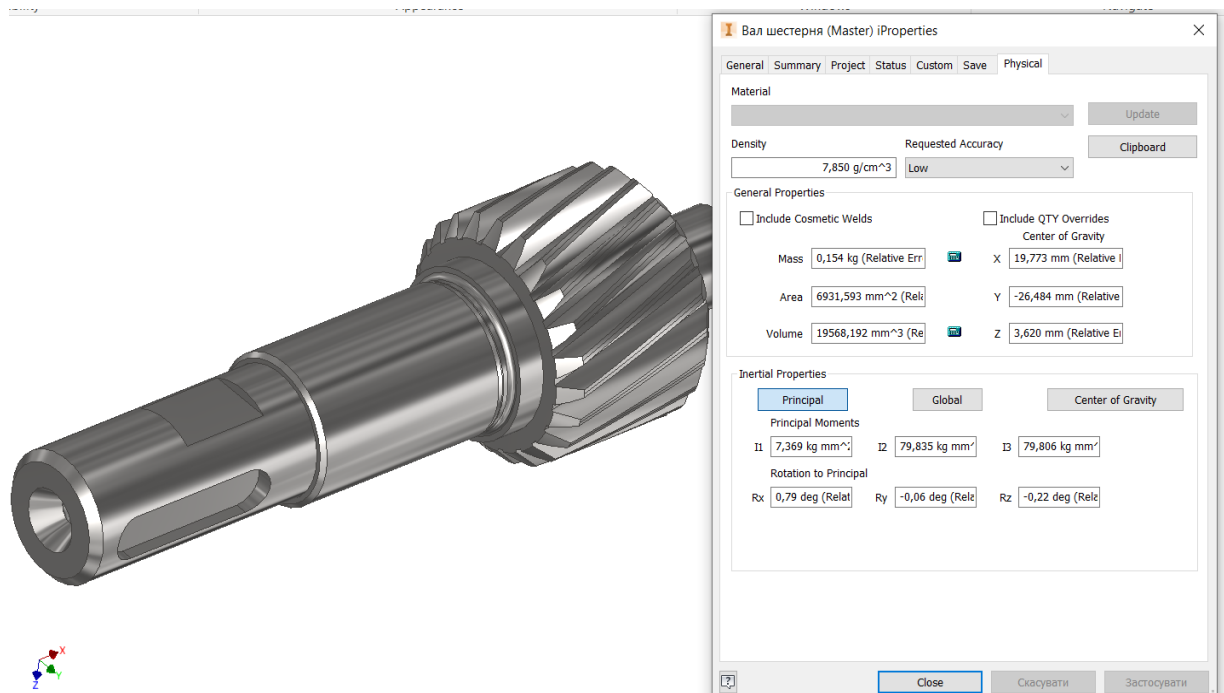


Рис. 1.1 Вал-шестерня редуктора

Основні поверхні:

- зовнішня циліндричну поверхню Ø15k6 з шорсткістю Ra 1,6 мкм, котра призначена для монтування шарикопідшипника 202 ДСТУ ГОСТ 8338:2008;
- зовнішню циліндричну поверхню Ø10k6 з шорсткістю Ra 1,6 мкм, котра призначена для монтування шарикопідшипника 200 ДСТУ ГОСТ 8338:2008;
- зовнішню циліндричну поверхню Ø14m6 з шорсткістю Ra 1,6 мкм, котра призначена для монтування на неї шківів;
- зубчастий вінець Ø26 з шорсткістю Ra 6,3, який входить в зачеплення з іншим зубчастим колесом редуктора;
- шпонковий паз шириною $6P9\left(\begin{smallmatrix} -0,012 \\ -0,042 \end{smallmatrix}\right)$ мм на глибину $3,5^{+0,12}$ мм;
- зовнішні розвантажувальні канавки призначені для виходу шліфувального кола – тип E1,2 × 0,2; l = 2,5 мм, ДСТУ ISO 18388:2018

						КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

Допоміжні поверхні:

- центрувальний отвір без запобіжної канавки (тип ISO 866-A 3,15/6,7) ДСТУ ISO 866:2018 (замість ДСТУ ГОСТ 14034:2008).

Усі технічні вимоги до поверхонь за ступенем важливості подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Технічні вимоги до виконання поверхонь вал-шестерні

Номер поверхні	Назва і розміри поверхні	Точність поверхні, IT	Шорсткість, мкм
1, 15	Торцеві поверхні на довжину 88 _{-0,87} мм	14	Ra 12,5
2	Центрувальний отвір без запобіжної канавки (тип А) ДСТУ ISO 866:2018; кут 60°;	12	Ra 12,5
3, 14	Дві зовнішні фаски 1 × 45°	14	Ra 12,5
4	Зовнішня циліндрична поверхня довжиною 9 мм і $\varnothing 10k6^{(+0,01}_{+0,001)}$ мм.	6	Ra1,6
5, 11	Зовнішні розвантажувальні канавки тип E1,2 × 0,2 на довжину 2,5 мм	14	Ra12,5
6	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 12h14_{(-0,43)}$ мм на довжину $l=2$ мм.	14	Ra12,5
7	Зовнішня циліндрична поверхня для нарізування косих зубів $\varnothing 26h11_{(-0,13)}$ мм на довжину $l=20$ мм.	11	Ra6,3
8, 9	Фаска 2 × 45° - 2 шт.	14	Ra12,5
10	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$ мм на довжину $l=2$ мм.	14	Ra12,5
12	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 15k6^{(+0,012}_{+0,001)}$ мм на довжину $l=25$ мм.	6	Ra1,6
13	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 14m6^{(+0,018}_{+0,007)}$ мм на довжину $l=29$ мм.	6	Ra1,6
16	Центрувальний отвір без запобіжної канавки (тип А 3,15/6,7) на $l=5$ мм.	12	Ra12,5 Ra2,5
17	Отвір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14$ мм під різь М4-6Н	12	Ra6,3
18	Внутрішня різь на М4 × 0,7 – 6Н на $l=12$ мм.	(7)	Ra6,3
19	Шпонковий паз шириною $6P9^{(-0,012}_{-0,042)}$ мм на глибину $3,5^{+0,12}$ мм	9	Ra3,2

КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ

Арк.

10

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовж.табл 1.1

20	Лиска $13h12(-_{0,18})$ мм на довжину $l=10$ мм	12	Ра6,3
21	Косозубчаста поверхня $z = 23$; $m= 1$; діаметр ділильного кола $\Phi 26h6(-_{0,13})$ мм	6	Ра6,3

1.3 Огляд літератури

Деталь «Вал-шестерня редуктора» виготовляється із Сталі 45. Це зумовлено вимогами до деталі. Тип виробництва залежить від програми випуску, що впливає на спосіб виготовлення та використовуване обладнання. У залежності від типу виробництва його можна обробляти на універсальних верстатах або на верстатах з ЧПК [1]. Форма деталі дозволяє забезпечити 75% - 80% усієї обробки на одному токарному верстаті з ЧПК. Для програмування обробки необхідно, щоб робочі креслення відповідали вимогам ДСТУ [30]. Використання сучасних САПР [3, 16, 19, 56, 70] значно пришвидшує проектування, написання програм для верстатів з ЧПК. Конструктивно, будь-який вал повинен мати шпонкові пази для передавання крутного моменту. Ці поверхні виготовлюються фрезеруванням шпонковою фрезою [55]. Процеси різання процеси займають значне місце у наукових дослідженнях кафедри ВІ, зокрема [11, 17, 26-29, 34-41, 50]. В роботах [18, 31, 55] розглядаються конструкції сучасних адаптивних систем різання, процесу різання та його вплив на процес різання. Верстати повинні забезпечувати достатню жорсткість [2, 4] несучих систем, міцність [22], точність позиціонування інструменту відносно заготовки [46, 49]. Технологічна підготовка виробництва, включно із розробленням технології виготовлення визначають спосіб обробляння [47], тип інструментів [5] і МРВ [27-29, 45]. Матмоделювання є важливим методом вирішення проблем, але й запобігають [5-12] новим. Прогнозування розвитку верстатів дозволяє, з певною долею ймовірності перебачити перспективи, про що описано в [18, 24, 57-64]. Оскільки верстати, як і багато інших механізмів, мають значну кількість рухомих вузлів, особливо важливим є вивчення їх взаємовпливу на точність оброблення [21, 42, 44], особливо в динаміці [13]. У роботі також розглядаються питання екологічної проблематики [20], охорони праці [25], цивільної безпеки [65] і БЖД [14].

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристика матеріалу деталі

Деталь «Вал-шестерня» виготовлена із Сталі 45 ДСТУ 7809:2015 згідно кресленника деталі. Характеристики матеріалу наведено у табл.2.1 і табл.2.2. згідно ДСТУ 7809:2015 [].

Таблиця 2.1 Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015

C, %	Si, %	Mn, %	Cr не більше, ніж, %
0,42 – 0,5	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	0,25

Таблиця 2.2 Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Межа текучості, σ_T , МПа	Тимчасовий опір розриву σ_B , МПа	Відносне звуження ψ , %	Відносне видовження δ_5 , %	Густина ρ , г/см ³	Твердість, HRC
355	600	30	6	7,82	50 – 60

2.2 Визначення типу виробництва і величини партії деталей

Тип виробництва визначають за величиною коефіцієнта закріплених операцій або табличним орієнтуючись на річну програму виготовлення $N = 4900$ шт. і ваги деталі $m_d = 0,154$ кг по таблиці 2.4. Вагу деталі визначаємо з використанням САПР Autodesk Inventor.

Попередньо прийнятний тип виробництва – середньосерійний. Організаційно-технологічні характеристики середньосерійного типу виробництва:

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Івасечко			2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ		
Перевірів		Гагалюк А.В.					
Рецензент							
Н. контр.		Кобельник В.Р.					
Зав.каф.		Крупа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						12	
					<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41</i>		

Таблиця 2.3 Залежність типу виробництва від річного об'єму і випуску (шт.) і маси деталей

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей		
	Важких	Середніх	Легких
	> 30 кг	8 - 30 кг	< 8 кг
Одиничне	< 5	< 10	< 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Середньoserійне	100 – 300	200 – 500	500 - 5000
Крупносерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 - 50000
Масове	> 1000	> 5000	> 50000

Даному типу виробництва характерно:

- форма організації виробничого процесу - предметно-потокова;
- розміщення верстатів – за ходом тех процесу;
- кваліфікація робітників – різна;
- повторюваність операцій – періодична;
- технологічні процеси – типові, маршрутно-операційні;
- технологічне обладнання – універсальне та спеціалізоване;
- оснащення - універсальне і збірно-розбірне;
- різальний інструмент - універсальний і спеціальний;
- вимірювальний інструмент – калібри, шаблони;
- заготовки -прокат, відливки, штамповки, кованки;
- методи досягнення точності – методом часткової взаємозамінності;
собівартість продукції – середня.

Величину оптимальної партії деталей визначаємо за формулою 1.1 [] С.16:

$$n = \frac{N \cdot a}{F} \quad (1.1)$$

$$n = \frac{4900 \cdot 5}{262} = 93,5 \approx 94 \text{ шт.}$$

$N = 4900$ шт. – річна програма випуску деталей згідно завдання;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

a – необхідний запас деталей на складі для безперервної роботи складального цеху, днів; приймаємо 5 днів;

$F = 262$ дн. – згідно законодавства чисельність робочих днів в 2024 році;

2.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Доцільність методу отримання заготовки деталі визначається техніко-економічним обґрунтуванням і розрахунком коефіцієнта використання матеріалу. Як правило приймають дешевшу заготовку, проте це не завжди доцільно, оскільки вартість механічної обробки іноді може бути вищою.

Для порівняння приймаємо два метода отримання заготовки сортамент і штампованку:

1. Прокат – круг 30-В ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006(EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT), прокат гарячекатаний, круглий, діаметром 30 мм, звичайної точності прокатки В1 згідно ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006(EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT), марки сталі 45 ДСТУ 7809:2015, групи якості поверхні ЗГП, варіант механічних властивостей 2. Довжина прокату - 4 м. Різання прокату на штучні заготовки здійснюється на круглопилльному верстаті.

2. Штамповка на кривошипному гарячостампувальному пресі (відкрита штамповка). Згідно таблиць [45] С. 67 встановлюємо для другого методу отримання заготовки клас точності, групу сталі та ступінь складності штамповки. Отже, клас точності штамповки на кривошипному гарячостампувальному пресі – Т4 С. 67, табл. Е 9.5;

Група сталі – М2 – сталь із масовою долею вуглецю більше 0,35% і сумарною масовою долею легуючих елементів більше 2,0 % до 5,0 % включно. Ступінь складності штамповки є однією з конструктивних характеристик форми штамповок і використовується при визначенні припусків і допусків. Ступінь складності визначають шляхом обчислення відношення об'єму (маси) $m_{ш}$ штамповки до об'єму (маси) $m_{ф}$ простої геометричної фігури, в яку вписується форма штамповки:

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

$$C = \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\text{ф}}} \quad (1.2)$$

При визначенні розмірів фігури штамповки необхідно збільшувати габаритні лінійні розміри деталі в 1,05 рази.

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{д}} \cdot k_p \quad (1.3)$$

де $k_p = 1,3$ – коефіцієнт для визначення орієнтовної розрахункової маси штамповки;

$$m_{\text{д}} = 0,154 \text{ кг}$$

Тоді

$$m_{\text{ш}} = 0,154 \cdot 1,3 = 0,2 \text{ кг}$$

Змоделюємо заготовку з прокату і отримаємо її масові характеристики (рис.1.2).

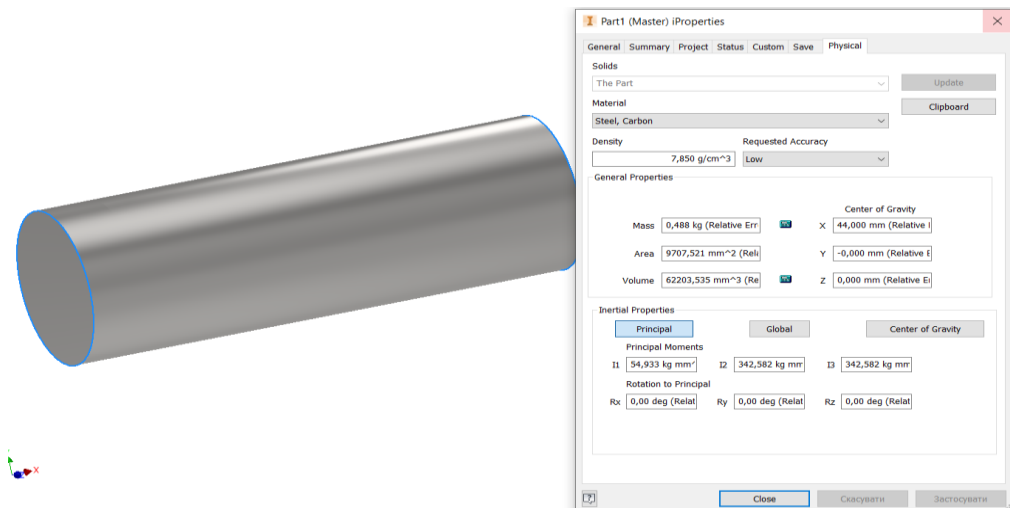


Рис. 2.1 Масові характеристики заготовки з прокату

$m_{\text{ф}} = 0,488 \text{ кг}$ – маса заготовки з прокату;

де $V_3 = 62203,54 \text{ г/см}^3$ об'єм заготовки з прокату;

$\rho = 7,82 \text{ г/см}^3$ - густина сталі.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

Звідки визначаємо групу складності штамповки:

$$C = \frac{0,2}{0,488} = 0,41$$

Згідно [7] С. 66, табл. Е 9.4, $C = 0,37$ штамповка відноситься до другого ступеня складності С2. Визначаємо вихідний індекс заготовки за таблицями [15]. Для Т4, М2, С2 та $m_{ш} = 0,2$ кг вихідний індекс – 9.

Для визначення розмірів штамповки табличним методом призначимо загальні припуски на механічну обробку її поверхонь. Для визначення маси штамповки використаємо ескіз (рис. 1.3). Призначені загальні табличні припуски заносимо в таблицю 1.

Таблиця 2.4 Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із відхилами
Торцеві поверхні 88 _{-0,87}	Ra 12,5	1,4	1,5×2=3	91±0,7
Зовнішня циліндрична поверхня під зубчастий вінець Ø26h11 _(-0,13)	Ra 6,3	1,6	2×2=4	Ø30 ^{-0,4} _{-0,7}

2) Штамповка на кривошипному гарячощтампувальному пресі Т4, М2, С2.

Вихідний індекс 9.

Зовнішня циліндрична поверхня Ø18h14 _(-0,43)	Ra 12,5	1,2	1×2=2	Ø20 ^{+0,8} _{-0,4}
---------------------------------------------------------	---------	-----	-------	-------------------------------------

продовж.табл. 2.5

Зовнішня циліндрична поверхня під зубчастий вінець Ø26h11 _(-0,13)	Ra6,3	1,2	1,3×2=2,6	Ø28,6 ^{+0,8} _{-0,4}
------------------------------------------------------------------------------	-------	-----	-----------	---------------------------------------

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 12h14_{(-0,43)}$	Ra12,5	1,2	$1 \times 2 = 2$	$\varnothing 14_{-0,4}^{+0,8}$
Торцева зовнішня поверхня $11 \pm 0,2$	Ra12,5	1,2	1	$11_{-0,4}^{+0,8}$
Торцева зовнішня поверхня $20_{(-0,52)}$	Ra12,5	1,2	1	$22_{-0,4}^{+0,8}$
Торцеві поверхні $88_{-0,87}$	Ra 12,5	1,4	$1 \times 2 = 2$	$90_{-0,5}^{+0,9}$

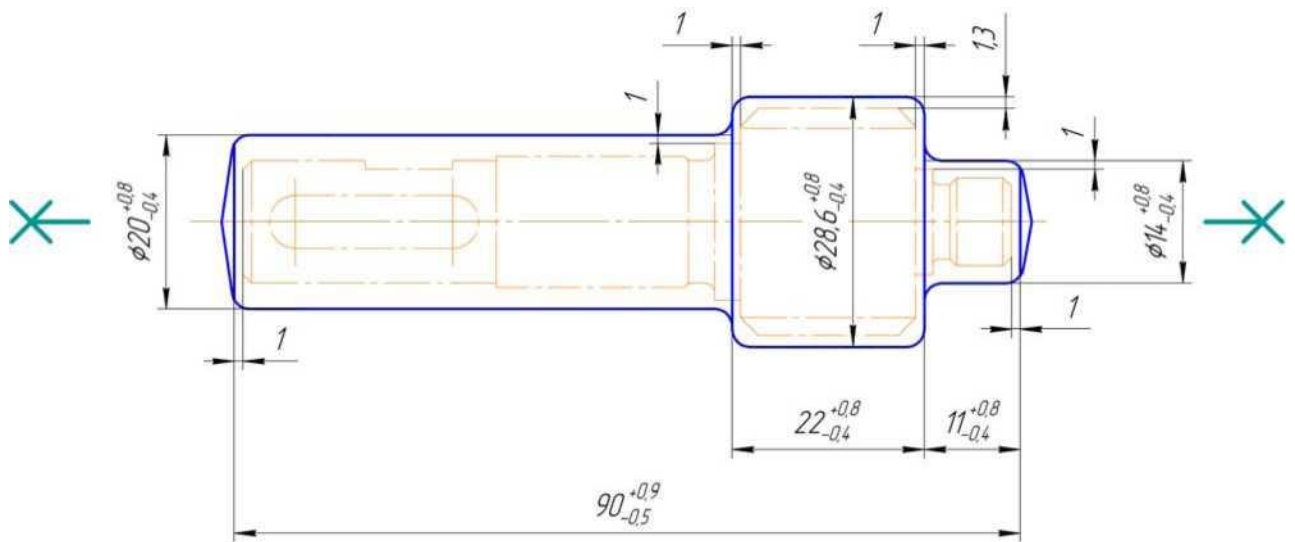


Рис. 2.2 Ескіз штамповки

При розрахунку маси заготовки із прокату необхідно враховувати розхід матеріалу на одну деталь із врахуванням технологічних витрат – $Q_{т.в.}$, кг.

Технологічні витрати матеріалу на деталь, яку виготовляють із прокату складаються із:

- неkratності довжини прокату – залишку довжини від прийнятої довжини прокату по стандарту, що визначається за формулою:

$$L_{нк} = L_{пр} - x \cdot (L_{заг} + L_p) \quad (1.4)$$

де $L_{пр} = 4000$ мм – довжина прийнятого прокату по стандарту;

x - число заготовок, які виготовляються із прийнятої довжини прокату, шт.;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$x = \frac{L_{\text{пр}}}{L_{\text{заг}} + L_{\text{р}}} \quad (1.5)$$

$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + 2a$ – довжина заготовки із врахуванням назначених загальних припусків на підрізку торців $2a$; $2a = 3$ мм.

$L_{\text{р}} = 6,5$ мм – ширина різку інструмента – дискової пили діаметром 510 мм.

Тоді, довжина заготовки із врахуванням загальних припусків на підрізку торців складе:

$$L_{\text{заг}} = 88 + 3 = 91 \text{ мм}$$

Отримане значення підставляємо у формулу (1.5) Відповідно обраховуємо кількість заготовок:

$$x = \frac{4000}{91 + 6,5} = 41,05 \approx 41 \text{ шт.}$$

Відповідно приймаємо 41 шт.

Знайдені числові значення підставляємо у формулу (2.5) і отримуємо результат:

$$L_{\text{нк}} = 4000 - 41 \cdot (91 + 6,5) = 2,5 \text{ мм}$$

Визначаємо розхід матеріалу на заготовку із врахуванням всіх технологічних втрат за формулою:

$$Q_{\text{тв}} = \frac{Q_1 \cdot (100 + B_{\text{заг}})}{100} \quad (1.6)$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

$$Q_1 = 0,488 \text{ кг} - \text{маса заготовки з прокату (рис.1.2)}$$

Визначаємо загальні витрати матеріалу (%) при виготовленні деталей з прокату:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{нк}} \quad (1.7)$$

де $V_{\text{заг}}$ – загальні витрати матеріалу (%) при виготовленні деталей з прокату;

$V_{\text{нк}}$ – витрати матеріалу на некратність, (%);

$$V_{\text{нк}} = \frac{L_{\text{нк}} \cdot 100}{L_{\text{пр}}} \quad (1.8)$$

Підставляючи отримані раніше значення у формулу (2.11) знаходимо витрати матеріалу на некратність:

$$V_{\text{нк}} = \frac{2,5 \cdot 100}{4000} = 0,06 \%$$

Отже, загальні витрати матеріалу (%) при виготовленні деталей з прокату становлять $V_{\text{нк}} = 0,06 \%$. Підставляємо знайдені числові значення у формулу (1.6) та отримуємо значення витрат матеріалу на заготовку із врахуванням всіх технологічних втрат:

$$Q_{\text{ТВ}} = \frac{0,488 \cdot (100 + 0,06)}{100} = 0,488 \text{ кг}$$

Визначаємо об'єм і масу для другого методу отримання заготовки:

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

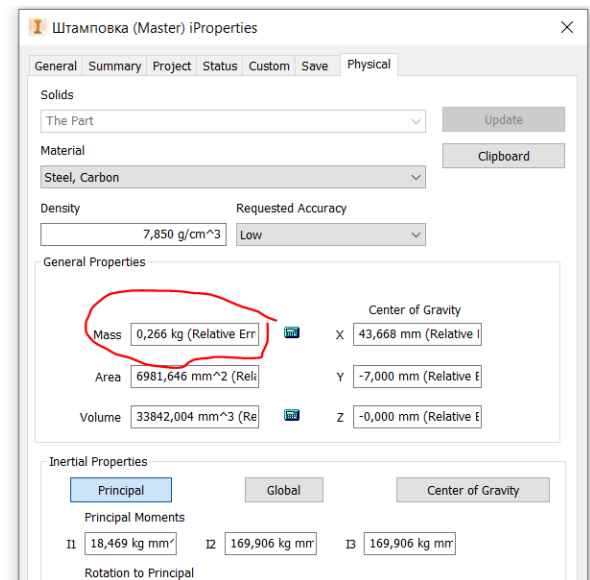
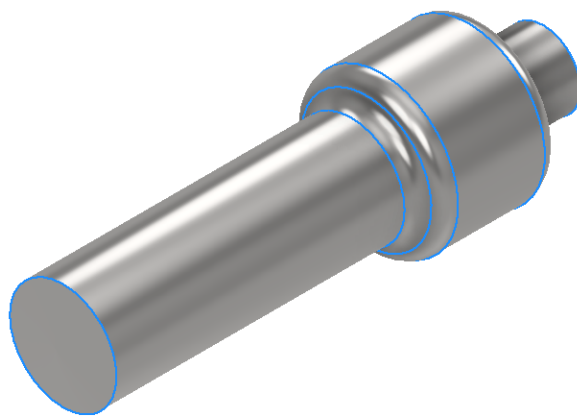


Рис. 2.3 Масові характеристики штамповки

Визначаємо собівартість заготовки з прокату за формулою:

$$C_{\text{заг1}} = \frac{Q_{\text{т.в.}} \cdot S - (Q_{\text{т.в.}} - q) \cdot S_{\text{відх}}}{1000} \quad (1.9)$$

де $S = 42500 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$ – ціна 1 т. металопродукту круг Ø30 Сталь 45;

$S_{\text{відх}} = 4000 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$. - базова ціна 1 т. відходів;

$Q_{\text{т.в.}} = 0,488 \text{ кг}$ – маса заготовки із врахуванням всіх технологічних втрат;

$q = 0,154 \text{ кг}$ – маса деталі згідно креслення деталі.

$$C_{\text{заг1}} = \frac{0,488 \cdot 42500 - (0,488 - 0,154) \cdot 4000}{1000} = 19,404 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість поковки за формулою:

$$C_{\text{заг2}} = \left(\frac{C_6 \cdot Q \cdot K_{\text{п}}}{1000} \right) - \left(\frac{S_{\text{відх}}}{1000} \right) \cdot (Q - q) \quad (1.10)$$

де $C_6 = 43500 \text{ грн.}$ – базова ціна 1 т. штамповок;

$S_{\text{відх}} = 4000 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$. - базова ціна 1 т. відходів;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$Q_{т.в.} = 0,266$ кг – маса заготовки із врахуванням всіх технологічних втрат;

$q = 0,154$ кг – маса деталі згідно креслення деталі.

$K_{п}$ – загальний поправочний коефіцієнт на собівартість поковки;

$$K_{п} = K_{тк} \cdot K_{ск} \cdot K_{мк} \cdot K_{пк} \cdot K_{вк} \quad (1.11)$$

де $K_{тк} = 1,23$ – коефіцієнт, що враховує точність штамповки;

$K_{ск} = 1$ – коефіцієнт, що враховує конструктивно-технологічну складність штамповки;

$K_{мк} = 1$ – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу (для вуглецевої конструкційної сталі);

$K_{пк} = 1$ – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу (для вуглецевої конструкційної сталі);

$K_{вк} = 1,7$ – коефіцієнт, що враховує масу штамповки.

$$K_{п} = 1,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,7 = 2,09$$

$$C_{заг2} = \left(\frac{43500 \cdot 0,266 \cdot 2,09}{1000} \right) - \left(\frac{4000}{1000} \right) \cdot (0,266 - 0,154) = 23,735 \text{ грн.}$$

Визначаємо технологічну собівартість деталі як суму технологічної собівартості заготовки $C_{заг}$ і технологічної собівартості механічної обробки $C_{м.о.}$:

$$C_{д} = C_{заг} + C_{м.о} \quad (1.12)$$

$C_{заг}$ – технологічна собівартість заготовки, грн.;

$C_{м.о.}$ – технологічна собівартість механічної обробки, грн.;

$$C_{м.о} = C_{стр} \cdot (Q - q) \quad (1.13)$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

$C_{стр} = 20$ грн. – витрати на механічну обробку, віднесені до 1 кг стружки у відповідності до галузі машинобудування, для якої спроектований технологічний процес.

Визначаємо собівартість механічної обробки для двох заготовок:

$$C_{м.01} = 20 \cdot (0,488 - 0,154) = 6,68 \text{ грн}$$

$$C_{м.02} = 20 \cdot (0,266 - 0,154) = 2,24 \text{ грн}$$

Визначаємо технологічну собівартість деталей по наведених варіантах згідно формули (1.12):

- прокату: $C_{д1} = 19,404 + 6,68 = 26,084$ грн;
- поковка: $C_{д2} = 23,735 + 2,24 = 25,975$ грн;

Висновок: виходячи із результатів розрахунків собівартості деталі, виготовлення заготовки з штамповки є дешевшим.

Оцінювання ефективності використання матеріалу.

Для оцінювання ефективності використання матеріалу необхідно визначити коефіцієнт використання матеріалу для двох заготовок за формулою:

$$K_{в.м.} = \frac{q}{Q} \quad (1.14)$$

$$K_{в.м.1} = \frac{0,154}{0,488} = 0,315$$

$$K_{в.м.2} = \frac{0,154}{0,266} = 0,578$$

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки штамповки є вищим ніж для прокату. Для остаточного прийняття рішення щодо вибору оптимального

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

методу отримання заготовки заповнюємо порівняльну таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 Порівняльна таблиця

Назва позиції	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	Прокат	Штамповка
Собівартість деталі, грн.	26,08	25,97
$K_{в.м.}$	0,315	0,578

На підставі порівняльної таблиці бачимо, що заготовка – штамповка є дешевшою, але незначно. $K_{в.м.} = 0,578$. Таким чином, другий варіант заготовки приймаємо для подальшої розробки технологічного процесу.

2.4 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів

Визначення міжопераційних та проміжних припусків на обробку поверхонь виконуємо табличним методом згідно таблиць [7] на оброблювані поверхні. Даний пункт виконуємо заповнюючи таблицю 2.8.

Таблиця 2.6 Розрахункові припуски і розміри табличним методом на механічну обробку поверхонь

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорст - кість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 14m6^{(+0,018}_{+0,007)}$; $l=29$					
Шліфування чистове	6	Ra1,25	0,011	$0,04 \times 2 = 0,08$	$\varnothing 14^{(+0,018}_{+0,007)}$
Шліфування напівчистове	8	Ra2,5	0,027	$0,11 \times 2 = 0,22$	$\varnothing 14,08_{-0,027}$
Напівчистове точіння	11	Ra 6,3	0,11	$0,2 \times 2 = 0,4$	$\varnothing 14,03_{-0,011}$
Чорнове точіння	14	Ra 12,5	0,43	$0,65 \times 2 = 1,3$	$\varnothing 14,7_{-0,043}$

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Зняття напуску (два проходи)	14	Ra 12,5	0,43	1,0×2=2 1,0×2=2	Ø16 _{-0,43} Ø18 _{-0,43}
Заготовка	4 клас точності штамповк и	Rz 80	1,2	3×2 = 6	Ø20 ^(+0,8) _(-0,4) ;
Зовнішня циліндрична поверхня Ø15k6 ^(+0,012) _(+0,001) ; l=25					
Шліфування чистове	6	Ra1,25	0,011	0,04×2=0,08	Ø15k6 ^(+0,012) _(+0,001) ;
Шліфування напівчистове	8	Ra2,5	0,027	0,11×2= 0,22	Ø15,08 _{-0,027}
Напівчистове точіння	11	Ra 6,3	0,11	0,2×2=0,4	Ø15,03 _{-0,011}
Чорнове точіння за два проходи	14	Ra 12,5	0,43	0,5×2 = 1,0 0,65×2 = 1,3	Ø15,7 _{-0,43} Ø16,7 _{-0,43}
Заготовка (попередньо оброблена поверхня)	14	Ra 12,5	0,43	1,5×2 = 3	Ø18 _{-0,43}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø10k6 ^(+0,010) _(+0,001) ; l=9					
Шліфування чистове	6	Ra1,25	0,009	0,04×2 = 0,08	Ø10 ^(+0,01) _(+0,001)
Шліфування напівчистове	8	Ra2,5	0,022	0,11×2 = 0,22	Ø10,08 _{-0,022}
Напівчистове точіння	11	Ra 6,3	0,09	0,2×2 = 0,4	Ø10,3 _{-0,09}
Чорнове точіння (два проходи)	14	Ra12,5	0,36	0,65×2 = 1,3 1,0×2 = 2,0	Ø10,7 _{-0,36} Ø12 _{-0,36}
Заготовка	4 клас точності штамповк и	Rz 80	1,2	2×2= 4	Ø14 ^(+0,8) _(-0,4)
Торцева зовнішня поверхня 20 _{-0,52}					
Точіння напівчистове	14	Ra12,5	0,52	0,4×2=0,8	Ø20 _{-0,52}
Точіння чорнове	15	Ra12,5	0,84	0,6×2=1,2	Ø20,8 _{-0,84}

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Заготовка	4 клас точності штаповк и	Rz 80	1,2	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 22 \begin{matrix} (+0,8) \\ (-0,4) \end{matrix}$
-----------	------------------------------------	-------	-----	----------------------	---------------------------------------------------------------

2.5 Верстатне забезпечення технологічних операцій

Попередній вибір обладнання проводимо паралельно при розробці маршруту обробки деталі відповідно до типу виробництва – середньосерійного згідно таблиці [6] С. 16, табл.9.

Вибір пристосування здійснюємо використовуючи дані, наведені в літературі []

Результати роботи по даному пункту оформляємо у вигляді таблиці 2.6

Таблиця 2.7 Вибір обладнання та оснащення

Номер і назва ТО	модель верстату	Пристосування
005 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. EM535M	Пристосування лещатного типу з гідрозатиском з комплекту верстата
010 Свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2	Пристосування універсально-збірне з базуванням заготовки на дві призми із упором в торець з пневмозатиском
015 Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК моделі 16Б16Т1 з системою ЧПК WL4Т	Центр повідковий зовнішній КМ3 з комплекту верстата Центр обертовий зовнішній КМ5 ГОСТ 8742-75
020 Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК моделі 16Б16Т1 з системою ЧПК WL4Т	Центр повідковий зовнішній КМ3 з комплекту верстата Напівцентр ГОСТ 2576-79
025 Фрезерна	фрезерний напівавтомат мод. 6P13Ф3	Пристосування спеціальне з базуванням заготовки на дві призми із затиском в центрах
030 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат мод. 6P82Г	Пристосування універсально-збірне з базуванням заготовки на дві призми із упором в торець з пневмозатиском

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

035 Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат мод. 53A20B	Центр 7032-0029 КМ4 ГОСТ 13214-79 Центр А-І-5-Н ГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0039 ГОСТ 2578-70
040 Кругло- шліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний верстат з ЧПК ЗМ151Ф2	Центр упорний передній КМ6 ГОСТ 18259-72, Хомутик повідковий для шліфувальних робіт ГОСТ 16488- 70; Центр упорний задній КМ6 ГОСТ 18259-72
045 Термічна	Установка СВЧ	Індуктор
050 Шліфувальна	Центрошліфувальний верстат мод. МВ119	Пристосування при верстаті
055 Кругло- шліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний верстат з ЧПК ЗМ151Ф2	Центр упорний передній КМ6 ГОСТ 18259-72, Хомутик повідковий для шліфувальних робіт ГОСТ 16488- 70; Центр упорний задній КМ6 ГОСТ 18259-72
060 Зубошліфувальна	Зубошліфувальний верстат мод. 5В833	Центр 7032-0029 КМ4 ГОСТ 13214-79 Центр А-І-5-Н ГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0039 ГОСТ 2578-70

2.6 Розроблення технологічних операцій

Проведемо розробку операційної технології на обробку деталі «Вал-шестерня»

Операція 005 Фрезерно-центрувальна

- 1 Встановити заготовку, закріпити.
- 2 Фрезерувати торцеві поверхні 1, 15 одночасно, витримуючи розмір 88_0,87.
- 3 Центрувати два центрових отвори одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 2,0^{+0,10}$; $\varnothing 6,3^{+0,15}$; $2,54H12(^{+0,1})$; $1,92H12(^{+0,1})$; 60° .
- 4 Зняти деталь.

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

5 Перевірити розмір: $88_{-0,87}$. Контроль 30%.

Операція 010 Свердлильна з ЧПК

1 Встановити заготовку, закріпити.

2 Свердлити отвір 17 під різь М4-7Н, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l = 14$.

3 Цекувати отвір 22, витримуючи розмір $\varnothing 4,3^{+0,12}$; $l=4$.

4 Зенкувати фаску в центровому отворі 16, витримуючи розміри 60° ; $l=2,4$.

5 Зенкувати фаску в центровому отворі 16, витримуючи розміри $\varnothing 8,2^{+0,15}$; 120° .

6 Нарізати різь 18 в центровому отворі 16, витримуючи розміри М4-7Н; $l=12$.

7 Зняти деталь.

8 Перевірити розмір: $\varnothing 8,2^{+0,15}$; 120° ; М4-7Н; $l=12$. Контроль 30%.

Операція 015 Токарна з ЧПК.

1 Встановити заготовку, закріпити.

2 Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 10 з остаточною підрізанням торця, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 7 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 18_{-0,43}$; $\varnothing 26,6_{-0,52}$; $21_{-0,52}$.

3 Точити остаточно зовнішню фаску 14, точити попередньо зовнішні циліндричні поверхні 13, 12 за два проходи, точити остаточно зовнішню фаску 8 послідовно по програмі, витримуючи розміри $2 \times 45^\circ$; $\varnothing 14,7_{-0,43}$; $\varnothing 15,7_{-0,43}$; $2,8 \times 45^\circ$.

4 Точити остаточно (під шліфування) зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 7 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 14,3_{-0,11}$; $\varnothing 15,3_{-0,11}$; $\varnothing 26_{-0,13}$.

5 Точити остаточно канавку 11, витримуючи розміри:

6 $b = 3 \pm 0,1$; $\varnothing 14_{-0,43}$; $R0,5$; $R1$; 45° град.

7 Зняти деталь.

8 Перевірити розміри: $\varnothing 18_{-0,43}$; $\varnothing 14,3_{-0,11}$; $\varnothing 15,3_{-0,11}$; $\varnothing 26_{-0,13}$; $\varnothing 14_{-0,43}$;

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2×45°; b=3±0,1; R0,5; R1; 45° Контроль 30%.

Операція 020 Токарна з ЧПК.

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Точити остаточно зовнішню фаску 3, зовнішню циліндричну поверхню з остаточною підрізанням торця, зовнішню фаску 9, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 4 послідовно по програмі, витримуючи розміри 2×45°; Ø12_{-0,36}; l=11; 2×45°; Ø10,7_{-0,36}; l=9.
3. Точити остаточно (під шліфування) зовнішню циліндричну поверхню 4, витримуючи розміри Ø10,3_{-0,09}; l=9.
4. Точити остаточно канавку 5, витримуючи розміри b=2±0,1; Ø8,5_{-0,36}; R0,5; R1; 45°.
5. Зняти деталь.
6. Перевірити розміри: Ø18_{-0,43}; Ø14,3_{-0,11}; Ø15,3_{-0,11}; Ø26_{-0,13}; b=3±0,1; Ø14_{-0,43}; R0,5; R1; 45°. Контроль 30%.

Операція 025 Фрезерна

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Фрезерувати шпонковий паз 19, витримуючи розміри 6P9 ($\square^{0,012}$); 3,5^{+0,12}.
3. Зняти деталь.
4. Перевірити розміри: 6P9 ($\square^{0,012}$); 3,5^{+0,12}. Контроль 30%.

Операція 030 Горизонтально-фрезерна

- 1 Встановити заготовку, закріпити.
- 2 Фрезерувати лиску 20, витримуючи розміри 13h12_(-0,18); l=10; ∟ 90°
- 3 відносно шпонкового паза.
- 4 Зняти деталь.
- 5 Перевірити розміри: 13h12_(-0,18); ∟ 90°; l=10. Контроль 30%.

Операція 035 Зубофрезерна

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Фрезерувати зуби зубчастого вінця 21, витримуючи розміри z=23; m=1; ділительний діаметр Ø24.
3. Зняти деталь.

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

4. Перевірити розміри: $\varnothing 24$; $z=23$; $m=1$. Контроль 30%.

5. Операція 040 Круглошліфувальна з ЧПК

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Шліфувати попередньо зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 4, витримуючи розміри $\varnothing 14,08_{-0,027}$; $\varnothing 15,08_{-0,027}$; $\varnothing 10,08_{-0,022}$.

3. Зняти деталь.

4. Перевірити розмір: $\varnothing 14,08_{-0,027}$; $\varnothing 15,08_{-0,027}$; $\varnothing 10,08_{-0,022}$. Контроль 30%.

Операція 045 Термічна

Загартувати зуби на глибину 0,5 мм...1 мм, Сe40...45.

Операція 050 Центрошліфувальна

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Шліфувати фаски центрових отворів 2, 16, витримуючи розміри 60° .

3. Зняти деталь.

4. Перевірити розмір: 60° . Контроль 30%.

Операція 055 Круглошліфувальна з ЧПК

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Шліфувати остаточно зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 4, витримуючи розміри $\varnothing 14_{+0,018}^{+0,007}$; $\varnothing 15_{+0,012}^{+0,001}$; $\varnothing 10_{+0,01}^{+0,001}$

3. Зняти деталь.

4. Перевірити розмір: $\varnothing 14_{+0,018}^{+0,007}$; $\varnothing 15_{+0,012}^{+0,001}$; $\varnothing 10_{+0,01}^{+0,001}$; Ra 1,6. Контроль 30%.

Операція 060 Зубошліфувальна

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Шліфувати профіль зубів (зубчастий вінець) 21, витримуючи розміри ділильний діаметр $\varnothing 24$; $\varnothing 26_{-0,13}$; $z=23$; $m=1$.

3. Зняти деталь.

Перевірити розмір: $\varnothing 14_{+0,018}^{+0,007}$; $\varnothing 15_{+0,012}^{+0,001}$; $\varnothing 10_{+0,01}^{+0,001}$; Ra 1,6. Контроль 30%.

Операція 065 Контроль.

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7 Інструментальне забезпечення технологічних операцій

Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту виконуємо згідно таблиць [5] С. 380, табл. 54; [15] С. 221, С. 256; [14]. Результати вибору оформляємо у вигляді таблиці 2.9.

Таблиця 2.8 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту

Номер, назва операції, переходу	Інструмент		
	Ріжучий	Допоміжний	Вимірювальний
005 Фрезерно-центрувальна			
Перехід 2			
Фрезерувати торцеві поверхні 1, 15 одночасно, витримуючи розмір $88_{-0,87}$	Фреза торцева насадна $D=100$; $z=10$; $B=39$; $d(H7)=32$; T15K6 ГОСТ 94735-80	Втулка перехідна 6103-0008 ГОСТ 13790-68 Оправка з торцевою шпонкою 6220-0156 ГОСТ 13041-67	Штангенциркуль ШЦ-Ш-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Перехід 3			
Центрувати два центрових отвори одночасно, в розміри $\varnothing 2,0^{+0,10}$; $\varnothing 6,3^{+0,15}$; $60^\circ 2,54H12^{(+0,1)}$; $1,92H12^{(+0,1)}$;	Свердло центровальне $d = 2,0$; $D = 8$; $L = 52,5$; 60° ДСТУ ISO 866:2018	Патрон свердлильний із комплекту верстата	Штангенглибиномір ШГ 0-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
010 Свердлильна з ЧПК			
Перехід 2			
Свердлити отвір 17 під різь М4-7Н, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14$	Свердло спіральне $d=3,3$; $L=65$; $l=36$ ДСТУ ISO 235:2018	Патрон цанговий 1-50-3,3-90 ГОСТ 26539-85	Штангенглибиномір ШГ 0-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Перехід 3			
Цекувати отвір 22, витримуючи розмір $\varnothing 4,3^{+0,12}$; $l=4$	Цеківка циліндрична $d=4,3$; $d_{ц}=3,3$; $L=56$; $l=10$; $d_1=4,3$ спеціальна	Патрон цанговий 1-50-4,3-90 ГОСТ 26539-85	Калібр-пробка двосторонній двограничний $\varnothing 4,3$ спеціальний
Перехід 4			
Зенкувати фаску в центровому отворі 16,	Зенківка конічна $1,6 \times 60^\circ$; $\varnothing 8$; $L =$	Патрон цанговий 1-50-8-90	Штангенциркуль ШЦ-Ш-160-0,05

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

витримуючи розміри 60°; l=2,4	48 ДСТУ ISO 15065:2009	ГОСТ 26539-85	ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
----------------------------------	---------------------------	---------------	-----------------------------

Продовж.табл. 2.8

Перехід 5			
Зенкувати фаску в центровому отворі 16, витримуючи розміри $\varnothing 8,2^{+0,15}$; 120°	Зенківка конічна 2,5×120°; $\varnothing 12,5$; L = 48 ГОСТ 14953-80	Патрон цанговий 1-50-12,5-90 ГОСТ 26539-85	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Перехід 6			
Нарізати різь 18 в центровому отворі 16, в розміри М4-7Н; l=12	Мітчик М4; Р=0,7; L=53; l=13 ГОСТ 3266-81	Патрон регульований різьонарізний 191221029А d = 3,3; L = 65; D = 65; l = 167 ТУ 2-035-975-85 Мітчикотримач 191221029А/020 (М4) D = 27; d = 19; L = 46 ТУ 2-035-975-85	Калібр-пробка різевий 8221-3028 7Н ГОСТ 17758-72 (М4-7Н)

015 Токарна з ЧПК			
Перехід 2 Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 10 з остаточною підрізанням торця, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 7 послідовно по програмі, в розміри $\varnothing 18-0,43$; $\varnothing 26,6-0,52$; 21-0,52	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, Т5К10, 25×25, $\varphi=93^\circ$ ГОСТ 20872-80	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Перехід 3			
Точити остаточно зовнішню фаску 14, точити попередньо зовнішні циліндричні поверхні 13, 12 за два проходи, точити остаточно зовнішню фаску 8 послідовно по програмі, в розміри 2×45°; $\varnothing 14,7-0,43$; $\varnothing 15,7-0,43$; 2,8×45°	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, Т5К10, 25×25, $\varphi=93^\circ$ ГОСТ 20872-80	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Кутомір універсальний тип 4-10 ГОСТ 5378-66

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Продовж.табл. 2.8

Перехід 4			
Точити остаточно канавку 5, витримуючи розміри $b=2\pm 0,1$; $\square 8,5_{-0,36}$; R0,5; R1; 45°	Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки $b=2$; R0,5; R1,0; 25×16; T5K10	Різцетримач циліндричним хвостовиком перпендикулярним відкритим пазом 191711103 ТУ 2-024-5539-81	з з ним
Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Шаблон спеціальний ($b=2\pm 0,1$; R0,5; R1; 45°)			

025 Фрезерна

Перехід 2

Фрезерувати шпонковий паз 19, витримуючи розміри 6P9 ($+0,012$); 0,042 3,5+0,12	Фреза бє8 для фрезерування паза $l=11$; $L=55$; $z=2$ ГОСТ 9140-78	Цанговий патрон 1-50-6-90 ГОСТ 26539-85	Калібр-призма 6P9, $d=14$ 8314-0076 ГОСТ 24114-80 Калібр для контролю глибини паза 3,5 $+0,12$ спеціальний
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

030 Горизонтально-фрезерна

Перехід 2

Фрезерувати лиску 20, витримуючи розміри 13h12($-0,18$); $l=10$; $\perp 90^\circ$ відносно шпонкового паза	Фреза пазова $D=100$; $z=16$; $B=10$; $d=32$ ГОСТ 8543-71	Оправка з комплекту верстата $d=32$	Шаблон спеціальний ($b=10^{+0,36}$)
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

035 Зубофрезерна

Перехід 2

Фрезерувати зуби зубчастого вінця 21, витримуючи розміри $z=23$; $m=1$; ділительний діаметр $\varnothing 24$	Фреза черв'ячна $m=1$; $d_{oa}=71$; $d=32$; $L=71$; $z_o=16$ ГОСТ 9324-80	Оправка для фрезерування з комплекту верстата	Штангензубомер ШЗ-18 ТУ 2-034-773-84 Калібр комплексний спеціальний
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

040 Круглошліфувальна з ЧПК

Перехід 2

Шліфувати попередньо зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 4, витримуючи розміри $\varnothing 14,08_{-0,027}$; $\varnothing 15,08_{-0,027}$; $\varnothing 10,08_{-0,022}$	Круг шліфувальний ПП600×80×305 25A 40НСМ2 5K8 50м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-78
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	------------------------------

045 Термічна

Загартувати зуби на глибину 0,5 мм...1 мм, HRCe40...45

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

050 Центрошліфувальна

Перехід 2

Шліфувати фаски центрових отворів 2, 16, витримуючи розміри 60°	Шліфувальна головка EW10x25 24A 25 C2 6 K A 35м/с ГОСТ2447-825	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Калібр спеціальний
-----------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	--------------------

055 Круглошліфувальна з ЧПК

Перехід 2

Шліфувати остаточно зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 4, витримуючи розміри $\varnothing 14^{(+0,018)}_{(+0,007)}$; $\varnothing 15^{(+0,012)}_{(+0,001)}$; $\varnothing 10^{(+0,010)}_{(+0,001)}$;	Круг шліфувальний ПП600×80×305 25A 40НСМ2 5K8 50м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Індикатор ИРБ ГОСТ 5584-75 Прилад спеціальний Калібри-скоби односторонні двохграничні ($\varnothing 10$) 8113-0023 ($\varnothing 14$) 8113-0106 ($\varnothing 15$) 8113-0107 ГОСТ 18360-93 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

060 Зубошліфувальна

Перехід 2

Шліфувати профіль зубів (зубчастий вінець) 21, витримуючи розміри ділильний діаметр $\varnothing 24$; $\varnothing 26_{-0,13}$; $z=23$; $m=1$	Шліфувальний профільний круг ПП250x16x76 25АПСМ15К43 5М/С2КЛА	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Комплексний калібр-втулка Мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-78 для вимірювання внутрішнього діаметра і товщини зубів
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.8 Вибір режимів різання

Представимо обґрунтування режимів різання табличним методом для другого переходу 010 Свердлильної з ЧПК.

Перехід 2. Свердлити отвір 17 під різь М4-7Н, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14$.

Різальний інструмент: свердло спіральне $d = 3,3$; $L = 65$; $l = 36$

ДСТУ ISO 235:2018.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

1) Визначаємо глибину різання для свердління за формулою:

$$t = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 3,3 = 1,65 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо довжину робочого ходу інструменту:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ}} + l_{\text{підв}} + l_{\text{вріз}} + l_{\text{пер}} \quad (2.20)$$

де $l_{\text{різ}} = 14$ мм – довжина різання на даному переході;

$l_{\text{підв}} = 2$ мм – довжина підводу;

$l_{\text{вріз}} = 2$ мм – довжина врізання інструменту ;

$$L_{\text{р.х.}} = 14 + 2 + 2 = 18 \text{ мм}$$

3) Визначаємо подачу при свердлінні за формулою:

$$S_o = S_{\text{табл}} \cdot K_{lS} \quad (2.21)$$

Де $S_{\text{табл}} = 0,12$ мм/об – табличне значення подачі, мм/об;

$K_{lS} = 0,9$ при $l \leq 5D$ – поправочний коефіцієнт на подачу, в залежності від довжини свердління;

$$S_o = 0,12 \cdot 0,9 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

4) Вибираємо період стійкості інструменту з таблиць [6] С. 280, табл.30.

$$T_m = 20 \text{ хв.}$$

5) Визначаємо швидкість різання:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_{VM} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VЗ} \cdot K_{VT} \cdot K_{V1} \cdot K_{VЗ} \cdot K_{V1} \cdot K_{VW} \cdot K_{VП} \quad (2.22)$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

де V_T – табличне значення швидкості різання, хв;

$K_{VM} = 1,3$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки; для сталі 45 [11];

Усі решта коефіцієнтів, що враховують застосування МОР (для сталі з охолодженням), стан поверхні заготовки – без кірки; матеріал інструмента; для швидкорізальної сталі; форму заточки інструменту, для свердла; довжину робочої частини, свердла; стійкість інструменту та покриття інструментального матеріалу; при обробці сталі 45 свердлом без покриття дорівнюють одиниці

$$V = 20 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 20,6 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

б) Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (2.23)$$

де $D = 3,3$ мм – діаметр свердла;

$$n = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 3,3} = 2500 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

7) Звіряємо отримано частоту з паспортними даними верстата: $n_d = 1400 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

8) Корегуємо швидкість різання із врахуванням n_d :

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} \quad (2.24)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 3,3 \cdot 1400}{1000} = 14,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

9) Визначаємо силу різання P_z :

$$P_z = \frac{P_{\text{табл}}}{K_{\text{рм}}} \quad (2.25)$$

де $P_{\text{табл}} = 1156 \text{ Н}$ - табличне значення сили різання;

$K_{\text{рм}} = 1,3$ - поправочний коефіцієнт на силу різання, який враховує вплив матеріалу заготовки для Сталі 45.

$$P_z = \frac{1156}{1,3} = 889 \text{ Н} \quad (2.26)$$

10) Визначаємо потужність різання за формулою

$$N_{\text{різ}} = \frac{N_{\text{табл}}}{K_{\text{Нм}}} \quad (2.27)$$

$N_{\text{табл}} = 0,4 \text{ кВт}$ – табличне значення потужності різання;

$K_{\text{Нм}} = 1,3$ – поправочний коефіцієнт на потужність різання, який враховує вплив матеріалу заготовки; для сталі 45

$$N_{\text{різ}} = \frac{0,4}{1,3} = 0,31 \text{ кВт}$$

11) Виконаємо перевірку потужності приводу верстата для обробки деталі на даному переході. Необхідно, щоби виконувалась умова:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}$$

$N_{\text{шп}}$ – потужність шпинделя верстата, кВт;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta \quad (2.28)$$

Де $N_d = 3,7$ кВт – потужність приводу головного руху верстата мод. 2P135Ф2

$\eta = 0,8$ – коефіцієнт корисної дії верстата.

$$N_{\text{шп}} = 3,7 \cdot 0,8 = 2,96 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ}} = 0,31 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 2,96 \text{ кВт}$$

Як видно з умови обробка можлива.

12) Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}} \cdot i}{S_o \cdot n} \quad (2.29)$$

$i = 1$ – кількість отворів.

$$T_o = \frac{18 \cdot 1}{0,11 \cdot 1400} = 0,12 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків режимів різання зводимо у таблицю

Таблиця 2.9 -зведені режими різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t , мм	L , мм	i	T_m , хв.	S , $\frac{\text{мм}}{\text{об.}}$	n , $\frac{\text{об.}}{\text{хв.}}$	V , $\frac{\text{м}}{\text{хв.}}$	S_m , мм/хв.	T_o , хв.	N , кВт
005Фрезерно-центрувальна										
Перехід 2 Фрезерувати торцеві поверхні 1, 15 одночасно, в розмір 88- _{0,87}	1	120	1	120	0,04 мм/зу б	1100	345,4	440	0,27	5,4

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						38

Перехід 3 Центрувати два центрових отвори одночасно, в розміри 02, $^{+0,10}$; 06,3 $^{+0,15}$; 2,54H12($^{+0,1}$); 1,92H12($^{+0,1}$); 60°	1	7,46	1	15	0,03	900	12,2	27	0,35	0,58
010 Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2										
Свердлити отвір 17 під різь М4-7Н, в розміри 03,3 $^{+0,16}$; $\neq 14$	1,65	18	1	20	0,11	1400	14,5	154	0,12	0,31
Перехід 3										
Цекувати отвір 22, в розмір 04,3 $^{+0,12}$; $\neq 4$	0,5	7	1	20	0,2	1400	18,9	280	0,03	0,22
Перехід 4										
Зенкувати фаску в центровому отворі 16, в розміри 60°; $\neq 2,4$	1,1	8,2	1	30	0,06	1000	25,1	60	0,14	0,3
Перехід 5										
Зенкувати фаску в центровому отворі 16, в розміри 08,2 $^{+0,15}$; 120°	0,85	4,5	1	40	0,06	500	19,6	30	0,15	0,25
Перехід 6										
Нарізати різь 18 в центровому отворі 16, в розміри М4-7Н; $\neq 12$	0,606	28,1	1	10	0,7	640	8	448	0,06	0,05
015 Токарна з ЧПК										
Перехід 2	1	86,3	1	60	0,6	1120	63,3	672	0,13	2,44
Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 10 з 1 остаточною підрізанням торця, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 7 послідовно по програмі, в розміри 018_0,43; 026,6-052; 21_0,52	1,3						93,5			
Перехід 3										
Точити остаточно зовнішню фаску 14, точити попередньо зовнішні циліндричні поверхні 13, 12 за два проходи, точити остаточно зовнішню фаску 8 послідовно по програмі, в розміри 2x45^ 014,7-0,43; 015,7_0,43; 2,8x45°	2 1 0,65 0,5 2,8	65,7	2	60	0,6	1120	51,7 55,2 93,5	672	0,2	5,0

КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ

Арк.

39

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Перехід 4	0,2	88,7	1	60	0,3	1400	62,9	420	0,21	0,6
Точити остаточно (під шліфування) зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 7 послідовно по програмі, в розміри 014,3_О,11; 015,3_О,11; 026_О,13	0,3						67,3 114,3			
Перехід 5										
Точити остаточно канавку 11, в розміри B=3±0,1; 014_о,43; R0,5; R1; 45°	0,85	6	1	60	0,1	1800	79,1	180	0,03	0,47
020 Токарна з ЧПК										
Перехід 2 Точити остаточно зовнішню фаску 3, зовнішню циліндричну поверхню 6 з остаточною підрізанням торця, зовнішню фаску 9, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 4 послідовно по програмі, в розміри 2x45°; 012-о,36; /=11; 2x45°; 01°,7-о,36; /=9	2 1 0,65	24	2	60	0,6	2240	84,4	1344	0,04	2,98
Перехід 3										
Точити остаточно (під шліфування) зовнішню циліндричну поверхню 4, в розміри 01°,3-о,09; /=9	0,2	21	1	60	0,3	3350	108,3	1005	0,02	0,28
Перехід 4										
Точити остаточно канавку 5, в розміри B=2±0,1; 08,5_о,36; R0,5; R1; 45°	0,9	5,9	1	60	0,1	2800	74,7	280	0,02	0,45
025 Фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати шпонковий паз 19, витримуючи розміри 6P9(-0,012); 3,5 ^{+0,12}	0,3	18	12	40	0,1 мм/ зуб	1000	18,8	20	1,44	0,8
030 Горизонтально-фрезерна										
Перехід 2										
Фрезерувати лиску 20, в розміри 13M2(_о,18); /=10; _90° відносно шпонкового паза	1	22,2	1	50	0,05	250	78	200	0,11	1,82
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ

Арк.

40

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

035 Зубофрезерна										
Перехід 2										
Фрезерувати зуби зубчастого вінця 21, в розміри z=23; т=1; ділильний діаметр 024	3,3	55	23	160	1,44	160	40	230,4	2,45	1,52
040 Круглошліфувальна з ЧПК										
Перехід 2										
Шліфувати попередньо- зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 4, витримуючи розміри 014,08_°,27; 015,08_0,027; 010,08_0,022	0,11	173	1	-	Зп= 0,025 мм/хід Зо = 12 мм/об	160	У\$.кол. =15 м/хв Уз.позд. 3 м/хв	-	0,43	3,3
045 Термічна										
Загартувати зуби на глибину 0,5 мм.1 мм, HRCe40.45										
050 Центрошліфувальна										
Перехід 2										
Шліфувати фаски центрових отворів 2, 16, в розміри 60°	0,01	9,67	2	-	-	50	24	100	0,19	-
055 Круглошліфувальна з ЧПК										
Перехід 2										
Шліфувати остаточно зовнішні циліндричні поверхні 13, 12, 4, в розміри 014+0,007 ; 015+ ^{0,01} 2. 010+ ^{0,010} ^ 1 +0,001 ' 1 и+0,001	0,04	173	1	-	Зп= =0,005 мм/хід Зо = 8 мм/об	147	У s.кол. = 30 м/хв У s.позд 5 м/хв	-	1,7	-
060 Зубошліфувальна										
Перехід 2										
Шліфувати профіль зубів (зубчастий вінець) 21, в розміри ділильний діаметр 024; 026_0,13; z=23; т=1	0,02	58,6	6 ход. x23	-	з = '-'рад =0,02 мм/ дв хід Зп= =0,6 мм/ дв хід	1500 об/хв	19,6 м/с	10м/хв	1,62	-

2.9 Нормування технологічних операцій

На 015 операцію – токарну з ЧПК розрахунок технічних норм часу проводимо

розрахунково-аналітичним методом. На інші операції розраховуємо

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						41

штучний час по наближених формулах:

Норма штучного часу для верстатів з ЧПК визначається за формулою:

$$T_{шт} = (T_{ц.а} + T_{доп}) \cdot \left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (2.30)$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу;

$T_{ц.а}$ – час циклу автоматичної роботи верстата по програмі;

$$T_{ц.а} = T_{о.а} + T_{доп.а} \quad (2.31)$$

де $T_{о.а}$ – основний час автоматичної роботи верстата;

$$T_{о.а} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_{хв,i}} \quad (2.32)$$

L_i – довжина обробки i -тої технологічної ділянки з розрахунком врізання і перебігу, мм;

$S_{хв,i}$ – хвилинна подача на даній ділянці, мм/хв;

$T_{доп.а}$ – допоміжний автоматичний час (підвід, прискорений відвід інструменту, переміщення механізмів і т.д.);

$$T_{доп.а} = T_{доп.а.i} + T_{доп.а.х.х} \quad (2.34)$$

де $T_{доп.а.i}$ – машино-допоміжний час на автоматичну зміну інструмента, хв. (задано в паспорті верстата);

$$T_{доп.а.i} = (T_{пов.} + T_{фікс.}) \cdot K \quad (2.35)$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

де $T_{пов.}$ – час повороту різцевої головки на одну позицію, хв;

Згідно паспортних даних верстата мод. 16Б16Т1 $T_{пов.} = 1 \text{ с} = 0,016 \text{ хв}$.

$K = 3$ – кількість робочих позицій;

$T_{фікс.} = 1 \text{ с} = 0,016 \text{ хв}$ – час фіксації різцевої головки, хв;

$T_{доп.а.х.х}$ - час на виконання автоматичних допоміжних ходів (підвід деталі або інструменту від “нуля програми”, технологічні паузи), хв;

$$T_{доп.а.х.х} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{х.х.i}}{S_{хв.приск}} \quad (2.36)$$

де $L_{х.х.i}$ - довжина автоматичного допоміжного ходу, мм, яка визначається по РТК (траєкторії);

$S_{хв.приск} = 5000 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$ - хвилинна подача прискореного ходу по двох координатах одночасно, мм/хв;

$T_{доп}$ - допоміжний час ручної роботи, що не перекривається автоматичною;

$$T_{доп} = T_{доп.вст} + T_{доп.пер} + T_{доп.вим} \quad (2.37)$$

$T_{доп.вст}$ – час на встановлення і знімання деталі, хв.;

$T_{доп.пер}$ - час, пов'язаний з перемиканням, регулюванням тощо), хв;

$T_{доп.вим}$ – час на контрольні виміри, хв;

$$k = \alpha_{тех.обсл} + \beta_{орг.обсл} + \gamma_{відп} \quad (2.38)$$

де $\alpha_{тех.обсл}$ – час технічного обслуговування робочого місця в %;

$\beta_{орг.обсл}$ – час організаційного обслуговування робочого місця в %;

$\gamma_{відп}$ – час на відпочинок в %.

Операція 015. Токарна з ЧПК.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

1. Визначаємо основний час автоматичної роботи верстата згідно проведених раніше розрахунків:

$$T_{o.a} = 0,13 + 0,2 + 0,21 + 0,03 = 0,57 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо складові допоміжного автоматичного часу:

$$T_{\text{доп.а.і}} = (0,016 + 0,016) \cdot 3 = 0,1 \text{ хв.}$$

визначаємо час на виконання автоматичних допоміжних ходів за формулою (2.35)

$$T_{\text{доп.а.х.х}} = \frac{782}{5000} = 0,16 \text{ хв.}$$

Згідно паспорту верстата $S_{\text{хв.прискор.}}$ по двох координатах одночасно приймаємо 5000 мм/хв. Отже, допоміжний автоматичний час буде становити:

$$T_{\text{доп.а.}} = 0,1 + 0,16 = 0,26 \text{ хв.}$$

3. Час циклу автоматичної роботи верстата по програмі складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = 0,57 + 0,26 = 0,83 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо допоміжний час ручної роботи, що не перекривається автоматичною за формулою (2.24).

4.1 Час на встановлення і зняття деталі $T_{\text{доп.уст.}} = 0,23 \text{ хв.};$

4.2. Час, пов'язаний з операцією визначаємо згідно таблиці

- встановлення заданого взаємного положення деталі та інструменту по координатах X, Z і при необхідності проведення підналагодження: $t_1=0,32 \text{ хв};$
- перевірити прихід інструменту в задану точку після обробки: $t_2=0,15$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

хв;

- встановити і зняти щиток від забризкування емульсією: $t_3 = 0,03$ хв.

$$T_{\text{доп.вим.}} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв.}$$

Час на контрольні виміри $T_{\text{доп.вим.}}$

Розміри $\varnothing 18_{-0,43}$; $\varnothing 14,3_{-0,11}$; $\varnothing 15,3_{-0,11}$; $\varnothing 26_{-0,13}$ контролюємо штангенциркулем ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

Час на вимірювання $t_{1в} = 0,13 \cdot 4 = 0,52$ хв.

Розміри $b=3\pm 0,1$; $R0,5$; $R1$; 45° контролюємо спеціальним шаблоном ($b=3\pm 0,1$; $R0,5$; $R1$; 45°) – Час на вимірювання $t_{2в} = 0,06$ хв.

Розмір $2 \times 45^\circ$ контролюємо кутоміром універсальним тип 4-10 ГОСТ 5378-66 – $t_{3в} = 0,1$ хв.

$$T_{\text{доп.вим.}} = \sum t_{iв} = 0,52 + 0,06 + 0,1 = 0,68 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп.вим.дійсн}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 0,68 \cdot 0,3 = 0,2 \text{ хв.}$$

Тоді, допоміжний час складе:

$$T_{\text{доп.}} = 0,23 + 0,5 + 0,2 = 0,93 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час визначаємо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп.}} \quad (2.39)$$

де $T_{\text{ц.а.}}$ – час циклу автоматичної роботи верстата по програмі, хв;

$T_{\text{доп.}}$ – допоміжний час, хв;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

Оперативний час становить:

$$T_{оп} = 0,83 + 0,93 = 1,76$$

6. Визначаємо час на технічне, організаційне обслуговування та відпочинок і особисті потреби:

$k=7\%$ – час на технічне, організаційне обслуговування та відпочинок і особисті потреби в відсотках від $T_{оп}$.

7. Визначаємо норму штучного часу за формулою (2.30):

$$T_{шт} = 1,76 + \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 1,88 \text{ хв}$$

8. Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{пшт=к} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{n} \quad (2.40)$$

де $T_{пшт=к}$ – поштучно-калькуляційний час, хв.;

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

$n = 98$ шт. – величина партії деталей

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3} \quad (2.40)$$

$T_{п.з.}$ – норма часу на наладку і настройку верстату, хв.;

$T_{п.з.1}$ – норма часу на організаційну підготовку, хв.;

$T_{п.з.2}$ – норма часу на наладку верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв, хв.;

$T_{п.з.3}$ – норма часу на пробну обробку, хв.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

Визначаємо складові норми часу на організаційну підготовку:

$t_1=14$ хв. – отримати наряд, креслення, технологічну документацію, допоміжний інструмент, заготовки;

$t_2=2$ хв. – ознайомитися з роботою, кресленням, технологічною документацією, оглянути заготовку;

$t_3=2$ хв. – інструктаж майстра;

$$T_{п.3.1} = t_1 + t_2 + t_3 = 14 + 2 + 2 = 18 \text{ хв} \quad (2.42)$$

Визначаємо складові норми часу на наладку верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв:

$t_1 = 1,2$ хв. – встановити і зняти центра;

$t_2 = 0,2$ хв. – встановити вихідні режими роботи верстата;

$t_3 = 0,5 \cdot 3 = 1,5$ хв. – встановити і зняти інструмент в різцевій головці;

$t_4=1$ хв. – ввести програму в пам'ять системи ЧПК з програмоносія.

$t_5 = 0,2$ хв. – налаштувати пристрій для подачі МОР;

$$T_{п.3.2} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 1,2 + 0,2 + 1,5 + 1,0 + 0,2 = 4,1 \text{ хв.}$$

Визначаємо складові норми часу на пробну обробку деталі за формулою:

$$T_{п.3.3} = t_{пробн} \cdot k \quad (2.41)$$

де $t_{пробн} = 5,4$ хв. – табличне значення підготовчо-заключного часу на виготовлення пробної деталі;

$k = 1,0$ – поправочний коефіцієнт на підготовчо-заключний час, який залежить від марки оброблюваного матеріалу.

$$T_{п.3.3} = 5,4 \cdot 1 = 5,4 \text{ хв.}$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3} = 18 + 4,1 + 5,4 = 27,5 \text{ хв}$$

$$T_{пшт-к015} = 1,88 + \frac{27,5}{98} = 2,16 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час для інших операцій визначаємо за наближеною формулою:

$$T_{пшт-к} = \Psi_k \cdot (T_o + T_{доп.уст})$$

де Ψ_k – коефіцієнт штучного часу згідно

$T_{доп.уст}$ – допоміжний час на установлення та закріплення заготовки час.

Операція 005. Фрезерно-центрувальна.

Основний час: $T_o = 0,62$ хв.

Допоміжний час: $T_{доп.уст} = 0,08$ хв.

Для фрезерно-центрувальних верстатів в умовах середньосерійного типу виробництва: $\Psi_k = 1,84$

$$T_{пшт-к005} = 1,84 \cdot (0,62 + 0,08) = 1,29 \text{ хв.}$$

Операція 010 Свердлильна з ЧПК

Основний час: $T_o = 0,5$ хв.

Допоміжний час: $T_{доп.уст} = 0,08$ хв.

Для вертикально-свердлильних верстатів: $\Psi_k = 1,72$:

$$T_{пшт-к010} = 1,72 \cdot (0,5 + 0,08) = 1,0 \text{ хв.}$$

Операція 020 Токарна з ЧПК.

Основний час: $T_o = 0,08$ хв.

Допоміжний час: $T_{доп.уст} = 0,23$ хв

Для токарних з ЧПК верстатів: $\Psi_k = 2,14$:

$$T_{пшт-к020} = 2,14 \cdot (0,08 + 0,23) = 0,66 \text{ хв.}$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

Операція 025 Фрезерна

Основний час: $T_o = 1,44$ хв.

Допоміжний час: $T_{\text{доп.уст}} = 0,09$ хв

Для шпонково-фрезерних верстатів: $\Psi_k = 1,84$

$$T_{\text{пшт-к020}} = 1,84 \cdot (1,44 + 0,09) = 2,82 \text{ хв.}$$

Операція 030 Горизонтально-фрезерна

Основний час: $T_o = 0,11$ хв.

Допоміжний час: $T_{\text{доп.уст}} = 0,09$ хв

Для горизонтально-фрезерних верстатів: $\Psi_k = 1,84$

$$T_{\text{пшт-к030}} = 1,84 \cdot (0,11 + 0,09) = 0,37 \text{ хв.}$$

Операція 035 Зубофрезерна

Основний час: $T_o = 2,45$ хв.

Допоміжний час: $T_{\text{доп.уст}} = 0,1$ хв

Для зуборізних верстатів: $\Psi_k = 1,66$

$$T_{\text{пшт-к035}} = 1,66 \cdot (2,45 + 0,1) = 4,23 \text{ хв.}$$

Операція 040 Круглошліфувальна з ЧПК

Основний час: $T_o = 0,43$ хв.

Допоміжний час: $T_{\text{доп.уст}} = 0,23$ хв.

Для круглошліфувальних верстатів з ЧПК: $\Psi_k = 2,1$

$$T_{\text{пшт-к045}} = 2,1 \cdot (0,43 + 0,23) = 1,39 \text{ хв.}$$

Операція 050 Шліфувальна

Основний час: $T_o = 0,19$ хв.

Допоміжний час: $T_{\text{доп.уст}} = 0,2$ хв.

Для шліфувальних верстатів з ЧПК: $\Psi_k = 2,1$

$$T_{\text{пшт-к050}} = 2,1 \cdot (0,19 + 0,2) = 0,82 \text{ хв.}$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

Операція 055 Круглошліфувальна з ЧПК

Основний час: $T_o = 1,7$ хв.

Допоміжний час: $T_{\text{доп.уст}} = 0,23$ хв.

Для круглошліфувальних верстатів з ЧПК: $\Psi_k = 2,1$

$$T_{\text{пшт-к055}} = 2,1 \cdot (1,7 + 0,23) = 4,05 \text{ хв.}$$

Операція 060 Зубошліфувальна

Основний час: $T_o = 1,62$ хв.

Допоміжний час: $T_{\text{доп.уст}} = 0,23$ хв.

Для зубошліфувальних верстатів з ЧПК: $\Psi_k = 2,1$

$$T_{\text{пшт-к060}} = 2,1 \cdot (1,62 + 0,23) = 3,09 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку даного пункту зводимо в таблицю таблиця 2.11.

Таблиця 2.10 Норми часу по операціях

Номер та назва операції	T_o , хв	Допоміжний час, T_d хв			$T_{\text{оп}}$, хв	$T_{\text{ца}}$, хв	Час обслуговування, $T_{\text{об}}$, хв			$T_{\text{шт'}}$, хв	$T_{\text{п.з.}}$, хв	п, шт	$T_{\text{пшт-к}}$, хв.
		T_y	$T_{\text{пер}}$	$T_{\text{вим.}}$			$T_{\text{тех.обсл}}$	$T_{\text{орг.об}}$	$T_{\text{відп}}$				
005 Фрезерно-Центрувальна	0,62	0,08										98	1,29
010 Свердлильна з ЧПК	0,5	0,08											1,0
015 Токарна з ЧПК	0,57	0,23	0,5	0,68	1,76	0,83	0,12			1,88	27,5		2,16

Продовж.табл.2.10

020 Токарна з ЧПК	0,08	0,23											0,66
025 Фрезерна	1,44	0,09											2,82
030 Горизонтально-фрезерна	0,11	0,09											0,37
035 Зубофрезерна	2,45	0,1											4,23
040 Кругло-	0,43	0,23										98	1,39

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								50

шліфувальна з ЧПК													
050 Шліфувальна	0,19	0,2											0,82
055 Кругло-шліфувальна з ЧПК	1,7	0,23											4,05
060 Зубо-шліфувальна	1,62	0,23											3,9

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Верстатне забезпечення механічної обробки

Для технологічної операції фрезерування шпонкового пазу «Вал редуктора» використовується верстат 6P13Ф3 з ЧПК. Головний рух різання та рухи подач повинні бути узгодженими.

Відповідно до завдання та отриманих технічних характеристик розробляємо кінематичну схему верстата. Для визначення її параметрів найбільш часто використовується графоаналітичний метод, при якому розрахунки будемо виконувати в такій послідовності:

3.1.1 Розрахунок граничних розмірів фрез

Розрахункові діаметри фрез залежать від ширини стола:

$$D_{\max} = 0,4B = 0,4 \cdot 400 = 160 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = 0,15B = 0,15 \cdot 400 = 63 \text{ мм},$$

Узгоджуємо діаметри згідно з ГОСТ 1092-80 – для більшої фрези і згідно з ГОСТ 22087-76 – для меншої фрези:

$$D_{\max} = 160 \text{ мм}, z = 16,$$

$$D_{\min} = 63 \text{ мм}, z = 5.$$

Розрахункова ширина фрезерування:

$$B_{\max} = 1 \cdot D_{\max} = 1 \cdot 160 = 160 \text{ мм},$$

$$B_{\min} = 0,8 \cdot D_{\min} = 0,8 \cdot 63 = 50 \text{ мм},$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Івасечко						
Перевірів		Гагалюк А.В.					52	
Рецензент						ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41		
Н. контр.		Кобельник В.Р.						
Зав.каф.		Крупа В.В.						

3.1.2 Вибір режимів різання

Металорізальні верстати повинні забезпечити найбільш вигідні режими різання при виконанні на них передбачених технологічних процесів. В зв'язку з тим, що універсальні верстати використовуються для різних операцій на заготовках із матеріалів з різними фізико-механічними властивостями, вони повинні забезпечити регулювання режимів різання в широкому діапазоні.

Для визначення граничних режимів різання, які здійснюються на верстаті, розраховують режими при виконанні різних робіт і на основі аналізу одержаних результатів визначають граничні значення частот обертання шпинделя і значень подач.

Глибина різання.

Глибина різання при обробці на фрезерних верстатах визначається припуском, точністю обробки, жорсткістю технологічної системи і вибирається за нормативами [9].

При фрезеруванні найбільша глибина різання t_{\max} приймається рівною найбільшому припуску на чорнову обробку, найменша глибина різання t_{\min} приймається при чистовій обробці, коли припуск зрізається за декілька проходів.

Приймаємо $t_{\max} = 8 \text{ мм}$; $t_{\min} = 1 \text{ мм}$.

Подача.

При фрезеруванні найбільша подача S_{\max} вибирається за нормативами для чорнової обробки, а найменша подача S_{\min} – для напівчистої обробки або чистої обробки [9].

Приймаємо $S_{\max} = 0,15 \text{ мм/об.}$, а $S_{\min} = 0,08 \text{ мм/об.}$

3.1.3 Розрахунок швидкостей різання

При проектуванні даного верстата як вихідний оброблюваний матеріал для визначення V_{\max} беремо маловуглецеву сталь з $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$. При визначенні V_{\min} беремо вуглецеву сталь з $\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$. При визначенні V_{\max} обираємо матеріал різця Т15К6, а при визначенні V_{\min} – швидкорізальна сталь Р6М5.

Швидкість різання розраховується за формулою

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot z^p \cdot B^u} \cdot K_v,$$

де V – швидкість різання, м/хв.;

C_v – коефіцієнт;

q, m, x, y, p, u – показники ступеню;

T – стійкість інструмента, хв.;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об.;

z – кількість зубців фрези;

D – діаметр фрези, мм;

B – ширина фрезерування, мм;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання.

Максимальна швидкість різання:

$$V_{\max} = \frac{332 \cdot 63^{0,2}}{60^{0,2} \cdot 1^{0,1} \cdot 0,08^{0,4} \cdot 5^0 \cdot 50^{0,2}} \cdot 1,22 = 414 \text{ м/хв.},$$

$$K_v = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22$$

де $C_v = 332$; $D = 63$ мм; $q = 0,2$; $m = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $p = 0$; $u = 0,2$; $T = 60$ хв.;

$t = 1$ мм; $S = 0,08$ мм/об.; $z = 5$; $B = 50$ мм; $n_v = 0,9$ [9].

Мінімальна швидкість різання:

$$V_{\min} = \frac{41 \cdot 160^{0,25}}{180^{0,25} \cdot 8^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 16^{0,1} \cdot 160^{0,15}} \cdot 1 = 24,5 \text{ м/хв.},$$

$$K_v = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1;$$

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

де $C_v = 41$; $D = 160$ мм; $q = 0,25$; $m = 0,25$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $p = 0,1$; $u = 0,15$; $T = 180$ хв.; $t = 8$ мм; $S = 0,15$ мм/об.; $z = 16$; $B = 160$ мм; $n_v = 0,9$ [9].

3.1.4 Визначення граничних частот обертання шпинделя

Одержані швидкості різання дають можливість підрахувати граничні значення частот обертання шпинделя.

$$n_{\max} = \frac{1000V_{\max}}{\pi D_{\min}}, \quad n_{\min} = \frac{1000V_{\min}}{\pi D_{\max}},$$

де n_{\max} і n_{\min} – найбільша і найменша частоти обертання шпинделя, об/хв.;

V_{\max} і V_{\min} – найбільша і найменша швидкості різання, прийняті для розрахунків, м/хв.;

D_{\max} і D_{\min} – найбільший та найменший діаметри різального інструменту, мм.

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 414}{3,14 \cdot 63} = 2093 \text{ об/хв.},$$

де $V_{\max} = 414$ м/хв.; $D_{\min} = 63$ мм.

$$n_{\min} = \frac{1000V_{\min}}{\pi D_{\max}} = \frac{1000 \cdot 24,5}{3,14 \cdot 160} = 48,8 \text{ об/хв.},$$

де $V_{\min} = 24,5$ м/хв.; $D_{\max} = 160$ мм.

За граничними значеннями частот обертання шпинделя верстата визначають його діапазон регулювання:

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{2093}{48,8} = 42,9.$$

3.1.5 Ряд частот обертання шпинделя

За граничними значеннями частот обертання шпинделя верстата визначають його діапазон регулювання. На верстаті використовується двошвидкісний електродвигун. В такому разі він розглядається як електрична група з числом передач P_e та характеристикою X_e .

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$X_e = \frac{\lg 2}{\lg \varphi}, \quad \begin{array}{l} \varphi = 1,26 \Rightarrow X_e = 3 \\ \varphi = 1,41 \Rightarrow X_e = 2 \end{array}$$

Електродвигун виступає як перша переборна група.

Проміжні значення частот обертання шпинделя розташовують за законом геометричної прогресії зі знаменником:

$$\varphi = \sqrt[z-1]{R_n},$$

де z – число ступенів регулювання частот обертання шпинделя, $z = 21$.

$$\varphi = \sqrt[21-1]{R_n} = \sqrt[20]{42,9} = 1,21.$$

Отримане за цією формулою значення знаменника φ округляємо до найближчого значення, що передбачене нормаллю верстатобудування НІІ-І: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,0. Для нашого випадку приймаємо $\varphi = 1,26$.

Із нормалі НІІ-І виписуємо 21 значення частот обертання шпинделя, прийнявши в якості найбільшого найближче стандартне значення, що характерне для такого верстата – 2500 об/хв.: 2500; 2000; 1600; 1250; 1000; 800; 630; 500; 400; 315; 250; 200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 31,5; 25.

3.1.6 Розрахунок сил різання і ефективної потужності різання

Розрахунок сил різання потрібен для визначення ефективної потужності різання та вибору електродвигуна з відповідними характеристиками.

Розрахунок сил різання при фрезеруванні виконуємо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_p,$$

де P_z – головна складова сили різання, даН;

x, y, u, q, w – показники ступеню;

C_p – постійний коефіцієнт;

t – глибина, мм;

S – подача, мм/об.;

B – ширина фрезерування, мм;

z – кількість зубців фрези;

D – діаметр фрези, мм;

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

n – частота обертання шпинделя;

K_p – поправочний коефіцієнт.

Розрахунок ведемо за умови обробки заготовки зі сталі з $\sigma_B = 600$ МПа:

$$V = \frac{41 \cdot 160^{0,25}}{60^{0,2} \cdot 8^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 16^{0,1} \cdot 160^{0,15}} \cdot 1,22 = 48,1 \text{ м/хв.},$$

Далі, згідно отриманої швидкості різання, визначаємо силу різання:

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,935,$$

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 8^{0,95} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 160^{1,1} \cdot 16}{160^{1,1}} \cdot 0,935 = 809,8 \text{ Н},$$

де $C_p = 82,5$; $D = 160$ мм; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $t = 8$ мм; $S = 0,15$ мм/об.;

$z = 16$; $B = 160$ мм; $n_p = 0,3$ [9].

Ефективну потужність різання розраховуємо за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{809,8 \cdot 48,1}{102 \cdot 60} = 6,36 \text{ кВт},$$

де P_z – головна складова сили різання;

V – швидкість різання, м/хв.

Потужність електродвигуна привода головного руху N_D підраховують по найбільшій ефективній потужності $N_{e\max}$ необхідної для різання:

$$N_D = \frac{N_{e\max}}{\lambda \cdot \eta},$$

де N_D – потужність приводного електродвигуна, кВт;

λ – коефіцієнт допустимого перевантаження, який приймається 1,2...1,3; приймаємо $\lambda = 1,25$;

η – к.к.д. ланцюга головного руху верстата при номінальному навантаженні, $\eta = 0,7...0,85$, приймаємо $\eta = 0,85$.

$$N_D = \frac{6,36}{1,25 \cdot 0,85} = 5,99 \text{ кВт}.$$

За [2, стр 47] вибираємо електродвигун типу 4А160S8/4У3 з частотами

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

обертання 750/1500 об/хв., потужністю $N_{ном} = 4,2/7,1$ кВт.

3.2 Розробка структурно-кінематичної та кінематичної схем консольного вертикально-фрезерного верстата

Відповідно до завдання та отриманих технічних характеристик розробляємо кінематичну схему верстата. Для визначення її параметрів найбільш часто використовується графоаналітичний метод, при якому розрахунки будемо виконувати в наступній послідовності:

3.2.1 Вибір типу коробки швидкостей

Вибираємо такий тип коробки швидкостей за компоновкою базового верстата 6P13Ф3, що класифікується:

- а) за компоновкою – коробка швидкостей і шпиндельний вузол розміщені в різних корпусах і з'єднані пасовою передачею (розділений привод);
- б) за кінематичною структурою – зі множинною структурою;
- в) за способом перемикування – з рухомими зубчастими колесами.

3.2.2 Вибір розташування приводного електродвигуна

Вибираємо розташування електродвигуна на корпусі коробки верстата. При цьому рух на коробку швидкостей від вала електродвигуна передається муфтою з пружними втулками. Рух на шпиндель передається пасовою передачею. Вібрації і тепло від двигуна не призводить до зниження точності обробки на такому верстаті. Але така компоновка має дещо більші габарити. Зниження точності відбувається за рахунок попереднього натягу пасової передачі.

3.2.3 Вибір структурної формули коробки швидкостей

Загальна формула коробки:

$$z = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_m,$$

де z – кількість ступенів частот обертання останнього веденого вала

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

коробки;

p_1, p_2, \dots, p_m – кількість кінематичних пар у відповідній групі передач;

$1, 2, \dots, m$ – індекси, що визначають порядок конструктивного розташування груп вздовж ланцюга передач від електродвигуна до шпинделя.

Структурна формула для даної коробки швидкостей зі складеною структурою має вигляд:

$$z = 2_3 \cdot 3_1 \cdot 2_5 \cdot (1+1 \cdot 1).$$

3.2.4 Розробка попередньої кінематичної схеми привода

Вибудовуємо структуру

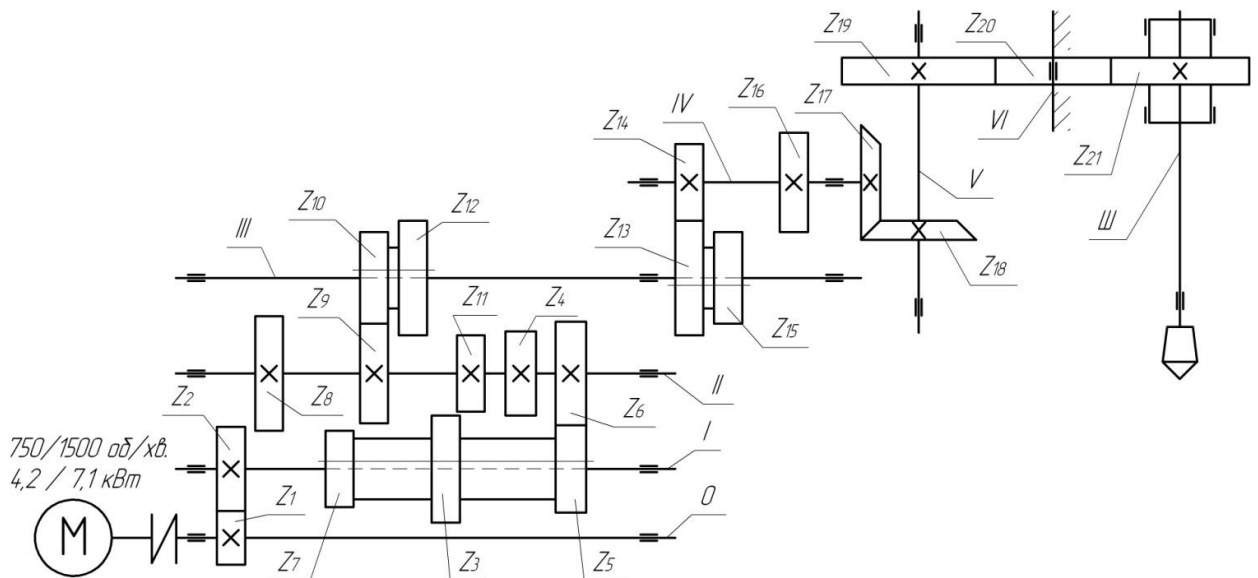


Рис. 3.1 Кінематична схема привода головного руху.

3.2.5 Побудова структурної сітки і графіки чисел обертів

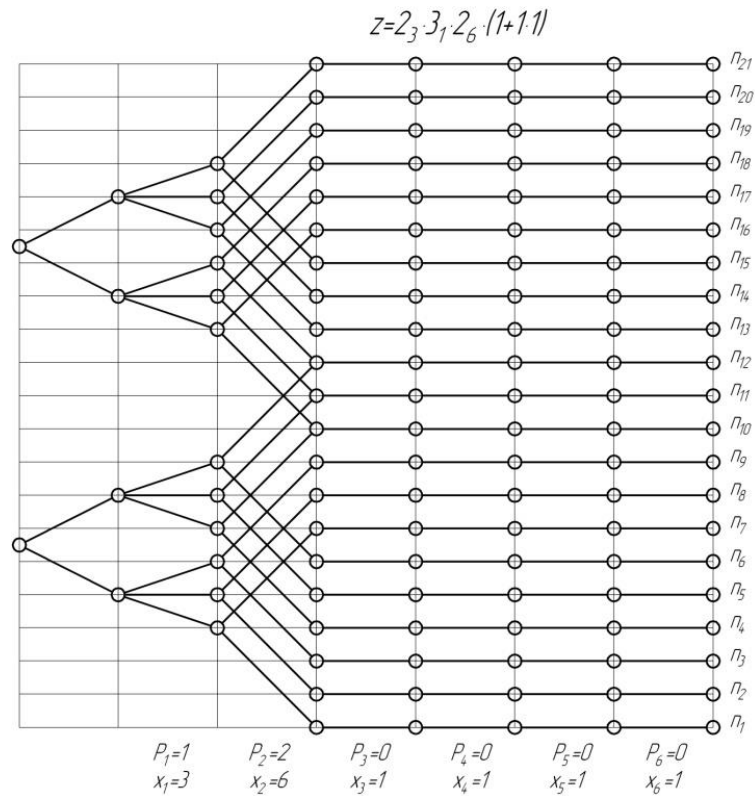


Рис. 3.2 Структурна сітка привода головного руху

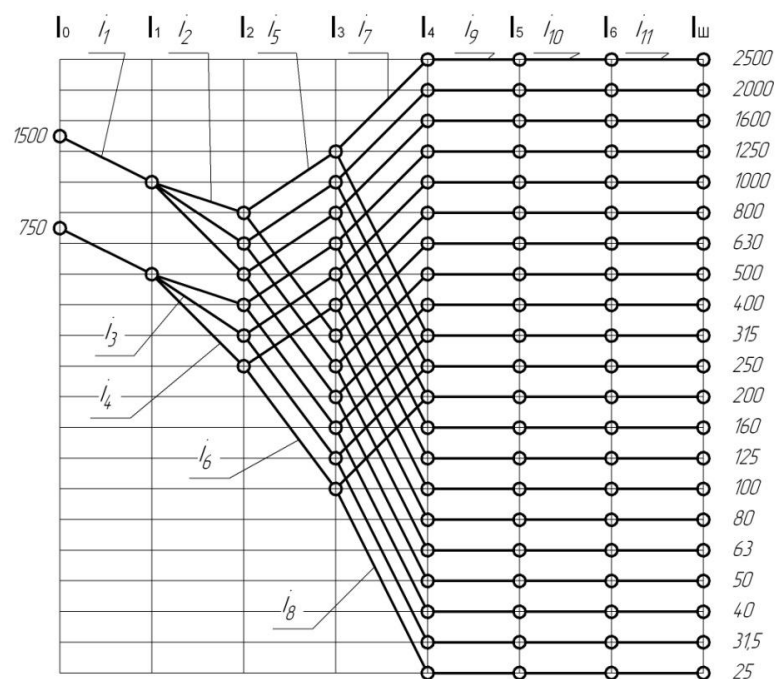


Рис. 3.3 Графік чисел обертів

3.2.6 Визначення передаточних відношень всіх передач коробки

Вибір передаточного відношення і слід робити так, щоб його значення не

виходили за допустимі межі $\frac{1}{4} \leq i \leq 2$.

$$i_2 = 1,26^{-1} = \frac{1}{1,26}, \quad i_3 = 1,26^{-2} = \frac{1}{1,5876}, \quad i_4 = 1,26^{-3} = \frac{1}{2},$$

$$i_5 = 1,26^2 = 1,5876, \quad i_6 = 1,26^{-4} = \frac{1}{2,52}, \quad i_7 = 1,26^3 = 2,$$

$$i_8 = 1,26^{-6} = \frac{1}{4}, \quad i_9 = i_{10} = i_{11} = 1,26^0 = 1.$$

3.2.7 Підбір чисел зубців коліс коробки

Згідно з потрібним передаточним відношенням підбираємо числа зубців коліс, враховуючи сумарну кількість зубців відповідно із розташуванням коліс на валах [12, стр 98]:

$$i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{32}{40} = \frac{1}{1,25}, \quad i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{28}{44} = \frac{1}{1,571}, \quad i_4 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{24}{48} = \frac{1}{2},$$

$$i_5 = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{54}{34} = 1,588, \quad i_6 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{25}{63} = \frac{1}{2,52}, \quad i_7 = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \frac{60}{30} = 2,$$

$$i_8 = \frac{z_{15}}{z_{16}} = \frac{18}{72} = \frac{1}{4}, \quad i_9 = \frac{z_{17}}{z_{18}} = \frac{30}{30} = 1, \quad i_{10} = \frac{z_{19}}{z_{20}} = \frac{40}{40} = 1, \quad i_{11} = \frac{z_{20}}{z_{21}} = \frac{40}{40} = 1.$$

Задля визначення передаточного відношення передачі i_{nn} запишемо рівняння кінематичного ланцюга для найменшої частоти обертання шпинделя

$$n_{\min} = 750 \cdot i_1 \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} \approx 25 \text{ об/хв.},$$

$$i_1 = \frac{25}{750 \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40}} = 0,672 = \frac{1}{1,488}, \quad i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{28}{42} = \frac{1}{1,5}.$$

Результати підбору зводимо у таблицю 3.3:

Таблиця 3.1 Число зубців коліс та сума зубців передач

		$z_1 : z_2$	$z_3 : z_4$	$z_5 : z_6$	$z_7 : z_8$	$z_9 : z_{10}$	$z_{11} : z_{12}$		
								КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					Арк. 61

28:42	32:40	28:44	24:48	54:34	25:63
$\Sigma_z=70$	$\Sigma_z=72$	$\Sigma_z=72$	$\Sigma_z=72$	$\Sigma_z=88$	$\Sigma_z=88$
$z_{13} : z_{14}$	$z_{15} : z_{16}$	$z_{17} : z_{18}$	$z_{19} : z_{20}$	$z_{20} : z_{21}$	
60:30	18:72	30:30	40:40	40:40	
$\Sigma_z=90$	$\Sigma_z=90$	$\Sigma_z=60$	$\Sigma_z=80$	$\Sigma_z=80$	

3.2.8 Перевірка частот обертання шпинделя

$$n_1 = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 2541 \text{ об/хв.}, \Delta n_1 = 1,65\%$$

$$n_2 = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 2021,4 \text{ об/хв.}, \Delta n_2 = 1,07\%$$

$$n_3 = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 1588,2 \text{ об/хв.}, \Delta n_3 = -0,74\%$$

$$n_4 = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 1270 \text{ об/хв.}, \Delta n_4 = 1,65\%$$

$$n_5 = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 1010,7 \text{ об/хв.}, \Delta n_5 = 1,07\%$$

$$n_6 = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 794,1 \text{ об/хв.}, \Delta n_6 = -0,74\%$$

$$n_7 = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 634,92 \text{ об/хв.}, \Delta n_7 = 0,78\%$$

$$n_8 = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 505,05 \text{ об/хв.}, \Delta n_8 = 1,01\%$$

$$n_9 = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 396,82 \text{ об/хв.}, \Delta n_9 = -0,79\%$$

$$n_{10} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 317,46 \text{ об/хв.}, \Delta n_{10} = 0,78\%$$

$$n_{11} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 252,53 \text{ об/хв.}, \Delta n_{11} = 1,01\%$$

$$n_{12} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 198,41 \text{ об/хв.}, \Delta n_{12} = -0,79\%$$

$$n_{13} = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 317,65 \text{ об/хв.}, \Delta n_{13} = 0,84\%$$

$$n_{14} = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 252,675 \text{ об/хв.}, \Delta n_{14} = 1,07\%$$

$$n_{15} = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 198,525 \text{ об/хв.}, \Delta n_{15} = -0,74\%$$

$$n_{16} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 158,75 \text{ об/хв.}, \Delta n_{16} = -0,78\%$$

$$n_{17} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 126,34 \text{ об/хв.}, \Delta n_{17} = 1,07\%$$

$$n_{18} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{54}{34} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 99,26 \text{ об/хв.}, \Delta n_{18} = -0,74\%$$

$$n_{19} = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 79,365 \text{ об/хв.}, \Delta n_{19} = -0,79\%$$

$$n_{20} = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 63,13 \text{ об/хв.}, \Delta n_{20} = 0,21\%$$

$$n_{21} = 1500 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 49,6 \text{ об/хв.}, \Delta n_{21} = -0,79\%$$

$$n_{22} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 39,68 \text{ об/хв.}, \Delta n_{22} = -0,79\%$$

$$n_{23} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{28}{44} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 31,57 \text{ об/хв.}, \Delta n_{23} = 0,21\%$$

$$n_{24} = 750 \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{25}{63} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{40} = 24,8 \text{ об/хв.}, \Delta n_{24} = -0,79\%$$

Визначаємо граничне відхилення частоти обертання шпинделя, що є припустимим для даного верстата: $[\Delta n] = \pm 10(\varphi - 1)\% = \pm 10(1,26 - 1)\% = \pm 2,6\%$.

Значення відхилень дійсних передаточних відношень не перевищують допустимих значень.

3.3 Розрахунок механізмів привода верстата

Розрахунок механізмів привода верстата зводиться до визначення їх конструктивних параметрів, які забезпечують роботу верстата на протязі заданого періоду експлуатації без поломок і значного зносу деталей. Виконуючи розрахунки, враховують статичну і динамічну міцність, механічний знос, жорсткість, нагрівання, коливання і інше.

Статична міцність деталей перевіряється розрахунком в ході якого дійсні

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

напруження, що виникають в деталі, порівнюються з номінальними допустимими напруженнями [1]. Такому розрахунку підлягають деталі, які працюють з постійним або таким, що мало змінюється, навантаженням.

Допустимі напруження визначаються за відношенням до межі текучості при розтягу σ_T і межі міцності при розтягу σ_B . Вказівки з вибору допустимих напружень наведені в [1]. Динамічному розрахунку на міцність підлягають деталі, які піддаються змінним за величиною і напрямком навантаженням – вали, зубці коліс і інше. Розрахунками на жорсткість визначаються розміри деталей, які забезпечують в умовах заданих навантажень деформації, що не виходять за межі допустимих, нормальну роботу деталей і вузлів і необхідну точність обробки на верстаті. Загальна деформація системи є сумою деформацій матеріалу деталей і контактних деформацій. Підвищення жорсткості призводить до підвищення вібростійкості верстата.

Вібрації, що виникають під час роботи верстата, викликають погіршення якості оброблюваної поверхні, порушують нормальну роботу його деталей і вузлів, підвищують знос і поломку інструмента. Звичайно коливання усуваються підвищенням жорсткості деталей вузлів, ретельним балансуванням елементів, які обертаються, застосуванням нескінченних клинових пасів замість плоских зшитих, косозубих передач замість прямозубих, застосуванням різних віброгасних пристосувань і т. і.

3.3.1 Розрахункова частота обертання.

Під час роботи верстата крутний момент привода долає момент від сил корисного опору (сил різання) і сил тертя в кінематичних парах привода. Крутний момент на будь-якій ланці привода в умовах усталеного руху і статичному характері навантаження визначається за формулою:

$$T = \frac{T_e}{i} \cdot \eta,$$

де T_e – крутний момент на валу електродвигуна;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

i – передаточне відношення від вала двигуна до веденої ланки;

η – к. к. д. ланцюга привода від початкової до веденої ланки.

З цього виразу витікає, що найбільший крутний момент на шпинделі матиме місце за мінімального передаточного відношення, тобто на мінімальній частоті обертання. Однак, як показали спостереження [8], за значного діапазону регулювання привода на мінімальних частотах обертання шпинделя виконуються операції, які не потребують великої потужності. Тому, розраховуючи верстат загального призначення, номінальне навантаження рекомендується визначати за номінальною потужністю верстата і деякою розрахунковою частотою обертання, починаючи з якої робота може виконуватись з використанням повної потужності привода. Для верстатів зі ступінчастим регулюванням розрахункова частота повинна знаходитися в межах

Для верстатів зі ступінчастим регулюванням розрахункова частота повинна знаходитися в межах

$$n_p = n_{\min} \sqrt[4]{R_n} \dots n_{\min} \sqrt[3]{R_n} = 25 \cdot \sqrt[4]{100} \dots 25 \cdot \sqrt[3]{100} = 79 \dots 116 \text{ об/хв.}$$

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{2500}{25} = 100.$$

За розрахункову частоту обертання приймаємо частоту:

- для валів 4, 5, 6 та шпинделя $n_p = 100$ об/хв.;
- для валу 3 $n_p = 400$ об/хв.;
- для валу 2 $n_p = 250$ об/хв.;
- для валу 1 $n_p = 500$ об/хв.;
- для валу 0 $n_p = 750$ об/хв.

3.3.2 Визначення потужності на валах

Визначаємо потужність на всіх валах привода, починаючи від електродвигуна. На I валу потужність дорівнює:

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$N_1 = N_e \cdot \eta,$$

де N_e – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

η – к.к.д. передачі від вала двигуна на 1-ий вал і к.к.д. підшипників 1-го вала.

На II-му валу потужність визначається аналогічно:

$$N_2 = N_1 \cdot \eta$$

Середнє значення к.к.д. елементів передач:

Підшипники кочення $\eta = 0,995$

Циліндрична прямозуба зубчаста передача $\eta = 0,99$

Конічна прямозуба зубчаста передача $\eta = 0,97$

Потужність на валах визначаємо за формулою:

$$N_i = N_{i-1} \cdot \eta_i,$$

$$N_1 = N_e \cdot \eta_1 = N_e \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{zn} = 4,2 \cdot 0,995^2 \cdot 0,99 = 4,12 \text{ кВт},$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_2 = N_1 \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{zn} = 4,12 \cdot 0,995^2 \cdot 0,99 = 4,03 \text{ кВт},$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_3 = N_2 \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{zn} = 4,03 \cdot 0,995^2 \cdot 0,99 = 3,95 \text{ кВт},$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_4 = N_3 \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{zn} = 3,95 \cdot 0,995^2 \cdot 0,99 = 3,88 \text{ кВт},$$

$$N_5 = N_4 \cdot \eta_5 = N_4 \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{zn} = 3,88 \cdot 0,995^2 \cdot 0,99 = 3,80 \text{ кВт},$$

$$N_6 = N_5 \cdot \eta_6 = N_5 \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{zn} = 3,80 \cdot 0,995^2 \cdot 0,99 = 3,73 \text{ кВт},$$

$$N_7 = N_6 \cdot \eta_7 = N_6 \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{zn} = 3,73 \cdot 0,995^2 \cdot 0,99 = 3,65 \text{ кВт}.$$

3.3.3 3.3. Визначення крутного моменту на валах

Крутний момент на кожному із валів привода визначається за виразом:

$$T_i = 9550 \cdot \frac{N_i}{n_i},$$

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

де T_i – крутний момент на i -тому валу,

N_i – потужність на i -тому валу,

n_i – розрахункова частота обертання i -того вала.

$$T_0 = 9550 \cdot \frac{N_0}{n_0} = 9550 \cdot \frac{4,2}{750} = 53,5 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{4,12}{500} = 79 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{4,02}{250} = 154 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{N_3}{n_3} = 9550 \cdot \frac{3,95}{400} = 94 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$T_4 = 9550 \cdot \frac{N_4}{n_4} = 9550 \cdot \frac{3,88}{100} = 371 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$T_5 = 9550 \cdot \frac{N_5}{n_5} = 9550 \cdot \frac{3,80}{100} = 363 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$T_6 = 9550 \cdot \frac{N_6}{n_6} = 9550 \cdot \frac{3,73}{100} = 356 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$T_7 = 9550 \cdot \frac{N_7}{n_7} = 9550 \cdot \frac{3,65}{100} = 349 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

3.3.4 Розрахунок діаметрів валів

Попередньо діаметри валів коробки швидкостей визначають, користуючись умовним розрахунком на кручення. Цю форму розрахунку застосовують тому, що ще не визначені розміри валів за довжиною і не можуть бути розраховані згинаючі моменти.

Умова міцності на кручення [1]:

$$T = 9550 \cdot \frac{N}{n} \approx 0,2 \cdot d^3 [\tau_{кр}].$$

$$\text{Звідки } d_i \approx \sqrt[3]{\frac{T_i}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} ,$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

де d – діаметр вала;

T – крутний момент на валу на розрахунковій частоті обертання;

$[\tau_{кр}]$ – допустиме напруження на кручення.

Оскільки в такому розрахунку не враховується згин, розрахунок виконується за умовними (зниженими) допустимими напруженнями кручення:

$[\tau_{кр}] = (20 \dots 30)$ МПа.

Для розрахунку валів 0, 1, 3, 4, 5, 6, 7 приймаємо $[\tau_{кр}] = 25$ МПа, для валу 2 приймаємо $[\tau_{кр}] = 30$ МПа

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{53,5}{0,2 \cdot 25}} = 2,20 \text{ см,}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{79}{0,2 \cdot 25}} = 2,51 \text{ см,}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{154}{0,2 \cdot 30}} = 2,95 \text{ см,}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{T_3}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{94}{0,2 \cdot 25}} = 2,66 \text{ см,}$$

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{T'_4}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{371}{0,2 \cdot 25}} = 4,20 \text{ см,}$$

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{T_5}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{363}{0,2 \cdot 25}} = 4,17 \text{ см,}$$

$$d_6 = \sqrt[3]{\frac{T_5}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{356}{0,2 \cdot 25}} = 4,14 \text{ см,}$$

$$d_7 = \sqrt[3]{\frac{T_5}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{349}{0,2 \cdot 25}} = 4,12 \text{ см.}$$

Одержаний діаметр валу округляємо до найближчого значення за ГОСТ 6636-69 [1], який передбачає такий основний ряд діаметрів (ряд $Ra40$): 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Приймаємо: для валу 0 діаметр $d = 25\text{мм}$; для валів 1, 2 і 3 $d = 30\text{мм}$; для валів 4, 5 та 6 $d = 45\text{мм}$; для шпинделя $d = 85\text{мм}$.

3.3.5 Проектний розрахунок модуля зубчатих коліс

(Розрахунок на витривалість зубців при згині) [12].

Цей розрахунок потрібен тільки для попереднього визначення розмірів.

Вихідними даними для розрахунку є:

- крутний момент T , Н·м;
- параметр $\psi_{bd} = \frac{b}{d} = \frac{(6...10)}{z_1}$;
- число зубців шестерні z_1 ;
- кут нахилу зубців $\beta = 0^\circ$;
- метод ТО або ХТО та твердість робочих поверхонь зубців.

Розрахунок ведеться для шестерні як більш навантаженої.

Орієнтовне значення модуля (мм) при заданому параметрі ψ_{bd} :

$$m = K_m \cdot \sqrt[3]{\frac{T \cdot k_F \cdot Y_F}{z_1^2 \cdot \psi_{bd} \cdot \sigma_{Fp}}}$$

де K_m – допоміжний коефіцієнт, для прямозубих передач $K_m = 13$;

k_F – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження за шириною вінця, приймають в залежності від ψ_{bd} за графіком [12];

Y_F – коефіцієнт, що враховує форму зуба, визначаємо за графіком;

σ_{Fp} – допустиме згинальне напруження:

$$\sigma_{Fp} = 0,4 \cdot \sigma_{F \lim b}^o \cdot K_{FL}$$

де K_{FL} – коефіцієнт довговічності;

$\sigma_{F \lim b}^o$ – базова границя витривалості зубців, що визначається в

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

залежності від способу ТО або КТО за таблицями [12].

Матеріал для зубчатих коліс для передачі між 0 і 1 валом вибираємо сталь 40Х, НРС 48...55 ТО – ТВЧ. $\sigma_{F \lim b}^o = 600$ МПа; $\sigma_{Fp} = 0,4 \cdot 600 \cdot 1,0 = 240$ МПа.

Параметри необхідні для розрахунку:

$$\psi_{bd} = \frac{8}{28} = 0,3; k_F = 1,5; z = 28; Y_F = 3,83; T = 53,5 \text{ Н}\cdot\text{м}; K_m = 13; K_{FL} = 1,0$$

$$m_0 = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{53,5 \cdot 1,5 \cdot 3,83}{28^2 \cdot 0,3 \cdot 240}} = 2,29 \text{ мм.}$$

Матеріал для зубчатих коліс для передачі між 1 і 2 валом вибираємо сталь 40Х, НРС 48...55 ТО – ТВЧ. $\sigma_{F \lim b}^o = 600$ МПа; $\sigma_{Fp} = 0,4 \cdot 600 \cdot 1,0 = 240$ МПа.

Параметри необхідні для розрахунку:

$$\psi_{bd} = \frac{8}{24} = 0,33; k_F = 1,5; z = 24; Y_F = 3,92; T = 89 \text{ Н}\cdot\text{м}; K_m = 13; K_{FL} = 1,0$$

$$m_1 = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{79 \cdot 1,5 \cdot 3,92}{24^2 \cdot 0,33 \cdot 240}} = 2,82 \text{ мм.}$$

Матеріал для зубчатих коліс для передачі між 2 і 3 валом вибираємо сталь 12ХНЗА, НРС 56...60 ТО – цементация, гартування з безпосереднього нагріву.

$\sigma_{F \lim b}^o = 800$ МПа; $\sigma_{Fp} = 0,4 \cdot 800 \cdot 1,0 = 320$ МПа.

Параметри необхідні для розрахунку:

$$\psi_{bd} = \frac{10}{25} = 0,4; k_F = 1,4; z = 25; Y_F = 3,91; T = 154 \text{ Н}\cdot\text{м}; K_m = 13; K_{FL} = 1,0$$

$$m_2 = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{154 \cdot 1,4 \cdot 3,91}{25^2 \cdot 0,4 \cdot 320}} = 2,85 \text{ мм.}$$

Матеріал коліс для передачі між 3 і 4 валом вибираємо сталь 40Х, НРС 48...55 ТО – ТВЧ. $\sigma_{F \lim b}^o = 600$ МПа; $\sigma_{Fp} = 0,4 \cdot 600 \cdot 1,0 = 240$ МПа.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри необхідні для розрахунку:

$$\psi_{bd} = \frac{9}{18} = 0,5; k_F = 1,4; z = 18; Y_F = 4,15; T = 94 \text{ Н}\cdot\text{м}; K_m = 13; K_{FL} = 1,0$$

$$m_3 = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{94 \cdot 1,4 \cdot 4,15}{18^2 \cdot 0,5 \cdot 240}} = 3,14 \text{ мм.}$$

Матеріал коліс для передачі між 5 і 6 валом вибираємо сталь 40Х, НРС 48...55 ТО – ТВЧ. $\sigma_{F \text{ lim } b}^o = 600 \text{ МПа}$; $\sigma_{Fp} = 0,4 \cdot 600 \cdot 1,0 = 240 \text{ МПа}$.

Параметри необхідні для розрахунку:

$$\psi_{bd} = \frac{8}{40} = 0,2; k_F = 1,3; z = 40; Y_F = 3,74; T = 363 \text{ Н}\cdot\text{м}; K_m = 13; K_{FL} = 1,0$$

$$m_5 = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{363 \cdot 1,3 \cdot 3,74}{40^2 \cdot 0,2 \cdot 240}} = 3,70 \text{ мм.}$$

Матеріал коліс для передачі між 6 валом і шпинделем вибираємо сталь 40Х, НРС 48...55 ТО – ТВЧ. $\sigma_{F \text{ lim } b}^o = 600 \text{ МПа}$; $\sigma_{Fp} = 0,4 \cdot 600 \cdot 1,0 = 240 \text{ МПа}$.

Параметри необхідні для розрахунку:

$$\psi_{bd} = \frac{8}{40} = 0,2; k_F = 1,3; z = 40; Y_F = 3,74; T = 356 \text{ Н}\cdot\text{м}; K_m = 13; K_{FL} = 1,0$$

$$m_6 = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{356 \cdot 1,3 \cdot 3,74}{40^2 \cdot 0,2 \cdot 240}} = 3,67 \text{ мм.}$$

Передача між 4 та 5 валом конічна, тому розрахунок модуля для конічної передачі виконуємо за формулами:

Зовнішній торцевий модуль передачі, мм;

$$m_e = 1000 \cdot \frac{14 \cdot K_{FV} \cdot K_{FB} \cdot T}{d_{e1} \cdot b \cdot V_F \cdot \sigma_F},$$

де T – крутний момент, Н·м;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		71

$K_{F\beta}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу напруження біля основи зубців [12, стр 52]; $K_{F\beta} = 0,18 + 0,82 \cdot K_{H\beta}^o = 0,18 + 0,82 \cdot 1,24 = 1,2$;

K_{FV} – коефіцієнт внутрішнього динамічного навантаження;

V_F – коефіцієнт;

$[\sigma_F]$ – допустиме напруження на згин, МПа;

b – ширина зубчастого вінця, мм,

$$b = 0,285 \cdot R_e,$$

тут R_e – зовнішня конусна відстань, мм:

$$R_e = \frac{d_{e1}}{2 \sin \delta_1},$$

тут δ_1 – кут ділительного конуса шестерні:

$$\delta_1 = \arctg\left(\frac{1}{U}\right),$$

тут U – передаточне відношення конічної передачі.

d_{e1} – діаметр зовнішньої ділительної окружності шестерні, мм:

$$d_{e1} = 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{HV} \cdot K_{H\beta} \cdot T}{V_H \cdot U \cdot \sigma_H^2}},$$

тут V_H – коефіцієнт;

K_{HV} – коефіцієнт внутрішнього динамічного навантаження;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт що враховує нерівномірність розподілу навантаження по довжині контактної лінії;

σ_H – допустиме контактне напруження, МПа;

Матеріал зубчатих коліс – сталь 25ХГМ, HRC 58...60, ТО – нітроцементация, гартування з безпосереднього нагріву. $\sigma_{F \lim b}^o = 1000$ МПа;

$$K_{FL} = 1,0; \sigma_{H \lim b}^o = 1350 \text{ МПа}; \sigma_H = 0,9 \frac{\sigma_{H \lim b}^o}{S_H} = 0,9 \frac{1350}{1,2} = 1012,5 \text{ МПа}; \sigma_{Fp} = 0,4 \cdot 1000 \cdot 1,0 = 400$$

МПа;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Параметри необхідні для розрахунку:

$$K_{HV} = 1,1; K_{H\beta} = 1,2; T = 371 \text{ Н}\cdot\text{м}; V_H = 1,02; U = 1; [\sigma_H] = 1012,5 \text{ МПа}; K_{FV} = 1,1;$$

$$V_F = 0,85$$

$$d_{e1} = 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 371}{1,02 \cdot 1 \cdot 1012,5^2}} = 128,14 \text{ мм},$$

$$\delta_1 = \text{arctg}\left(\frac{1}{1}\right) = 45^\circ,$$

$$Re = \frac{128,14}{2 \sin 45^\circ} = 90,61 \text{ мм},$$

$$b = 0,285 \cdot 90,61 = 25,82 \approx 30 \text{ мм},$$

$$m_e = 1000 \cdot \frac{14 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 371}{128,14 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400} = 3,93 \text{ мм}.$$

Приймаємо модуль для передачі між 0 і 1 $m = 2,5$ мм, між 1 і 2, між 2 і 3 $m = 3$ мм, між 4 і 5 $m_e = 4$ мм, між 3 і 4, між 5 і 6, 6 і шпинделем – $m = 4$ мм.

3.3.6 Розрахунок діаметрів зубчатих коліс та міжосьових відстаней

Ділильний діаметр:

$$d_i = z_i \cdot m.$$

$$d_1 = z_1 \cdot m = 28 \cdot 2,5 = 70 \text{ мм}, d_2 = z_2 \cdot m = 42 \cdot 2,5 = 105 \text{ мм},$$

$$d_3 = z_3 \cdot m = 32 \cdot 3 = 96 \text{ мм}, d_4 = z_4 \cdot m = 40 \cdot 3 = 120 \text{ мм},$$

$$d_5 = z_5 \cdot m = 28 \cdot 3 = 84 \text{ мм}, d_6 = z_6 \cdot m = 44 \cdot 3 = 132 \text{ мм},$$

$$d_7 = z_7 \cdot m = 24 \cdot 3 = 72 \text{ мм}, d_8 = z_8 \cdot m = 48 \cdot 3 = 144 \text{ мм},$$

$$d_9 = z_9 \cdot m = 54 \cdot 3 = 162 \text{ мм}, d_{10} = z_{10} \cdot m = 34 \cdot 3 = 102 \text{ мм},$$

$$d_{11} = z_{11} \cdot m = 25 \cdot 3 = 75 \text{ мм}, d_{12} = z_{12} \cdot m = 63 \cdot 3 = 189 \text{ мм},$$

$$d_{13} = z_{13} \cdot m = 60 \cdot 4 = 240 \text{ мм}, d_{14} = z_{14} \cdot m = 30 \cdot 4 = 120 \text{ мм},$$

$$d_{15} = z_{15} \cdot m = 18 \cdot 4 = 72 \text{ мм}, d_{16} = z_{16} \cdot m = 72 \cdot 4 = 288 \text{ мм}.$$

$$d_{e17} = d_{e18} = z_{17} \cdot m_e = 35 \cdot 4 = 140 \text{ мм},$$

$$d_{19} = d_{20} = d_{21} = z_{19} \cdot m = 40 \cdot 4 = 160 \text{ мм}.$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Міжосьова відстань:

$$a = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m,$$

$$a_{01} = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m = \frac{28 + 42}{2} \cdot 2,5 = 87,5 \text{ мм},$$

$$a_{12} = \frac{z_3 + z_4}{2} \cdot m = \frac{32 + 40}{2} \cdot 3 = 108 \text{ мм},$$

$$a_{23} = \frac{z_9 + z_{10}}{2} \cdot m = \frac{54 + 34}{2} \cdot 3 = 132 \text{ мм},$$

$$a_{34} = \frac{z_{13} + z_{14}}{2} \cdot m = \frac{60 + 30}{2} \cdot 4 = 180 \text{ мм},$$

$$a_{56} = a_{67} = \frac{z_{20} + z_{21}}{2} \cdot m = \frac{40 + 40}{2} \cdot 4 = 160 \text{ мм}.$$

3.3.7 Розрахунок зубчатих коліс на контактну витривалість

Цей розрахунок призначений для уникнення втомного викришування активних (робочих) поверхонь зубців. Розрахункове контактне напруження у полюсі зачеплення, МПа.

Для прямозубих передач із врахуванням механічних властивостей матеріалів спряжених зубчатих коліс та навантаження між зубцями умова контактної витривалості:

$$\sigma_H = 10800 \cdot Z_\varepsilon \cdot \frac{1}{d_{wi}} \cdot \sqrt{\frac{T_i}{b_i} \cdot \frac{U+1}{U} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV}} \leq \sigma_{H\text{р}},$$

де σ_H – розрахункове контактне навантаження, МПа;

Z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній, приймаємо $Z_\varepsilon = 1,0$;

d_{wi} – початковий діаметр колеса, що розраховується, мм;

T_i – крутний момент для колеса, що розраховується, Н·м;

b_i – ширина вінця колеса, що розраховується, мм;

U – передаточне число передачі, що розраховується;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження за шириною в'язця;

K_{HV} – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, що виникає в зачепленні;

σ_{Hp} – допустиме контактне навантаження, МПа:

$$\sigma_{Hp} = \frac{\sigma_{H \lim b}}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot K_{HL} \cdot K_{xH},$$

де $\sigma_{H \lim b}$ – границя контактної витривалості поверхні зуба, МПа;

S_H – коефіцієнт безпеки, для використаних матеріалів $S_H = 1,2$;

Z_R – коефіцієнт, що враховує шорсткість спряжених поверхонь зубців, приймаємо $Z_R = 1,0$ (для $Ra = 1,25 \dots 0,63$ мкм);

Z_V – коефіцієнт, що враховує колову швидкість, $Z_V = 0,925 \cdot V^{0,05}$;

K_{HL} – коефіцієнт довговічності, приймаємо $K_{HL} = 1,0$;

K_{xH} – коефіцієнт, що враховує розмір зубчатого колеса, приймаємо $K_{xH} = 1,0$ (для коліс з $d_w < 700$ мм).

Розраховуємо допустиме контактне навантаження (розрахунок ведеться для шестерні).

Передача (28:42), параметри необхідні для розрахунку: $\sigma_{H \lim b} = 1050$ МПа, $d = 70$ мм, $n = 750$ об/хв., $d_w = d \cdot \cos \alpha = 70 \cdot \cos 20^\circ = 65,78$ мм, $T = 53,5$ Н·м, $U = 1,5$, $b = 21$ мм, $K_{H\beta} = 1,1$, $K_{HV} = 1,15$ [12],

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 750}{1000 \cdot 60} = 2,75 \text{ м/с.},$$

$$Z_V = 0,925 \cdot 2,75^{0,05} = 0,973,$$

$$\sigma_{Hp} = \frac{1050}{1,2} \cdot 1 \cdot 0,973 \cdot 1 \cdot 1 = 851 \text{ МПа},$$

$$\sigma_H = 10800 \cdot 1 \cdot \frac{1}{65,78} \sqrt{\frac{53,5 \cdot (1,5 + 1)}{21 \cdot 1,5}} \cdot 1,1 \cdot 1,15 = 381 \text{ МПа} \leq \sigma_{Hp} = 851 \text{ МПа}.$$

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Передача (28:44), параметри необхідні для розрахунку: $\sigma_{H \lim b} = 1380$ МПа,
 $d = 72$ мм, $n = 500$ об/хв., $d_w = d \cdot \cos \alpha = 72 \cdot \cos 20^\circ = 67,66$ мм, $T = 79$ Н·м, $U = 1,57$, $b = 24$
 мм, $K_{H\beta} = 1,12$, $K_{HV} = 1,1$ [12],

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 72 \cdot 500}{1000 \cdot 60} = 1,88 \text{ м/с.},$$

$$Z_v = 0,925 \cdot 1,88^{0,05} = 0,955,$$

$$\sigma_{Hp} = \frac{1050}{1,2} \cdot 1 \cdot 0,955 \cdot 1 \cdot 1 = 836 \text{ МПа},$$

$$\sigma_H = 10800 \cdot 1 \cdot \frac{1}{67,66} \sqrt{\frac{79 \cdot (1,57 + 1)}{24 \cdot 1,57}} \cdot 1,12 \cdot 1,1 = 411 \text{ МПа} \leq \sigma_{Hp} = 836 \text{ МПа}.$$

Передача (25:63), параметри необхідні для розрахунку: $\sigma_{H \lim b} = 1380$ МПа,
 $d = 75$ мм, $n = 250$ об/хв., $d_w = d \cdot \cos \alpha = 75 \cdot \cos 20^\circ = 70,48$ мм, $T = 154$ Н·м, $U = 2,52$,
 $b = 30$ мм, $K_{H\beta} = 1,1$, $K_{HV} = 1,1$ [12],

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 250}{1000 \cdot 60} = 0,982 \text{ м/с.},$$

$$Z_v = 0,925 \cdot 0,982^{0,05} = 0,924,$$

$$\sigma_{Hp} = \frac{1380}{1,2} \cdot 1 \cdot 0,924 \cdot 1 \cdot 1 = 1063 \text{ МПа},$$

$$\sigma_H = 10800 \cdot 1 \cdot \frac{1}{70,48} \sqrt{\frac{154 \cdot (2,52 + 1)}{30 \cdot 2,52}} \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 451 \text{ МПа} \leq \sigma_{Hp} = 1063 \text{ МПа}.$$

Передача (18:72), параметри необхідні для розрахунку: $\sigma_{H \lim b} = 1050$ МПа,
 $d = 72$ мм, $n = 400$ об/хв., $d_w = d \cdot \cos \alpha = 72 \cdot \cos 20^\circ = 67,66$ мм, $T = 94$ Н·м, $U = 4$, $b = 30$
 мм, $K_{H\beta} = 1,1$, $K_{HV} = 1,15$ [12],

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 72 \cdot 400}{1000 \cdot 60} = 1,51 \text{ м/с.},$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$Z_v = 0,925 \cdot 1,51^{0,05} = 0,944 ,$$

$$\sigma_{Hp} = \frac{1050}{1,2} \cdot 1 \cdot 0,944 \cdot 1 \cdot 1 = 826 \text{ МПа}, \quad \sigma_H = 10800 \cdot 1 \cdot \frac{1}{67,66} \sqrt{\frac{94 \cdot (4+1)}{30 \cdot 4}} \cdot 1,1 \cdot 1,15 = 351 \text{ МПа}$$

$$\leq \sigma_{Hp} = 826 \text{ МПа.}$$

Передача (40:40), параметри необхідні для розрахунку: $\sigma_{H \lim b} = 1050 \text{ МПа}$,
 $d = 160 \text{ мм}$, $n = 100 \text{ об/хв.}$, $d_w = d \cdot \cos \alpha = 160 \cdot \cos 20^\circ = 150,35 \text{ мм}$, $T = 363 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U = 1$,
 $b = 30 \text{ мм}$, $K_{H\beta} = 1,1$, $K_{HV} = 1,1$,

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 100}{1000 \cdot 60} = 0,84 \text{ м/с},$$

$$Z_v = 0,925 \cdot 0,84^{0,05} = 0,917 ,$$

$$\sigma_{Hp} = \frac{1050}{1,2} \cdot 1 \cdot 0,917 \cdot 1 \cdot 1 = 802 \text{ МПа},$$

$$\sigma_H = 10800 \cdot 1 \cdot \frac{1}{150,35} \sqrt{\frac{363 \cdot (1+1)}{30 \cdot 1}} \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 389 \text{ МПа} \leq \sigma_{Hp} = 802 \text{ МПа.}$$

Передача (40:40), параметри необхідні для розрахунку: $\sigma_{H \lim b} = 1050 \text{ МПа}$,
 $d = 160 \text{ мм}$, $n = 100 \text{ об/хв.}$, $d_w = d \cdot \cos \alpha = 160 \cdot \cos 20^\circ = 150,35 \text{ мм}$, $T = 356 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U = 1$,
 $b = 30 \text{ мм}$, $K_{H\beta} = 1,1$, $K_{HV} = 1,1$,

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 100}{1000 \cdot 60} = 0,84 \text{ м/с}$$

$$Z_v = 0,925 \cdot 0,84^{0,05} = 0,917 ,$$

$$\sigma_{Hp} = \frac{1050}{1,2} \cdot 1 \cdot 0,917 \cdot 1 \cdot 1 = 802 \text{ МПа},$$

$$\sigma_H = 10800 \cdot 1 \cdot \frac{1}{150,35} \sqrt{\frac{356 \cdot (1+1)}{30 \cdot 1}} \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 385 \text{ МПа} \leq \sigma_{Hp} = 802 \text{ МПа.}$$

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Розрахункове контактне напруження для конічної передачі (35:35)

$$\sigma_H = 6,7 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{K_{HV} \cdot K_{H\beta} \cdot T}{U \cdot d_e^3 \cdot \vartheta_H}} \text{ МПа,}$$

де K_{HV} – коефіцієнт внутрішнього динамічного навантаження, $K_{HV} = 1$;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт що враховує нерівномірність розподілу навантаження за шириною контактних ліній, приймаємо $K_{H\beta} = 1$;

ϑ_H – коефіцієнт для прямозубих передач;

σ_{Hp} – допустиме контактне напруження, МПа

$$\sigma_{Hp} = \frac{\sigma_{H\lim} \cdot Z_N \cdot Z_R \cdot Z_V}{S_H} \text{ МПа,}$$

тут $\sigma_{H\lim} = 17HRC + 200$ МПа;

Z_N – коефіцієнт довговічності;

Z_R – коефіцієнт що враховує вплив шорсткості;

Z_V – коефіцієнт що враховує вплив окружної швидкості;

S_H – коефіцієнт запасу міцності.

Передача (35:35), параметри необхідні для розрахунку: $Z_N = 1$; $Z_R = 1$; $Z_V = 1$;

$S_H = 1,2$; $K_{HV} = 1$; $K_{H\beta} = 1$; $T = 371 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $U = 1$; $d_e = 140 \text{ мм}$, $\vartheta_H = 0,85$,

$$\sigma_{H\lim} = 17 \cdot 60 + 200 = 1220 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{Hp} = \frac{1220 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,2} = 1017 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_H = 6,7 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{1 \cdot 1 \cdot 371}{1 \cdot 140^3 \cdot 0,85}} = 845 \leq \sigma_{Hp} = 1017 \text{ МПа.}$$

Умова контактної витривалості виконується.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

3.3.8 Розрахунок валу на прогин

Двоопорний вал розглядається як балка на двох шарнірних опорах, навантажена двома силами в прольоті. Розрахунок на жорсткість зводиться до визначення прогинів y_x та y_y в площинах дії сил X та Y , тобто під зубчастими колесами. Сили що діють на зубчастих колесах.

Циліндрична передача. Колова сила на зубчатому колесі

$$P_1 = \frac{2 \cdot T}{d_1} = \frac{2 \cdot 371}{0,288} = 2576 \text{ Н},$$

де T – крутний момент діючих сил на валу ($T = 371 \text{ Н} \cdot \text{м}$);

Радіальна сила

$$R_1 = \frac{P_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{2576 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 0^\circ} = 938 \text{ Н};$$

Конічна передача. Колова сила на середньому діаметрі шестерні

$$P_2 = \frac{T}{d_{m2}} = \frac{371}{0,120} = 3092 \text{ Н},$$

$$d_{m2} = 0,857 \cdot d_{e2} = 0,857 \cdot 140 = 120 \text{ мм},$$

де d_{m2} – середній ділильний діаметр.

Радіальна сила на шестерні

$$R_2 = P_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1 = 3092 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 45^\circ = 796 \text{ Н}.$$

Осьова сила на шестерні

$$F_{a2} = P_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1 = 3092 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \sin 45^\circ = 796 \text{ Н}.$$

Осьова сила F_{a2} утворює крутний момент M .

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

$$M = \frac{F_{a2} \cdot d_{m2}}{2} = \frac{796 \cdot 0,12}{2} = 47,76 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахункову схему вала складають на основі просторового розташування валів в коробці швидкостей. При дії на вал навантажень в різних площинах їх розкладають на дві взаємно перпендикулярні площини, за одну з яких вибирають площину дії однієї з сил. Розрахунок валів розглянемо на прикладі розрахунку 4 валу коробки швидкостей.

Згідно зі схемою навантаження (рисунки 3.1)

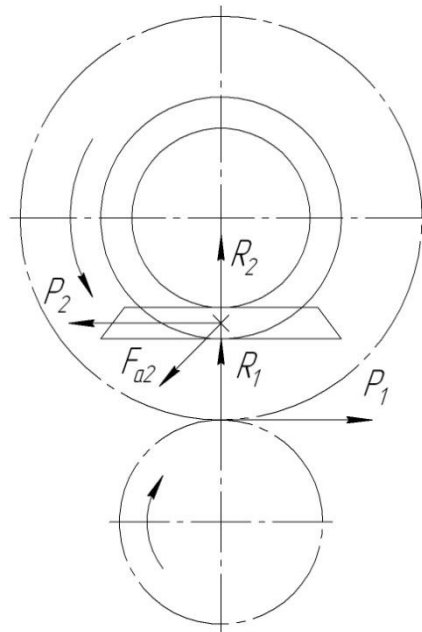


Рис. 3.4 Схема розташування валів у коробці.

Знаходимо реакції опор з рівнянь моментів.

$$\sum M_{BX} = 0, \quad R_2 \cdot (l+c) - A_x \cdot l + R_1 \cdot a - M = 0,$$

$$A_x = \frac{796 \cdot (0,360 + 0,055) + 938 \cdot 0,225 - 47,76}{0,360} = 1371 \text{ Н},$$

$$\sum M_{BY} = 0, \quad A_y \cdot l + P_1 \cdot a - P_2 \cdot (l+c) = 0,$$

$$A_y = \frac{3092 \cdot (0,360 + 0,055) - 2576 \cdot 0,225}{0,360} = 1954 \text{ Н},$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

$$\sum M_{Ax} = 0, \quad B_x \cdot l + R_2 \cdot c - R_1 \cdot b - M = 0,$$

$$B_x = \frac{938 \cdot 0,135 - 796 \cdot 0,055 + 47,76}{0,360} = 363 \text{ Н},$$

$$\sum M_{Ay} = 0, \quad B_y \cdot l - P_2 \cdot c - P_1 \cdot b = 0,$$

$$B_y = \frac{3092 \cdot 0,055 + 2576 \cdot 0,135}{0,360} = 1438 \text{ Н}.$$

Перевірка: $938 + 796 = 288 + 1371$ – у вертикальній площині

$2576 + 1954 = 3092 + 1438$ – у горизонтальній площині.

Розраховуємо згинальні моменти у характерних точках для вертикальної площини:

$$M_1^x = -B_x \cdot a = -363 \cdot 0,225 = -82 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_2^x = -A_x \cdot c - M = -1371 \cdot 0,055 - 47,76 = -123 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розраховуємо згинальні моменти у характерних точках для горизонтальної площини:

$$M_1^y = -B_y \cdot a = -1438 \cdot 0,225 = -324 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_2^y = A_y \cdot b = 1954 \cdot 0,055 = 107 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Сумарний згинальний момент:

$$M_1 = \sqrt{M_1^x + M_1^y} = \sqrt{(-82)^2 + (-324)^2} = 334 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_2 = \sqrt{M_2^x + M_2^y} = \sqrt{(-123)^2 + 107^2} = 163 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За результатами розрахунків будемо епюри згинальних моментів

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		81

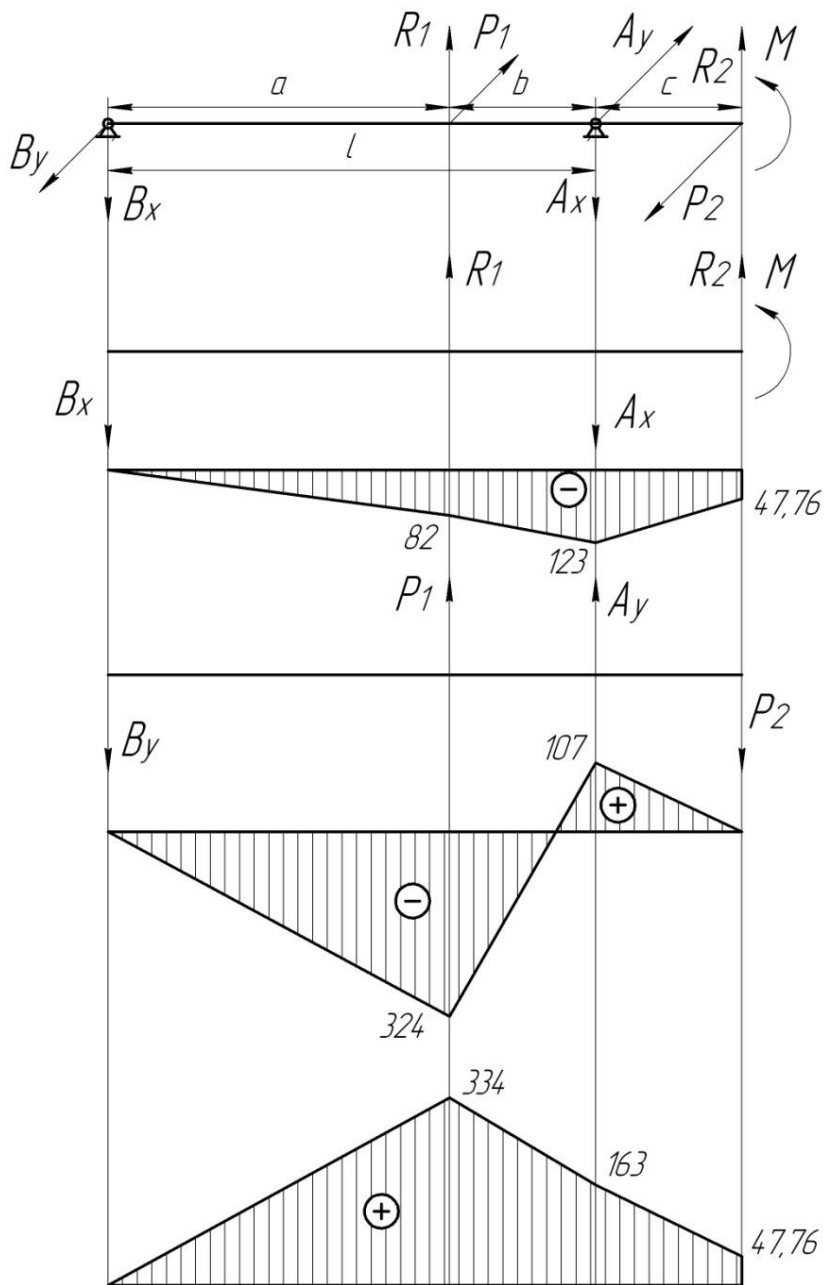


Рис. 3.5 Розрахункова схема та епюри згинальних моментів 4 вала.

Прогин знаходимо за формулою

$$y = \frac{Q \cdot l^3}{10^7 \cdot d^4} \cdot K_y,$$

де y – прогин у розрахунковому перерізі, см;

Q – сила, що діє на вал на відстані a від опори, Н;

l – довжина вала між опорами, см;

d – діаметр валу у розрахунковому перерізі, см;

K_y – коефіцієнт, що враховує зв'язок між точкою прикладення сили та

точкою, в якій визначають деформацію.

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Знаходимо прогин у вертикальній та горизонтальній площинах:

$$y_{x1} = \frac{R_1 \cdot l^3}{10^7 \cdot d^4} \cdot K_y = \frac{938 \cdot 36^3}{10^7 \cdot 5^4} \cdot 0,23 = 0,0016 \text{ см},$$

$$y_{x2} = \frac{R_2 \cdot l^3}{10^7 \cdot d^4} \cdot K_y = \frac{796 \cdot 36^3}{10^7 \cdot 5^4} \cdot 0,4 = 0,0024 \text{ см}.$$

$$y_{y1} = \frac{P_1 \cdot l^3}{10^7 \cdot d^4} \cdot K_y = \frac{2576 \cdot 36^3}{10^7 \cdot 5^4} \cdot 0,23 = 0,0044 \text{ см},$$

$$y_{y2} = \frac{P_2 \cdot l^3}{10^7 \cdot d^4} \cdot K_y = \frac{3092 \cdot 36^3}{10^7 \cdot 5^4} \cdot 0,4 = 0,0092 \text{ см}.$$

Сумарний прогин у площинах:

$$y_x = y_{x2} - y_{x1} = 0,0024 - 0,0016 = 0,0008 \text{ см},$$

$$y_y = y_{y1} + y_{y2} = 0,0044 + 0,0092 = 0,0136 \text{ см}.$$

Граничний прогин задається в залежності від довжини вала:

$$[y] = (0,0001 \dots 0,0005)l = 0,0005 \cdot 36 = 0,018 \text{ см}.$$

Умова виконується.

3.9. Розрахунок валу на міцність

Так як при розрахунку вала на жорсткість їх діаметри отримують більшими, ніж при розрахунку на міцність, в результаті чого вали працюють переважно з невеликими напруженнями, на міцність розраховують тільки важко навантажені вали, розрахунок виконується спрощено, не враховуючи динамічного характеру навантаження.

Формули і вказівки до розрахунку валів приведені в [1].

На міцність вал розраховують за формулою:

$$\sigma = \frac{\sqrt{M^2 + 0,45 \cdot T^2}}{w} \leq [\sigma],$$

$$w = \frac{\pi \cdot d^3}{32},$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

де $[\sigma] = 700 \text{ МПа}$ – допустиме напруження згину;

T – крутний момент, $T = 421 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

M – найбільший згинальний момент на валу, $M = 324 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

$$\sigma = \frac{\sqrt{324^2 + 0,45 \cdot 371^2}}{0,00000123} = 390 \text{ МПа},$$

$$\sigma = 390 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 700 \text{ МПа}.$$

Отримане значення не перевищує допустиме.

3.4 Обґрунтування вибраного оснащення на операцію

3.4.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування

Для обробки шпонкового паза на деталі “Вал-шестерня” на 025 операції шпонково-фрезерній використовується пристосування спеціальне з базуванням заготовки на дві призми із упором в торець по центровому отвору та затиском центром по другому центровому отворі.

Спроектоване пристосування складається з плити поз. 2, на якій за допомогою болтів поз. 15 прикріплені: складальна одиниця пневмоциліндр поз. 1, деталь напрямна поз. 9, через отвір якої проходить шток поз. 8 і установ кутовий поз. 11, в отаві якого загвинчено центр поз. 7. Також до плити прикріплено гвинтами дві опорні призми поз. 22, 23 з підкладками поз. 3, 4.

Пристосування встановлюється та закріплюється на столі шпонково-фрезерного напівавтомата мод. 692М за допомогою гвинтів, центрується на столі верстату за допомогою двох напрямних шпонок поз. 5, які кріпляться до плити поз. 2 за допомогою гвинтів поз. 21.

Принцип дії пристосування полягає у наступному: деталь базується зовнішніми циліндричними поверхнями на дві призми поз. 22, 23 та впирається по торцю центровим отвором на центр поз. 7, при подачі стисненого повітря в поршневу порожнину пневмоциліндра поз. 1, поршень зі штоком поз. 8, лівий кінець якого має центр, переміщується вліво затискаючи деталь.

Розкріплення деталі відбувається, коли стиснене повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра поз. 1 та шток поз. 8 з поршнем

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		84

переміщуються вправо. Таким чином, деталь опиняється розкріпленою та вільно знімається з пристосування.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		85

3.4.2 Вибір схеми базування і розрахунок похибки базування

Деталь “Вал-шестерня” в спроектованому пристосуванні базується обробленими зовнішніми циліндричними поверхнями на дві призми із упором в торець по центровому отвору та з затиском по другому центровому отворі центром. Схема базування має такий вигляд:

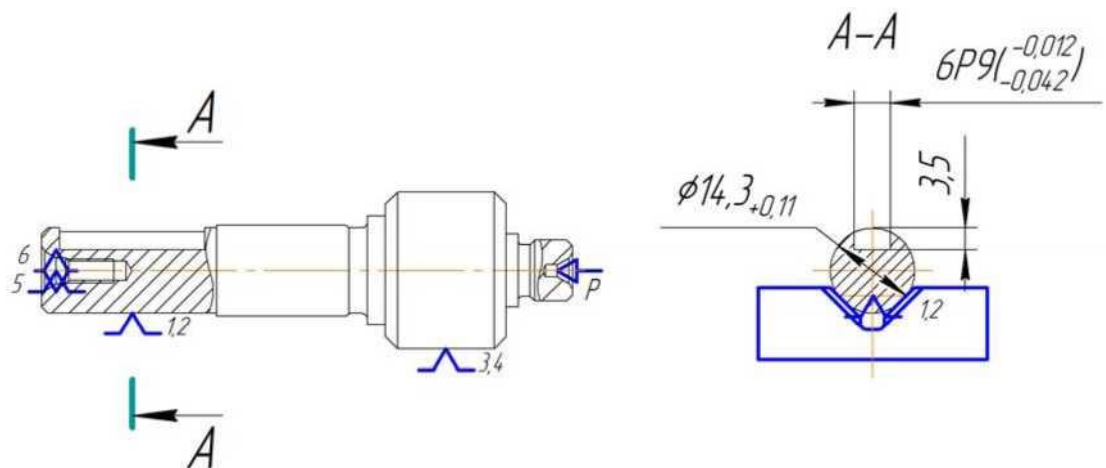


Рис. 3.6 Схема базування деталі “Вал-шестерня”

Похибка установки заготовки в пристосуванні обчислюється за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \quad (2.43)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення, яка виникає при затиску;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування, пов’язана з виготовленням пристосування.

Похибка базування при обробці шпонкового паза з базуванням на зовнішню циліндричну поверхню в призми визначається за формулою згідно табличних даних

$$\varepsilon_6 = 0,5Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right) \quad (2.44)$$

де $Td = 0,11$ – допуск зовнішнього діаметру заготовки;

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

$\alpha = 90^\circ$ - кут призми;

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 0,11 \cdot \left(\frac{1}{\sin 90^\circ} + 1 \right) = 0,11 \text{ мм}$$

Закріплення в центрах не дає похибку закріплення

Згідно рекомендацій, поданих у літературі [Помилка! Джерело посилання не знайдено.], похибка пристосування для однопозиційної обробки заготовки буде входити в значення похибки закріплення.

Тоді похибка установки заготовки в спроектованому пристосуванні буде:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = 0,11 \text{ мм}$$

Допуск на витримуваний розмір $3,5^{+0,12}$ становить 0,12 мм. Отже,

$$\varepsilon_{\text{вст}} = 0,11 \text{ мм} < 0,12 \text{ мм}$$

умова виконується, обробка можлива.

3.4.3 Розрахунок сили затиску

Для розрахунку сил затиску деталі на шпонково-фрезерній операції 025 приводимо розрахункову схему

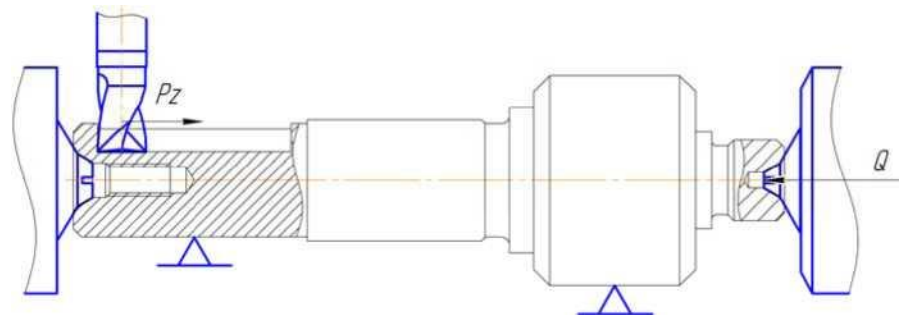


Рис. 3.7 Розрахункова схема сил, що діють при фрезеруванні на 025 шпонково-фрезерній операції

При фрезеруванні шпонкового пазу шпонковою фрезою за прийнятим способом базування і схеми закріплення заготовки дія сили затиску Q і сили

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

різання P_z взаємно протилежні.

$$Q = k \cdot P_z$$

де k - коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу визначаємо за формулою[^]

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

де $k_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,8$ - коефіцієнт запасу, який враховує зростання сили різання під час затуплення різального інструменту;

$k_2 = 1,2$ - коефіцієнт запасу, який враховує зростання сили при зміні припуску;

$k_3 = 1$ - коефіцієнт запасу, який враховує зростання сили різання при приривчастому різанні;

$k_4 = 1$ - коефіцієнт запасу, який враховує тип приводу;

$k_5 = 1$ - коефіцієнт запасу, який враховує зручність керування приводом.;

$k_6 = 1$ - коефіцієнт запасу, який враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку;

$$k = 1,5 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,24$$

Визначаємо силу різання при фрезеруванні шпонкового пазу 19, в розмірі 6Р9 $(\begin{smallmatrix} -0,012 \\ -0,042 \end{smallmatrix})$; 3,5 $^{+0,12}$ шпонковою фрезою $d=6$; $z=2$, Р6М5 ГОСТ 9140-78.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

де $t = 0,3$ мм - глибина різання;

$S_z = 0,1$ мм/зуб - подача;

$D = 6$ мм - діаметр фрези

$z = 2$ - число зубів фрези;

$B = 3,5$ мм - ширина фрезерування;

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V = 18,8$ м/хв – швидкість різання; $n = 1000$ об/хв – частота обертання шпинделя;

$K_{\text{мр}}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки,
 $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$;

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

де $\sigma_B = 600$ МПа; $n = 0,3$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,3^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 3,5^1 \cdot 2}{6^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 0,94 = 65,7 \text{ Н}$$

$$Q = 3,24 \cdot 65,7 = 213 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою для тягучої сили:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

де $p = 0,4$ МПа - тиск повітря в магістралі;

$\eta = 0,85$ - коефіцієнт корисної дії приводу;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 213}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 28 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо діаметр циліндра $D_{\text{ц}} = 65$ мм

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Характеристика виробничої дільниці з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці

На виробничій дільниці, площа якої становить 60 м², виконується механічна обробка деталі «Вал-шестерня». Згідно розробленого технологічного процесу механічної обробки деталі “Вал-шестерня” на дільниці розміщено 9 одиниць технологічного обладнання

Порядок розташування устаткування і відстані між верстатами визначені розмірами верстатів, технологічними вимогами і вимогами техніки безпеки. До устаткування, що має електропривід є вільний підхід з усіх сторін шириною 1м зі сторони робочої зони та 0,6 м – зі сторони неробочої зони, технологічне устаткування розміщено таким чином, що забезпечується потоковість виробничого процесу, розміщення технологічного устаткування, проходів та проїздів гарантує зручність та безпеку праці, можливість монтажу, демонтажу та ремонту устаткування. На робочих місцях передбачена площа, на якій розміщуються стелажі, тара, столи.

Дільниця спроектована згідно вимог до будівель виробничого призначення згідно СНиП 2.09.02-85 таким чином, що є можливість реконструкції та технічного переоснащення виробництва, зміни технологічних процесів та переходу на нові види продукції. Будівля, в якій розміщена дільниця, відноситься до категорії робіт Іа, для якої ступінь вогнестійкості ІІІ а.

Висота приміщення дільниці 5,0 м, ширина виходу з приміщення 1,2 м, а висота – 2,2 м. Ширина основних проходів всередині дільниці 1,5 м, а ширина проїздів 2,5 м. Двері, що ведуть безпосередньо назовні, обладнані тамбуром (повітряними завісами).ф

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Івасечко			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Гагалюк А.В.				90	
Рецензент					<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41</i>		
Н. контр.		Кобельник В.Р.					
Зав.каф.		Крупа В.В.					
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ							

На дільниці з метою запобігання травматизму застосовується попереджувальне фарбування будівельних конструкцій та знаки безпеки (ДСТУ ISO 6309:2007). Для обробки та захисту внутрішніх поверхонь дільниці від дії вологи використовується олійна фарба, що допускає миття поверхонь. Підлога дільниці зносостійка, вогнестійка, не слизька, щільна. Через неї в інші приміщення не повинні проникати вода, мастила, шкідливі речовини, гази. Покриття підлоги вибрано у відповідності із СНиП 2.03.13-88.

Умови праці на дільниці відповідають нормативним та відносяться до категорії допустимих. На кожному робочому місці є інструкція з техніки безпеки та вся нормативна документація.

Всі робочі місця на дільниці атестовані.

Кліматичні умови на ділянці згідно до ДСН 3.3.6.042-99:

- температура повітря $t = (20..25)^{\circ} \text{C}$;
- відносна вологість повітря $\Theta = (45..60) \%$;
- швидкість руху повітря $V = 0,2 \text{ м/с}$ в холодний період року;
- швидкість руху повітря $V = 0,3 \text{ м/с}$ в теплий період року;
- інтенсивність теплового опромінення від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлених установок 70 Вт/м^2 .

При проектуванні на дільниці організованої природної та штучної загальнообмінної витяжної вентиляції враховані згідно ДБН В.2.5-67:2013, ДБН В.2.5-56:2014 розрахункові параметри зовнішнього повітря міста Тернополя. Для компенсації втрат тепла на дільниці спроектована центральна водяна система опалення низького тиску.

На спроектованій дільниці передбачене природне (двостороннє бокове освітлення при ширині вікон 4,5 м, висоті підвіконника 1,5 м) та штучне комбіноване освітлення. Штучне освітлення передбачається як на даній ділянці так і у побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщень у темний період доби. Загальне освітлення відповідає вимогам (ДБН В.2.5-28-2006 і становить $E_p = 300 \text{ лк}$; евакуаційне освітлення $E_{\text{св}} = 0,5 \text{ лк}$, аварійне освітлення $E_{\text{авар}} = 2 \text{ лк}$ в середині приміщення, та $E_{\text{ав.}} = 1$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		91

лк на території, охоронне освітлення $E = 0,5$ лк на рівні землі. Місцеве освітлення забезпечується лампами розжарювання. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

На спроектованій ділянці параметри шуму та вібрацій на робочих місцях, що виникають при експлуатації технологічного оснащення, відповідають ДСТУ 2867-94; ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008.

Для забезпечення електробезпеки на ділянці по виготовленню деталі «Вал-шестерня» все технологічне обладнання заземлене, використане контурне заземлення. Захист від прямих ударів блискавок та вторинного прояву атмосферної електрики забезпечено влаштуванням блискавковідводів та заземленням обладнання, яке знаходиться на ділянці. Захист будівлі від прямих ударів блискавок виконано окремо розташованими стержневими (тросовими) блискавковідводами, які встановлені на будівлі. На ділянці заземлювачі захисного заземлення технологічного обладнання об'єднані з захистом від прямого удару блискавок.

Згідно НАПБ Б.03.002-2007 ділянка по виготовленню деталі «Вал-шестерня» за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії Д. На підприємстві відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 передбачено систему протипожежного водопостачання. Втрати води на гасіння пожежі для спринклерних установок, внутрішніх пожежних кранів та зовнішніх гідрантів прийнято відповідно з вимогами «Інструкції з проектування установок автоматичного пожежогасіння», ДБН В.2.5-74:2013 та ДБН В.2.5-64-2012. Водопожежне постачання розраховано на тривалість гасіння пожежі – 2 год., при цьому прийнято протипожежний водогін низького тиску.

На ділянці на випадок пожежі передбачена евакуація людей через евакуаційні виходи, які розташовані розосереджено. Згідно з ДБН В 1.1-7-2002 спроектовано два евакуаційні виходи безпосередньо через коридор назовні.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта, на ділянці передбачені первинні засоби пожежогасіння. Згідно «Правил пожежної безпеки в

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		92

Україні” на ділянці встановлений щит, до комплексу якого входять: ящик з піском місткістю 0,5 м³, який укомплектований совковою лопатою; протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, розміром 2 × 2 м – 2 шт.; вогнегасники: вуглекислотні типу ВВ-5 – 2 шт., порошкові типу ВПУ-2 – 1 шт.; гаки – 3 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Для своєчасного виявлення ознак займання на ділянці передбачена пожежна сигналізація – електрична типу ЕПС променева. На даній ділянці встановлено неадресований пожежний сповіщувач.

Для покращення стану охорони праці та умов роботи на спроектовані ділянці по виготовленню деталі “Вал-шестерня” пропонується:

- ввести зміни в технологічний процес механічної обробки деталі завдяки впровадженню верстатів з ЧПК замість універсальних верстатів. Це дозволить не лише збільшити продуктивність праці і зменшити трудомісткість виробничого процесу (обробка проводиться в напівавтоматичному циклі), а й покращити умови праці. Застосування цих верстатів дозволяє зменшити допоміжні ручні рухи на 80%, що виключає постійне знаходження оператора, який обслуговує верстат, в робочій зоні під час обробки деталі. Цей фактор зменшує можливість травматизму на робочому місці;
- ввести в дію припливну вентиляцію;
- обладнати кімнату для психологічного розвантаження робітників;
- забезпечити видачу спецодягу, взуття та засобів індивідуального захисту (рукавиці, окуляри для захисту від механічних пошкоджень, для слюсарів-ремонтників та наладчиків – захисні мазі та пасти.

4.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою для цеху, чи обладнання, що проектується (його схема).

Розрахунок захисного заземлення необхідний для визначення кількості електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму або напруга дотику при замиканні фази на заземлені частини електроустановок

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		93

не перевищують допустимих значень.

Вихідні дані:

- 1) захищений об'єкт – стаціонарний (дільниця механічного цеху);
- 2) кількість верстатів на дільниці – 9 шт. [п. 3.1];
- 3) площа дільниці – 60 м² [п. 3.1];
- 4) напруга мережі – 380 В;
- 5) виконання мережі – з глухозаземленою нейтраллю;
- 6) тип заземлюваного пристрою – вертикальний (пруток);
- 7) розміри вертикальних заземлювачів: довжина $l_{\text{в}} = 3,0$ м; діаметр прутка $d = 0,03$ м;
- 8) відношення відстані між прутками до їхньої довжини дорівнює $\frac{l_{\text{в}}}{l_{\text{в}}} = 1$;
- 9) розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки) довжина $L_{\text{Г}} = L_{\text{з.с.}}$ – згідно з розрахунком, м, ширина стрічки $b = 0,025$ м;
- 10) глибина закладання вертикальних заземлювачів $h_{\text{в}} = 0,8$ м; горизонтальних заземлювачів $h_{\text{Г}} = 0,8$ м.
- 11) розташування заземлювачів попередньо приймаємо за чотирикутним контуром при числі стержнів від 4 до 100 та в один ряд при числі стержнів від 2 до 20 (рис. 4.1).
- 12) ґрунт – суглинок; склад – однорідний; вологість – середня; агресивність – нормальна;
- 13) кліматична зона – III.

Розрахунок:

1. Визначаємо характеристику навколишнього середовища в механічному цеху: за пожежною небезпекою згідно з ПУЕ вона відноситься до П-II; за вибухобезпекою згідно з ПУЕ – до класу В-I; за ступенем ураження електричним струмом – без підвищеної та особливої небезпеки.

2. Визначаємо $R_{\text{д}}$ – допустиме (нормативне) значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої. За [79] С. 259, табл. 7.1. приймаємо $R_{\text{д}} \leq 4$ Ом.

3. Визначаємо $\rho_{\text{ТАБЛ}}$ – приблизне значення питомого опору ґрунту, що

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

рекомендується для розрахунку. За [79] С. 260, табл. 7.2 приймаємо $\rho_{\text{ТАБЛ}} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

4. Визначаємо $K_{\text{С.В.}}$ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів для даної кліматичної зони II. Згідно табличних даних [79] С. 261, табл. 7.4 приймаємо $K_{\text{С.В.}} = 1,3$.

5. Визначаємо значення $K_{\text{С.Г.}}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною. За табличними даними [79] С. 261, табл. 7.4 $K_{\text{С.Г.}} = 3,5$.

6. Визначаємо $\rho_{\text{розр.в}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{\text{розр.в}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{\text{С.В.}} = 100 \cdot 1,3 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.1)$$

де $\rho_{\text{табл.}}$ – приблизне значення питомого опору Ом·м;

7. Визначаємо $\rho_{\text{розр.г}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів:

$$\rho_{\text{розр.г}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{\text{С.Г.}} = 100 \cdot 3,5 = 350 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.2)$$

8. Визначаємо t – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача:

$$t = h_{\text{в.}} + \frac{l_{\text{в.}}}{2} = 0,8 + \frac{3,0}{2} = 2,3 \text{ м} \quad (4.3)$$

9. Розраховуємо $R_{\text{в}}$ – опір розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі:

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		95

$$R_B = \frac{\rho_{\text{розр.в.}}}{2\pi \cdot l_B} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4t + l_B}{4t - l_B} \right) =$$

$$= \frac{130}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 38,23 \text{ Ом} \quad (4.4)$$

10. Визначаємо $n_{\text{т.в.}}$ – теоретичну кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання $\eta_{\text{в.в.}}$, тобто $\eta_{\text{в.в.}}=1$:

$$n_{\text{т.в.}} = \frac{R_B}{R_{\text{д.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}} = \frac{38,23}{4 \cdot 1} = 9,56 \text{ шт.} \quad (4.5)$$

Приймаємо $n_{\text{т.в.}}=10$ шт.

11. Визначаємо $\eta_{\text{в.в.}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх згідно з вихідними даними при кількості заземлювачів $n_{\text{т.в.}} = 10$ шт. та при співвідношенні $\frac{L_B}{l_B} = 1$. За табличними даними [79] С. 262, табл. 7.5 приймаємо $\eta_{\text{в.в.}} = 0,74$.

12. Визначаємо $n_{\text{н.в.}}$ – необхідну кількість вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання:

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{R_B}{R_{\text{д.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}} = \frac{38,23}{4 \cdot 0,74} = 12,92 \text{ шт} \quad (4.6)$$

Приймаємо $n_{\text{н.в.}} = 13$ шт.

13. Визначаємо $R_{\text{розр.в.}}$ – розрахунковий опір, Ом розтікання струму у вертикальних заземлювачів при $n_{\text{н.в.}} = 13$ шт. без врахування з'єднувальної стрічки:

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{R_B}{n_{\text{н.в.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}} = \frac{38,23}{13 \cdot 0,74} = 3,97 \text{ Ом} \quad (4.7)$$

14. Визначаємо $L_{\text{в.}}$ – відстань між вертикальними заземлювачами з

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

відношенням $\frac{L_B}{l_B} = 1$:

$$\text{Звідси } L_B = 1 \cdot l_B = 1 \cdot 3,0 = 3,0 \text{ м.}$$

15. Визначаємо $L_{з.с.}$ – довжину з'єднувальної стрічки:

$$L_{з.с.} = 1,05 \cdot L_B \cdot (n_{н.в.} - 1) = 1,05 \cdot 3,0 \cdot (13 - 1) = 37,8 \text{ м} \quad (4.8)$$

16. Визначаємо $R_{Г.з.с.}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці):

$$R_{Г.з.с.} = \frac{\rho_{розр.г.}}{\pi \cdot L_{з.с.}} \cdot \ln \frac{L_{з.с.}^2}{b \cdot t} = \frac{350}{3,14 \cdot 37,8} \cdot \ln \frac{37,8^2}{0,025 \cdot 2,3} = 19,87 \text{ Ом} \quad (4.9)$$

17. Визначаємо $\eta_{в.г.}$ – коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними даними при відношенні $\frac{L_B}{l_B} = 1$ та необхідній кількості вертикальних заземлювачів $n_{н.в.} = 13$ шт. Згідно з табличними даними [79] С. 263, табл. 7.6 $\eta_{в.г.} = 0,52$.

18. Визначаємо $R_{розр.г.}$ – розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці) при числі електродів $n_{г.} = 1$:

$$R_{розр.г.} = \frac{R_{Г.з.с.}}{n_{г.} \cdot \eta_{в.г.}} = \frac{19,87}{1,0 \cdot 0,52} = 38,22 \text{ Ом.} \quad (4.10)$$

19. Визначаємо $R_{розр.в.г.}$ – розрахунковий теоретичний опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах:

$$R_{розр.в.г.} = \frac{1}{\frac{1}{R_{розр.в.}} + \frac{1}{R_{розр.г.}}} = \frac{1}{\frac{1}{3,97} + \frac{1}{38,22}} = 3,57 \text{ Ом} \quad (4.11)$$

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		97

20. Вибираємо матеріал та поперечний перетин з'єднувальних провідників. З таблиці [79] С. 265, табл. 7.8 вибираємо голі мідні провідники $S_M = 4 \text{ мм}^2$.

21. Вибираємо матеріал та поперечний перетин магістральної шини. За таблиці [79] С. 265, табл. 7.8 приймаємо сталеву шину товщиною $\delta_C = 4 \text{ мм}$ і перетином $\sigma = 100 \text{ мм}$.

22. Наводимо схему заземлювального контуру.

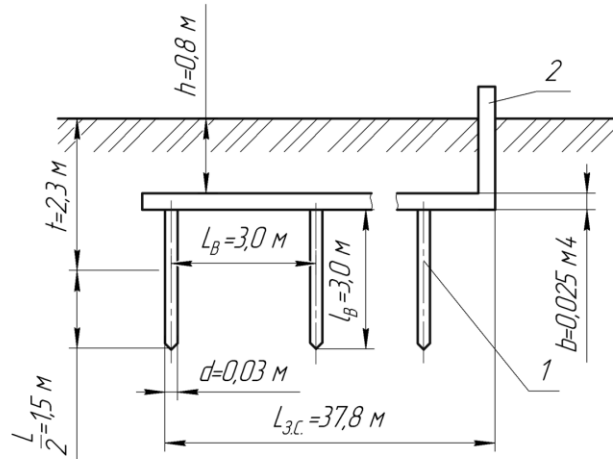


Рис. 4.1 Схема позначення розмірів для розрахунку захисного заземлення (1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач)

Висновок: на виробничій дільниці по виготовленню деталі “Вал-шестерня” площею 60 м^2 розміщено 9 верстатів, а саме:

2. фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. EM535M – 1 шт;
3. вертикально-свердлильний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2 – 1 шт;
4. токарний верстат з ЧПК мод. 16B16T1 модернізований – 1 шт;
5. шпонково-фрезерний напівавтомат мод. 692M – 1 шт;
6. горизонтально-фрезерний верстат мод. 6P82Г – 1 шт;
7. зубофрезерний верстат мод. 53A20B – 1 шт;
8. круглошліфувальний верстат з ЧПК 3M151Ф2 – 1 шт;
9. центрошліфувальний верстат мод. MB119 – 1 шт.

Все технологічне обладнання заземлено. Згідно проведеного розрахунку захисного заземлення визначено необхідну кількість вертикальних заземлювачів $n_{н.в.} = 13$ шт. Заземлювачі розміщені за чотирикутним контуром.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

Отриманий розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах є меншим за допустиме (нормативне) значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої $R_{\text{розр.в.г.}} = 3,570\text{м} < R_{\text{д}} = 4,00\text{м}$, отже відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ, ПТБ.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		99

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гевко Б. М., Матвійчук А. В., Артюхов А. М., Пік А. І., Гагалюк А. В., Лотоцький Р. І. Технологія обробки на верстатах з ЧПК. - Тернопіль: Крок, 2014. – 131 с.
2. Analysis of the stress-strain state of the vehicle frame by finite element method // Mykola Stashkiv, Ivan Pidgurskyi, Oleh Pidluzhnyi, Mykola Pidgurskyi, Mykhaylo Levkovych, Ruslan Skliarov, Andriy Mushak // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 89–102.
3. Features of creating a solid models and assembly operations at cad-systems / T. V. Vitenko et al. International conference on education and new learning technologies, Barcelona, Spain, 3–5 July 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0336> (date of access: 22.05.2024).
4. Hahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2023. Vol. 111, no. 3. P. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.067
5. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2024).
6. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations. Theoretical and applied problems, november 22–24, 2023, : Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, 22–24 November 2023. 2023. P. 165–182.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
<i>Розробив</i>		<i>Івасечко</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Гагалюк А.В.</i>							<i>101</i>	
<i>Рецензент</i>								<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, зр. МВс-41</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>								
<i>Зав.каф.</i>		<i>Крупа В.В.</i>								

7. New technology for the manufacturing and use of rolling kingpin bushings in the undercarriage of certain vehicles. Senyk A., Kobelnyk V., Gagaliuk A., Plavutska I., Matviyishyn A., Larochkin A., Dubyniak T. *Procedia Structural Integrity*. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 508-515. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195796663&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=a&ff&sdt=a&sl=67&s=AF-ID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=21&citeCnt=0&searchTerm=>
8. Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning / V. Krupa et al. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*. 2022. Vol. 114, no. 1. P. 22–31. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1480>
9. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / Petro Kryvyi, Volodymyr Krupa, Volodymyr Kobelnyk, Yaroslav Kosiv. // *Scientific Journal of TNTU*. — Ternopil : TNTU, 2019. — Vol 96. — No 4. — P. 57–69.
10. Technological Heredity and Accuracy of the Cross-Section Shapes of the Hydro-Cylinder Cylindrical Surfaces / P. D. Kryvyi et al. *ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference*, Detroit, Michigan, USA, 9–13 June 2014. 2014. URL: <https://doi.org/10.1115/msec2014-3946> (date of access: 22.05.2024).
11. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 114/1 (2022) 22-31.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		102

12. Volodymyr Shanaida, Ruslan Skliarov, Valeriy Lazaryuk. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations/ Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, November 22–24, 2023, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland. 2023, 3628, pp. 43-54. (Scopus) <https://ceur-ws.org/Vol-3628/paper12.pdf>
13. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль : ТНТУ 2023. 246 с.
14. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці: Навчально-методичний комплекс для підготовки спеціалістів ступеня «бакалавр» III-IV рівнів акредитації для всіх напрямків підготовки / М.М.Сақун, І.В.Москалюк, В.Ф.Нагорнюк; за редакцією Сақуна М.М. – Одеса: Видавництво, 2017. – 400 с.
15. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів / Кобельник В.Р, Крупа В.В., Тимошенко Н.М. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.
16. Ворощук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.
17. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа Львів : Машинознавство. 2013. №9-10 (195-196). С. 76-83.
18. В'юк Д. В., Крупа В. В. Ймовірно статистична модель оцінювання ефективності застосування твердосплавних пластинок в умовах дрібносерійного виробництва. Актуальні задачі сучасних технологій : Матеріали XII Міжнар. науково-практ. конф. молодих уч. та студентів, м. Тернопіль, 6–7 груд. 2023 р. Тернопіль, 2023. С. 87–88.
19. Гагалюк А. В., Скляров Р. А. Генетичні алгоритми в генеративному

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		103

дизайні. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175- річчя з дня народження Івана Пулюя, (Тернопіль, 14–15 травня 2020 року), – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. – 288 с. - С. 56-57

20. Гагалюк О., Гагалюк А., Бойко О. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ. ТРАНСФОРМАЦІЯ БІЗНЕСУ ДЛЯ СТАЛОГО МАЙБУТНЬОГО: ДОСЛІДЖЕННЯ, ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ТА ІННОВАЦІЇ : Зб. тез доп. II Міжнар. науково-практ. конф. „Трансформація бізнесу для сталого майбут.: дослідж., діджиталізація та інновації, м. Тернопіль, 23–24 листоп. 2022 р. Тернопіль, 2023. С. 3–5. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39772>.
21. Гордєєв О. Ф. Упорний ГСП з пружними перемичками / О. Ф. Гордєєв, Р. М. Полінкевич, Н. Т. Зубовецька, Р. А. Скляр // Наукові нотатки. - 2011. - Вип. 31. - С. 80-84. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2011_31_16.
22. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навч. посіб. до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи /Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
23. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р. Г. Редько та ін. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». 2014. № 44. С. 249–253.
24. Дослідження розсіювання величин подач токарних верстатів в імовірнісному аспекті / В. В. Крупа та ін. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 4(83). С. 16–28. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.4.2>
25. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. Практикум із охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
26. Кобельник В.Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		104

отворів шляхом забезпечення зміни подачі / В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. – С. 47–56.

27. Кобельник В.Р. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – Вип. № 1 (40). С. 34–40.
28. Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99–108.
29. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.
30. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.
31. Кривий П. Д. , Крупа В. В. Конструкторсько-технологічні параметри багаторізцевих розточних головок з радіусними вершинами різців. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2011. Вип. 33 С. 92-99.
32. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сеник А. А. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 232 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27951>
33. Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>.
34. Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>105</i>

35. Кривий П., Крупа В., Продан В. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ТДТУ. 2010. Т. 15, № 1. С. 147–156. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/486>.
36. Кривий П.Д. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні // П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник / Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ – Київ, 2006. – Вип. № 19. – С. 58–64.
37. Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов. – К. : КПІ, 2012. – Том 1. – С. 71–73.
38. Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2011. – Вип. № 28. – С. 77–85.
39. Кривий П.Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.І. Продан, В.Г. Яковлев // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. – Херсон : ХДМА, 2012. – № 2 (7). С. 145–155.
40. Крупа В. В. Визначення конструкторсько-технологічних параметрів багаторізцевих розточних головок з поділом припуску та подачі. Вісник ТДТУ. 2011. Т. 16, № 1. С. 105–117. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/959>.
41. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів: дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Тернопіль, 2015. 168 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5656>
42. Крупа В., Кобельник В., Гагалюк А. Обґрунтування параметрів спеціального трикулачкового патрона для затиску тонкостінних

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		106

циліндричних заготовок. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. 2023. № 4. С. 128–137. URL: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.4.16>

43. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Скляр; під ред. Ю. М. Кузнецова. – Київ : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
44. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Формалізований опис шпindelного вузла як основної компоненти багатошпindelного токарного автомата. Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. - Краматорськ : ДДМА, 2009. - Вип. 25. – С. 139-146
45. Кухарський О.М., Кузьмін М.І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
46. Метод оцінювання статичної точності кінематичних ланцюгів подач консольних фрезерних верстатів / П. Д. Кривий та ін. Прогресивні технології в машинобудуванні : збірник наукових праць : Матеріали Міжнар. науково-техн. конф., м. Львів. Львів, 2020. С. 103–105.
47. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування” / О.М.Кухарський, І.В. Кушак. Тернопіль, 2001. 65 с.
48. Оправка фланцева кулачкова : пат. 56794 Україна : F16C 15/00. № u201008774 ; заявл. 14.07.2010 ; опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2. 1 с.
49. Орищук Р. М., Чернявський І. В., Шанайда В. В. Дослідження точності позиціонування деталей різної геометричної форми у верстатних механізмах кріплення і силової фіксації. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї–наука–виробництво : матеріали ХІХ Міжнар. науково-практ. конф., м. Суми, 25–26 листоп. 2020 р. Суми, 2020. С. 63–66.
50. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
51. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г.,

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>107</i>

Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>

52. Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням / П. Д. Кривий та ін. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. 2020. № 3 (47). С. 199--206.
53. Р.Г. Редько, Р.А. Склярів, Р.М. Полінкевич, Т.І. Четвержук, О.І. Редько Аналіз зношення губок затискних цанг багатшпиндельних токарних автоматів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки», Випуск 71, Луцьк, 2021, № 71. – 363 с. – С. 294-297.
54. Редько Р. Г. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р. Г. Редько, О. І. Редько, В. В. Шанайда, Р. А. Склярів // Наукові нотатки. - 2014. - Вип. 44. - С. 249-253. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_44_41.
55. Розточувальні інструменти з попарно-асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких циліндричних отворів П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, В. Г. Яковлев. Технічні науки та технології. 2016. № 2 (4). С. 28-35.
56. Савіцький Д., Замостний В., Шанайда В. Особливості створення 3D моделей деталей в об'єктах галузевого машинобудування. Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання : Матеріали V Міжнар. студент. науково-техн. конф., м. Тернопіль, 28 квіт. 2022 р. Тернопіль, 2022. С. 79–81.
57. Склярів Р. А. Вибір бази порівняння при прогнозуванні стратегії підвищення якості технологічного обладнання. Матеріали наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя механіко-технологічного факультету «Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті. (м. Тернопіль, 16 травня 2011 р.), 2011.- С. 111-112
58. Склярів Р. А., Возняк А. З. Статистичний аналіз розвитку компоновок

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		108

багатоцільових верстатів. Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с. - с. 150

59. Склярів Р. А., Гагалюк А. В. Використання методу нейронних мереж для прогнозування металорізальних верстатів. Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. – 212 с. (Машинознавство та машинобудування). - С. 34
60. Склярів Р. А., Гуцалюк І. В. Вимоги до технологічного оснащення яке використовується для затиску призматичних заготовок. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – Т. 2. – 143 с. - С. 26
61. Склярів Р. А., Приходай Д. А. Шляхи підвищення точності обробки на металорізальних верстатах. Збірник тез доповідей Х Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 2021.- С. 55-56
62. Склярів Р. А., Четвержук Т. І., Полінкевич Р. М., Редько Р. Г., Залета О. М. Статистичне моделювання технічних характеристик металорізальних верстатів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки», Випуск 71, Луцьк, 2021, № 71. – 363 с. – С. 322-329.
63. Склярів Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Р. Склярів, В. Шанайда, М. Савчук // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.
64. Склярів Р., Крисько О. Особливості конструкцій багатоцільових верстатів для обробки корпусних деталей. Матеріали Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 22-23 квітня

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		109

- 2010 р.), 2010.- Т. 1. - 472 с., - С. 238.
65. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: Методичний посібник . Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
 66. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ. / Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. – Кіровоград, 2004. 449 с.
 67. Чернявський І. В., Орищук Р. М., Шанайда В. В. Дослідження напружено-деформованого стану елементів конструкції пружно-компенсаційної муфти методами 3d моделювання. Актуальні задачі сучасних технологій : Зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф. Молодих уч. та студентів, м. Тернопіль, 25–26 листоп. 2020 р. Тернопіль, 2020. С. 63–66.
 68. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.
 69. Шанайда В. В. Створення схем формоутворення внутрішніх різей на основі принципів структурно-векторного синтезу. Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорт : Зб. тез доп. наук. конф. ТНТУ МТФ, м. Тернопіль, 16 трав. 2011 р. Тернопіль, 2011. С. 109–110.
 70. Шанайда В. В., Склярів Р. А. Особливості формоутворення геометричного профілю внутрішніх замкових різей бурових колон. Збірник тез XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя : Наук. конф. Терноп. нац. техн. ун-ту імені Ів. Пулюя, м. Тернопіль, 5 груд. 2012 р. Тернопіль, 2012. С. 79.
 71. Шанайда В., Склярів Р., Редько О. Аналіз геометричної моделі процесу фрезерування внутрішніх замкових різей. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2014. № 2. С. 144–150.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		110

ДОДАТКИ

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>111</i>

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		20		Кожух	1	
		21		Шестерня	1	
		22		Зубчасте колесо	1	
		23		Шестерня зубчастого блока	1	
		24		Шестерня	1	
		25		Шестерня зубчастого блока	1	
		26		Шестерня	1	
		27		Зубчасте колесо	1	
		28		Зубчасте колесо	1	
		29		Зубчастий блок	1	
		30		Шестерня	1	
		31		Зубчасте колесо	1	
		32		Шестерня	1	
		33		Зубчасте колесо	1	
		34		Шестерня конічна	1	
		35		Шестерня конічна	1	
		36		Зубчасте колесо	1	
		37		Стакан	1	
		38		Стакан	1	
		39		Стакан	1	
		40		Стакан	1	
		41		Кожух	1	
		42		Стійка	2	
		43		Шайба	1	
		44		Втулка	1	
		45		Втулка-ексцентрик	1	
		46		Втулка натискна	1	
		47		Шайба	1	
		48		Кільце	1	
		49		Втулка	1	
		50		Втулка	1	
		51		Втулка	1	

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

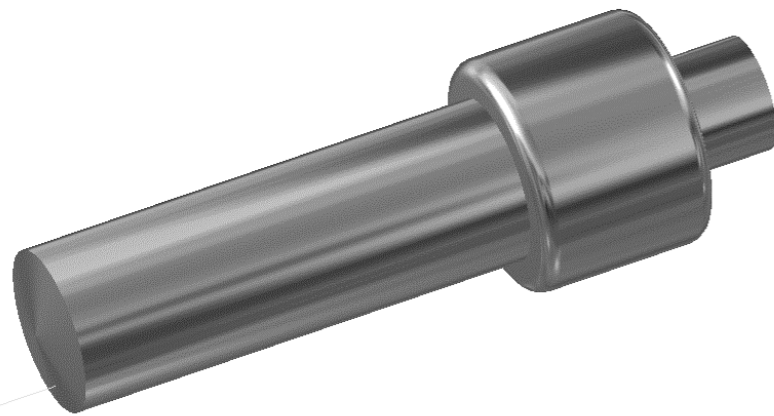
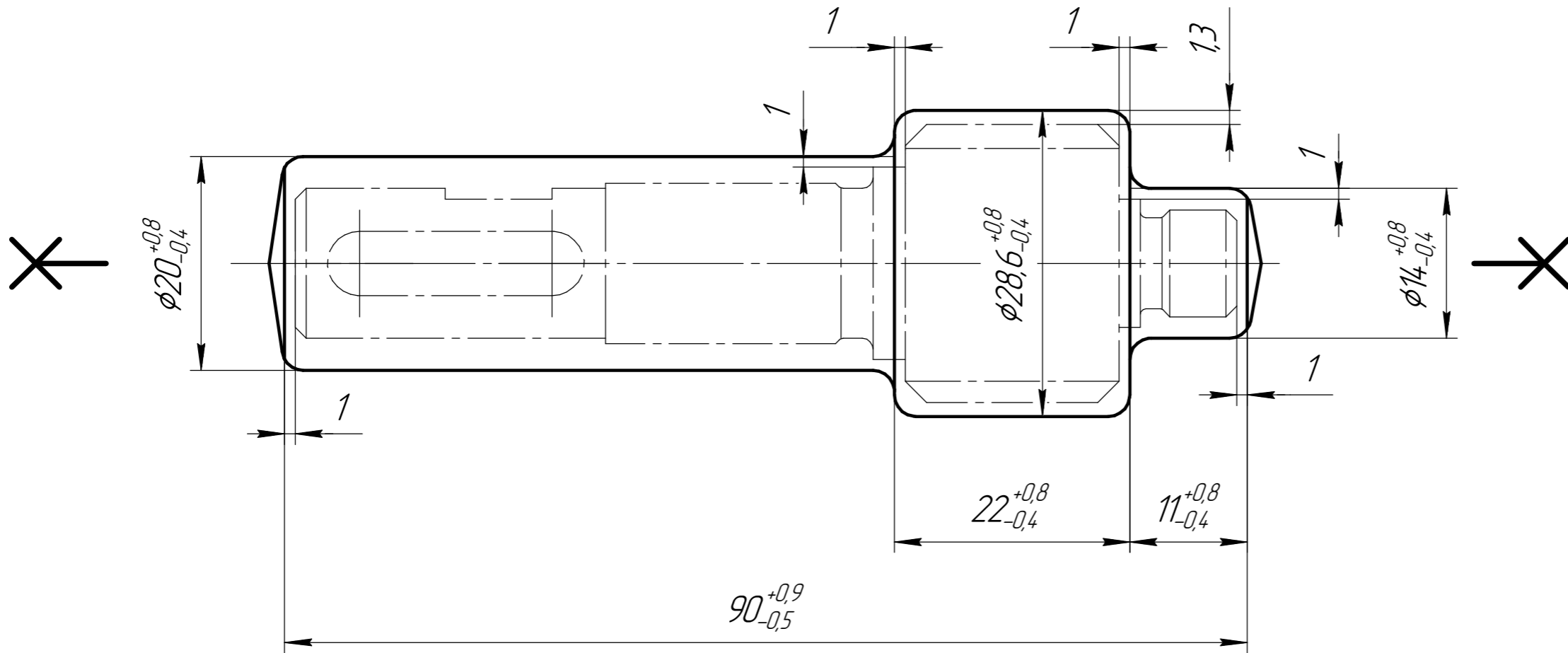
КРБ 22-362.00.06.000 СК

Лист
2

Перв. застосує.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка	
						<u>Документація</u>			
		A1				Складальне креслення			
						<u>Деталі</u>			
				1		Плита	1		
				2		Напрямна	1		
				3		Підкладка	1		
				4		Сухар	1		
				5		Штифт	1		
				6		Центр	1		
				7		Шток	1		
						<u>Стандартні вироби</u>			
				8		Пневмоциліндр $\phi 65$ ГОСТ 18742-75	1		
				9		Кутова база ГОСТ 13345-85	1		
				10		Призма опорна ГОСТ 12195-66	1		
				11		Болт М16-6g x 55.58.16 ГОСТ 7805-70	4		
				12		Гайка М16-6Н.12.16 ГОСТ 5915-70	4		
					КРБ 22-362.00.06.000 СП				
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
		Розрод.	Івасечко М.Ю.				Літ.	Аркцш	Аркцшів
		Перев.	Гагалоук А.В.				Д	1	2
		Н.контр.	Кодельник В.Р.				ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41, м.Тернопіль		
		Затв.	Крцпа В.В.						

КРБ 22-362.00.01.000

Rz 80



Вал шестерня (Master) iProperties

General Summary Project Status Custom Save Physical

Material: [Blank] Update

Density: 7,850 g/cm³ Requested Accuracy: Low Clipboard

General Properties

Include Cosmetic Welds Include QTY Overrides

Center of Gravity

Mass: 0,266 kg (Relative Err: [Blank]) X: 22,310 mm (Relative)

Area: 7176,167 mm² (Reli) Y: -19,436 mm (Relative)

Volume: 33832,279 mm³ (Re) Z: 3,604 mm (Relative E)

Inertial Properties

Principal Global Center of Gravity

Principal Moments

I1: 18,523 kg mm² I2: 171,116 kg mm² I3: 171,116 kg mm²

Rotation to Principal

Rx: 0,00 deg (Relat) Ry: 0,00 deg (Relat) Rz: 0,00 deg (Relat)

Close Скасувати Застосувати

1. Клас точності штамповки ГОСТ 7505-89 - Т4.
2. Група сталі штамповки ГОСТ 7505-89 - М2.
3. Ступінь складності штамповки ГОСТ 7505-89 - С2.
4. Вихідний індекс ГОСТ 7505-89 - 9.
5. Невказані радіуси заокруглення R 3 мм...5 мм.
6. Невказані штамповочні нахили 3°...5°.

					КРБ 22-362.00.01.000			
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Вал-шестерня (штамповка)	Лім.	Маса	Масштаб
Разр.	Івасечко М.Ю.						0,27	2:1
Перев.	Гагалоук А.В.					Аркцш		Аркцшв. 1
Т.контр.					Сталь 45 ДСТУ 7809:2015	ТНТУ ім.І.Пулюя, зр. МВС-41, м.Тернопіль		
Реценз.								
Н.контр.	Кодельник В.Р.							
Затв.	Крцпа В.В.							

Перв. застосув.

Добір.№

Підп. і дата

Інв. № док.

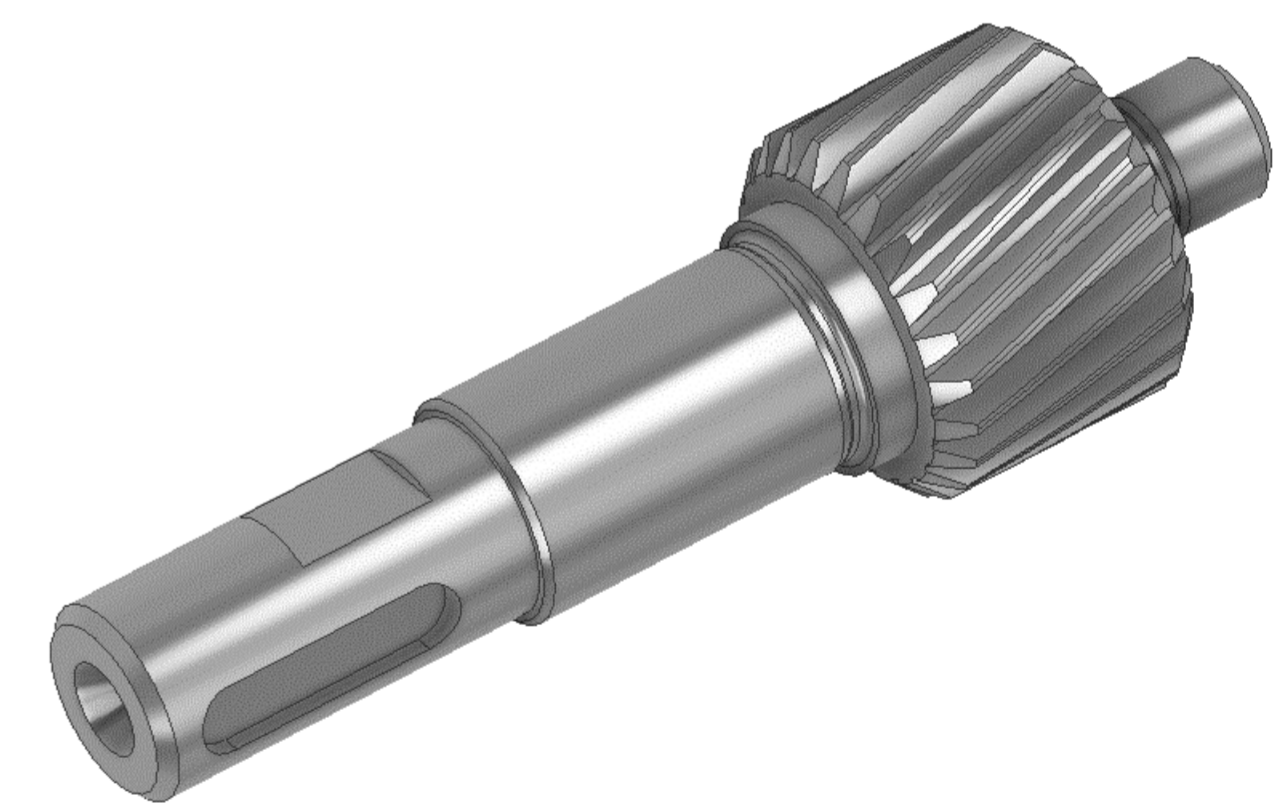
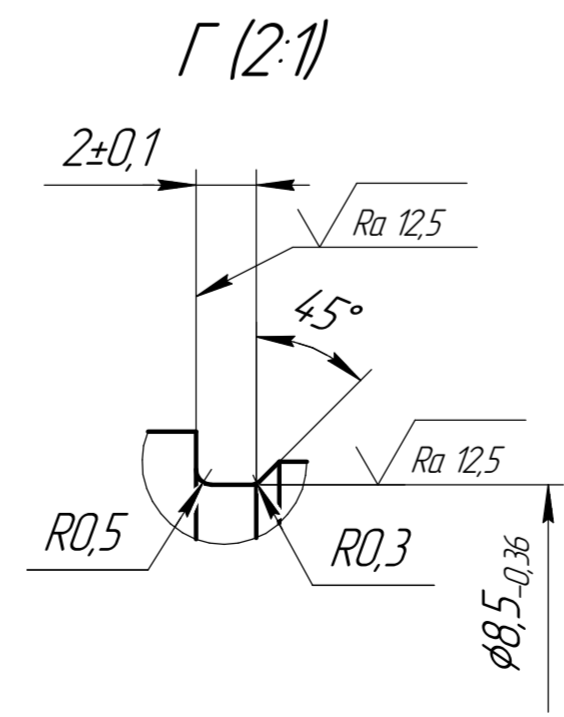
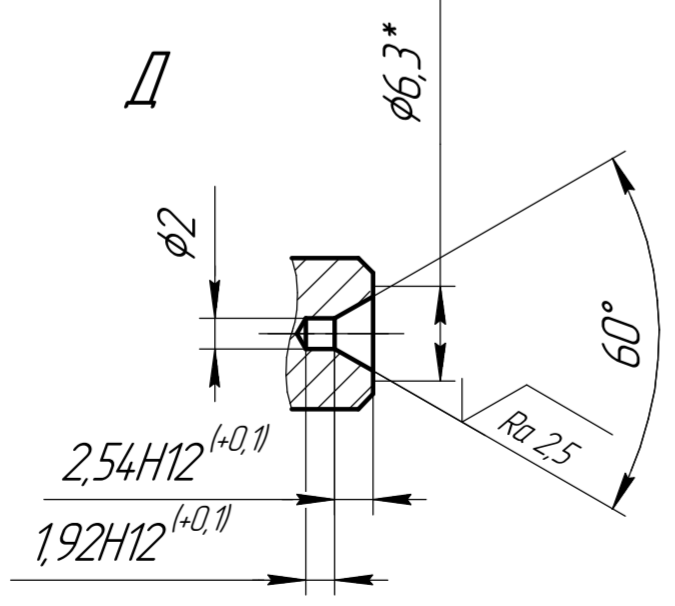
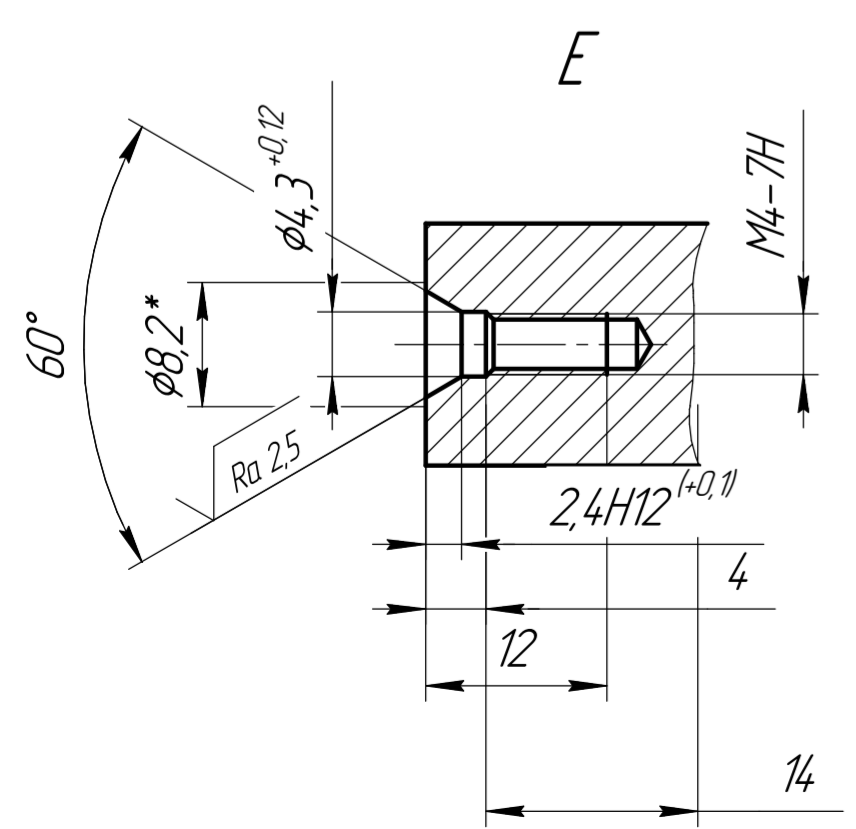
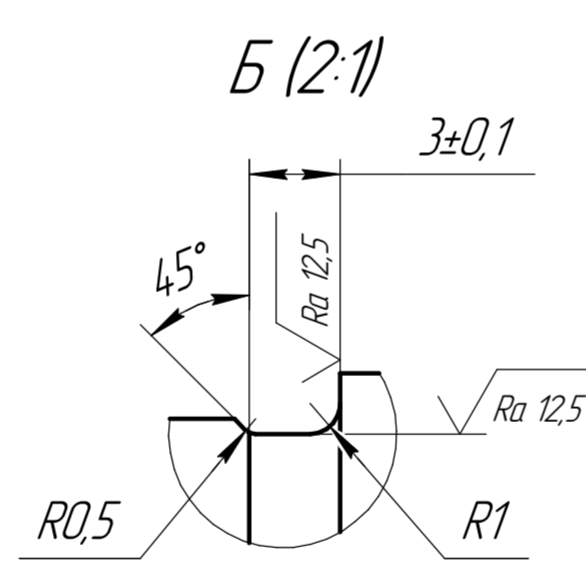
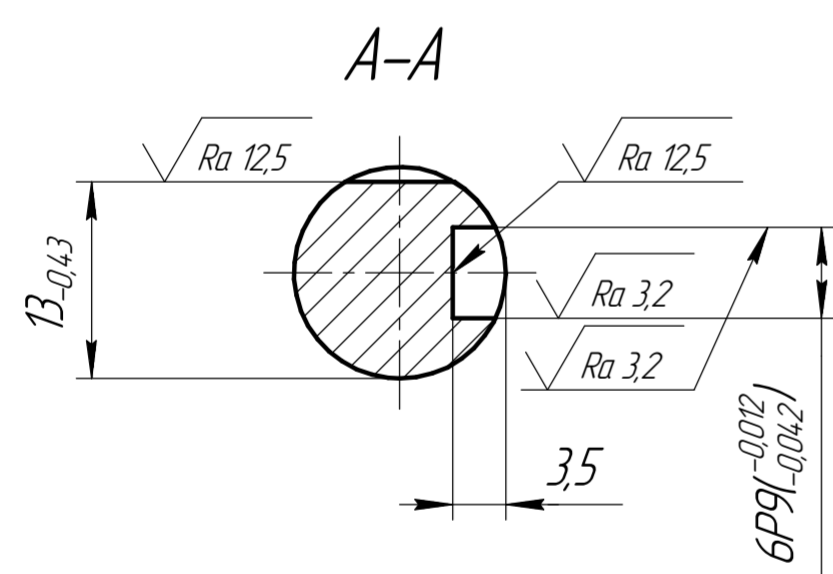
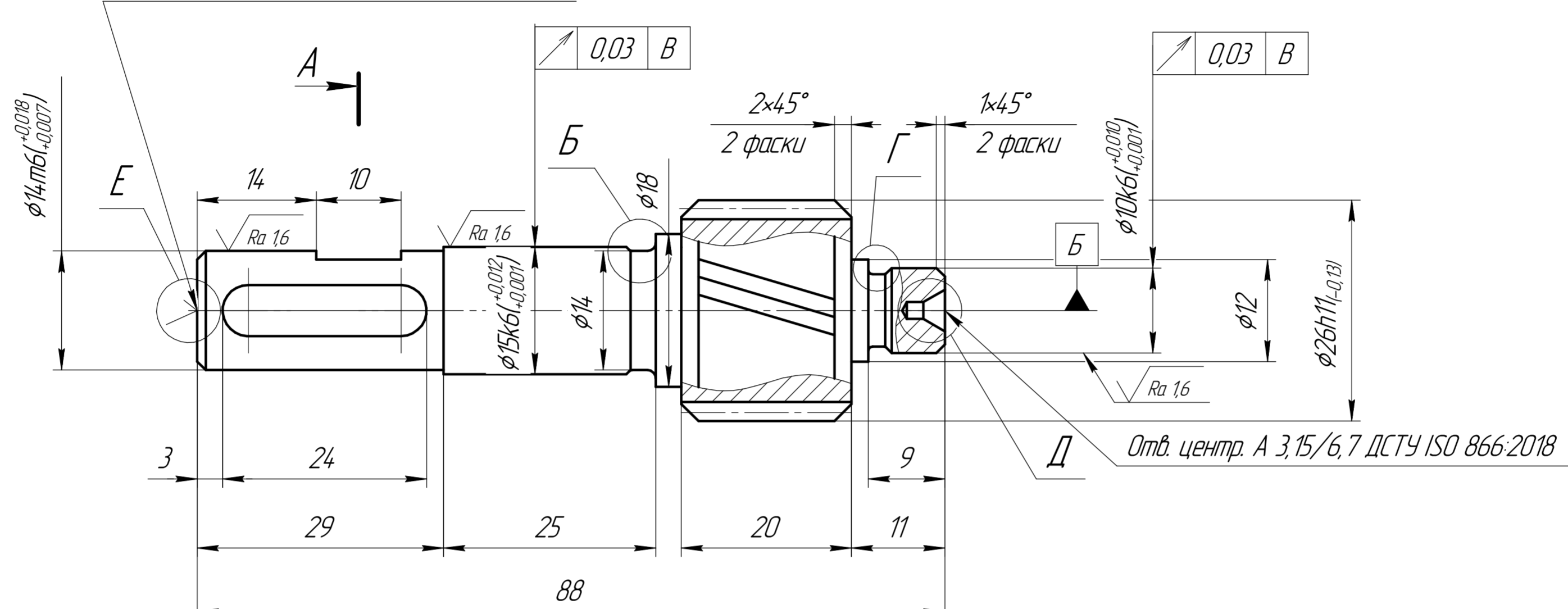
Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

Модуль	m	1
Число зубів	z	23
Кут нахилу	β	16°30'54"
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81
Дільний діаметр	d	24
Ступень точності за ГОСТ 1643-81	-	8-B

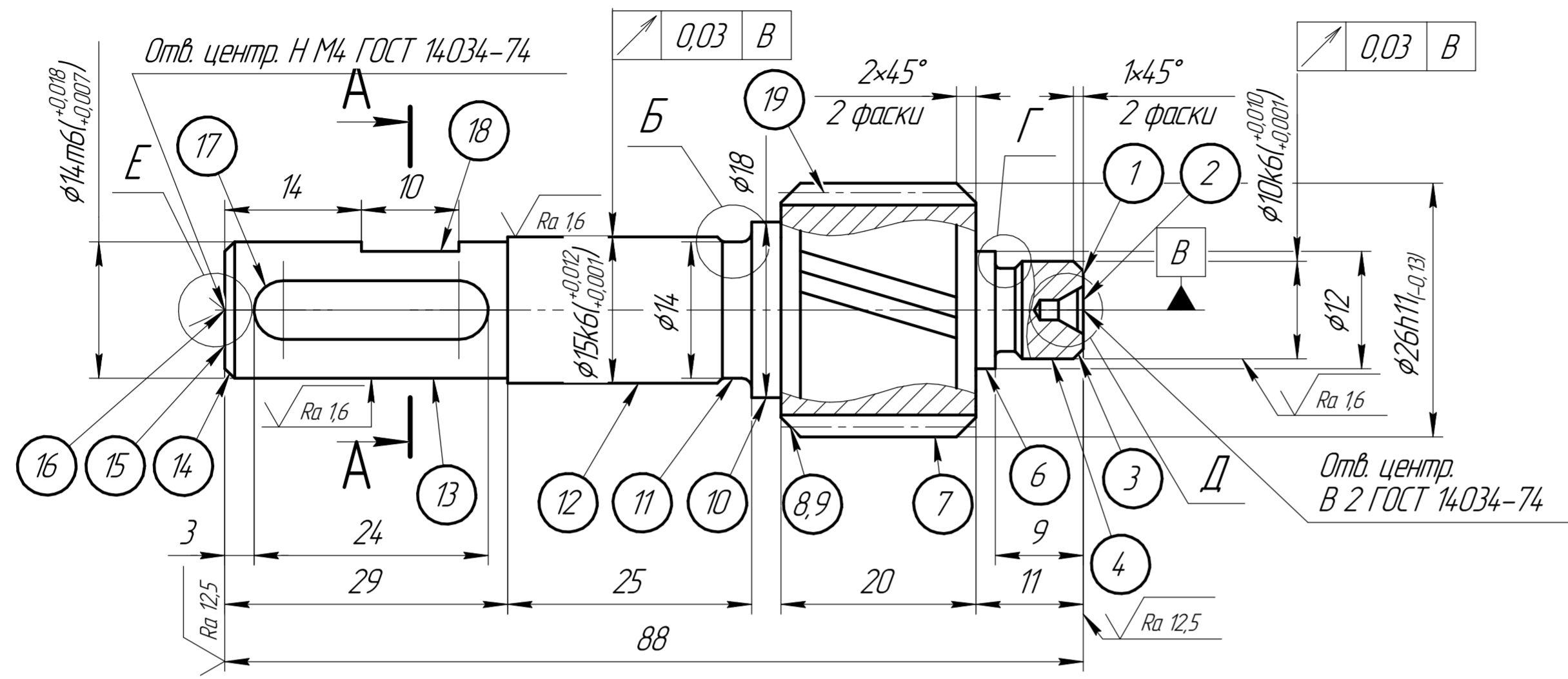
Отв. центр. А 3,15/6,7 ДСТУ ISO 866:2018



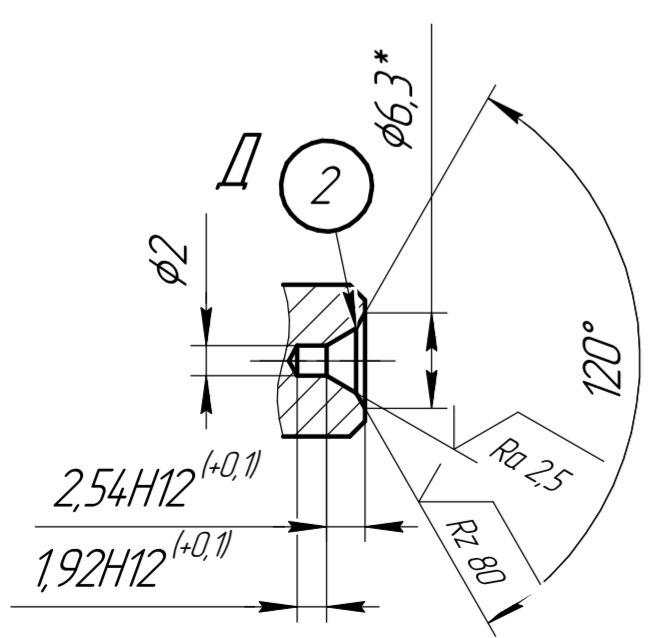
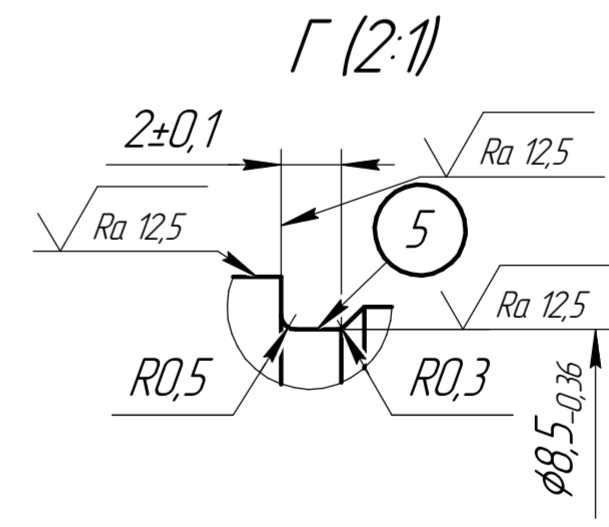
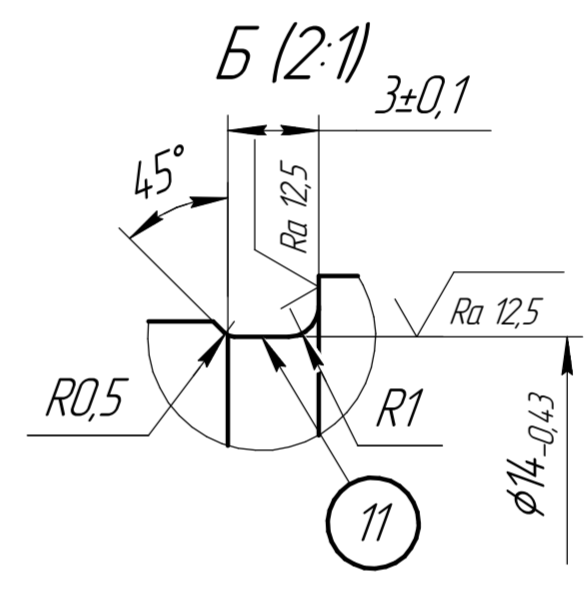
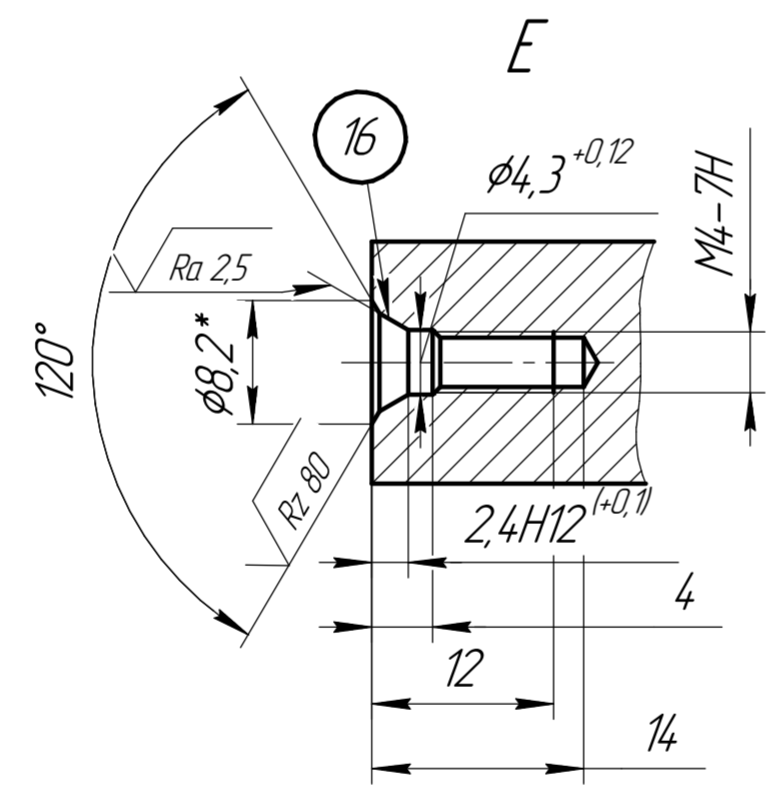
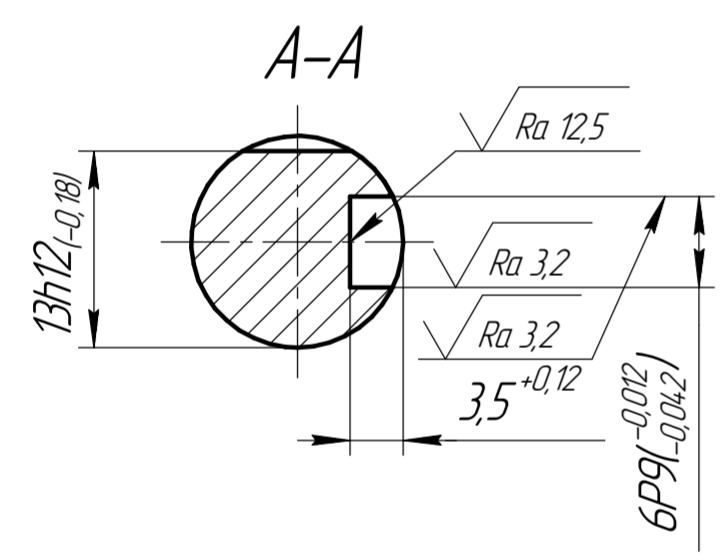
1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
2. Зуби загартувати СВЧ на глибину 0,5..1 мм, HRC_e 40..45.

КРБ 22-362.00.02.000				
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	
Розроб.	Івасечко М.Ю.			
Перев.	Гагалак А.В.			
Т.контр.				
Реценз.				
Н.контр.	Кодельник В.Р.			
Затв.	Крипа В.В.			
Вал-шестерня			Лит.	Маса
			Аркцш 1	Аркцшв 2
Сталь 45 ДСТУ 7809:2015			ТНТУ ім.І.Пулюя, зр. МВС-41, м.Тернопіль	

Перв. застосов.	
Добір №	
Підп. і дата	
Інв. № арк.	
Зам. інв. №	
Інв. № арк.	
Підп. і дата	
Інв. № арк.	



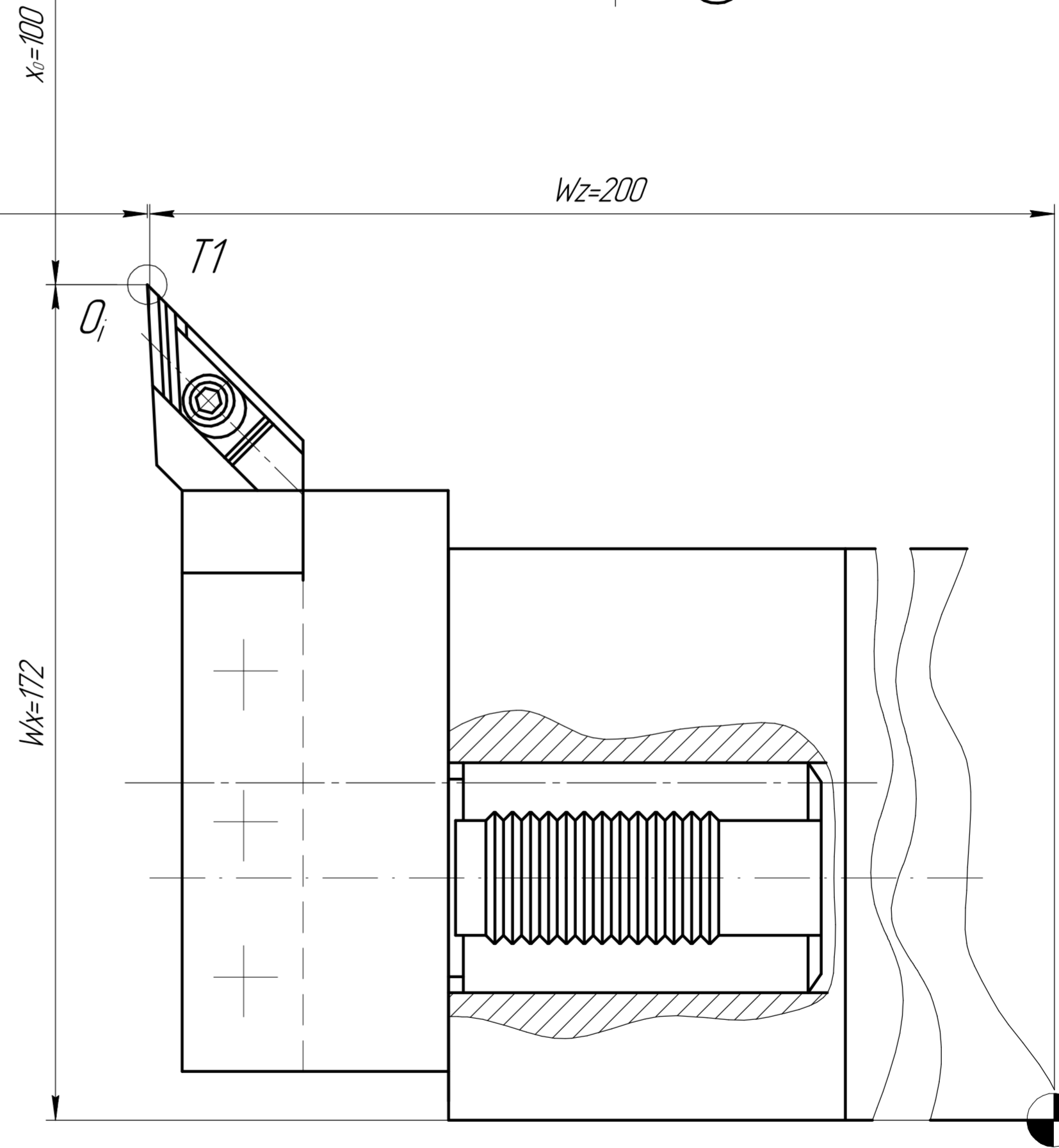
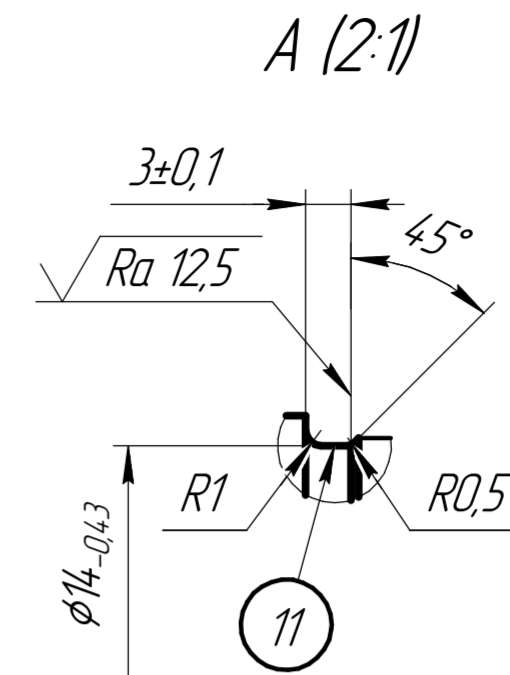
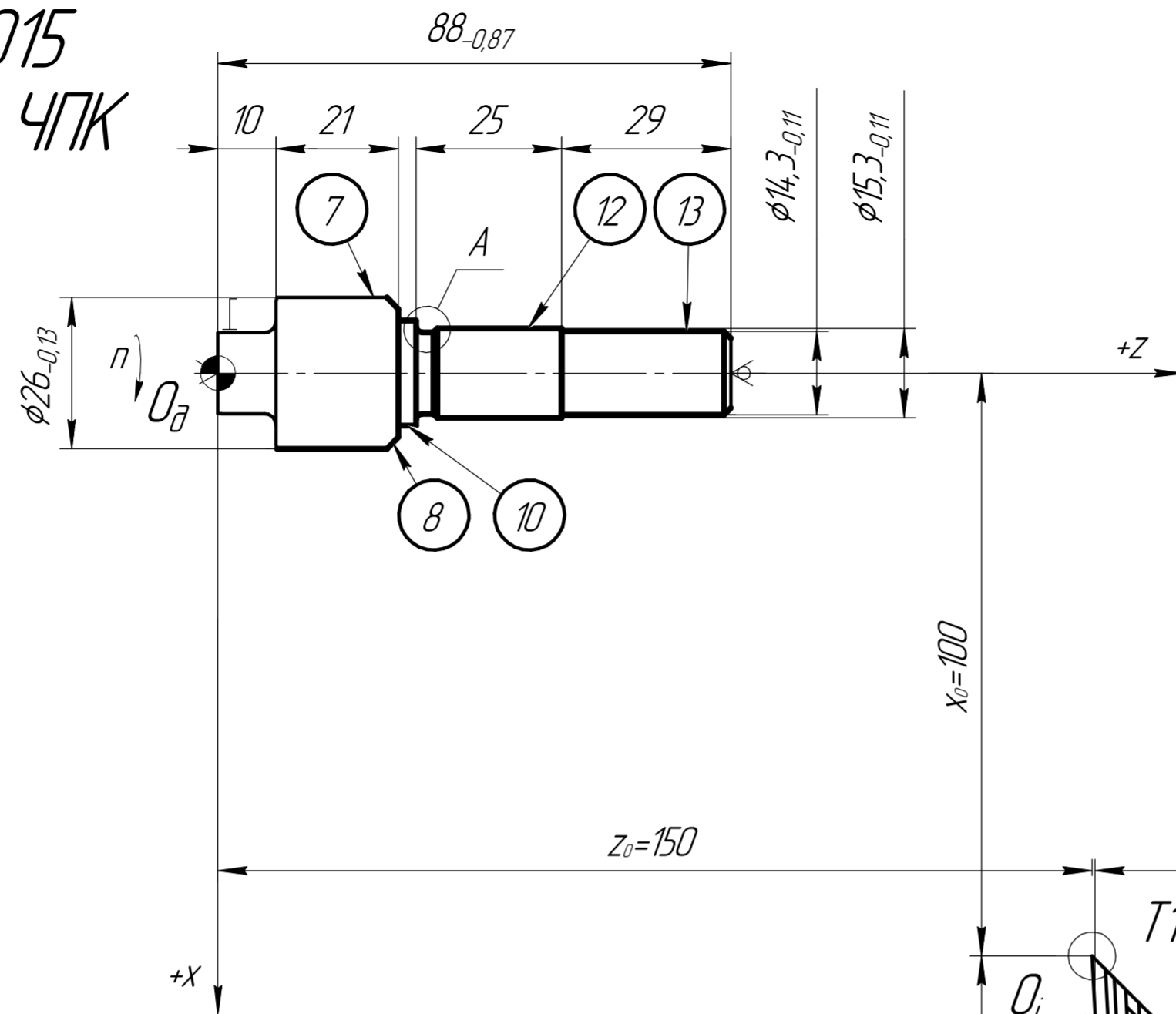
Модуль	m	1
Число зубів	z	23
Кут нахилу	β	16°30'54"
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81
Дільний діаметр	d	24
Ступень точності за ГОСТ 1643-81	-	8-B



1. H14, h14, ± IT14.
 2. Зуби загартувати СВЧ на глибину 0,5..1 мм, HRC_c 40..45.

Взам. шиф. №	Инд. № дідл.	Підп. і дата
Підп. і дата		
Инд. № подл.		

Операція 015
Токарна з ЧПК



№ позиції	T1	T2	T3
Різальний інструмент	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини T5K10, 25x25, $\phi=93^\circ$ ГОСТ 20872-80	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини T15K6, 25x25, $\phi=93^\circ$ ГОСТ 20872-80	Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки $b=3$; R10; R0,5; 45° ; 25x16; T5K10
Допоміжний інструмент	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81
W _x , мм	172	172	170
W _z , мм	200	200	132

КРБ 22-362.00.03.000				Лит.	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Івасечко М.О.				-	-
Перев.	Гагалак А.В.			Аркцш	Аркцшв.	1
Т.контр.				ТНТУ ім.І.Пулюя, зр. МВС-41, м.Тернопіль		
Реценз.						
Н.контр.	Кодельник В.Р.					
Затв.	Крипа В.В.					

Перв. застосує.

Додаток №

Підп. і дата

Інв. № докл.

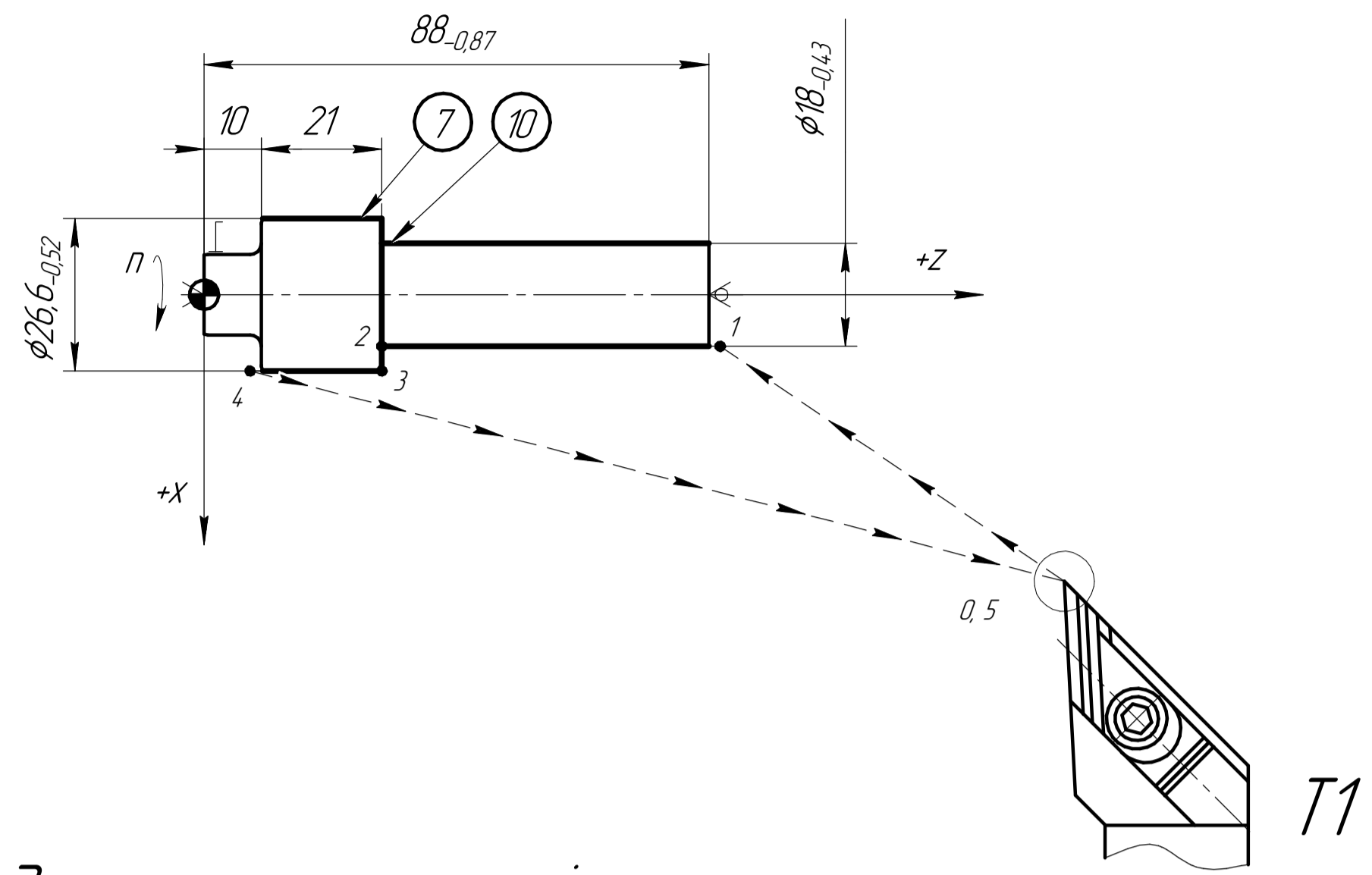
Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № архив.

Операція 015 Токарна з ЧПК

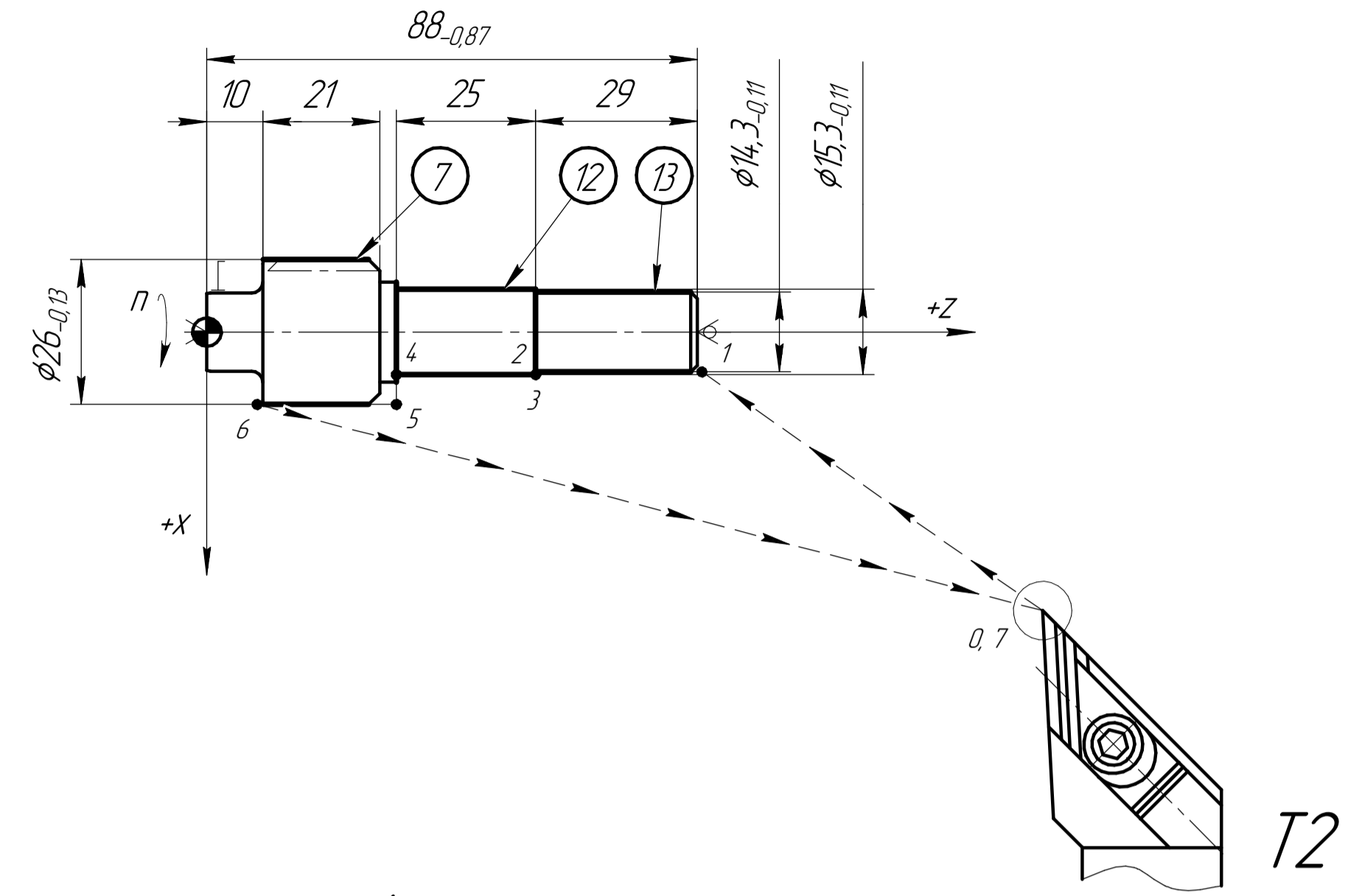
Перехід 2



T1 Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T5K10, 25x25, $\phi=93^\circ$ ГОСТ 20872-80

№ пошуку	0	1	2	3	4	5
X	100	9	9	13,3	13,3	100
Z	150	90	31	31	8	150

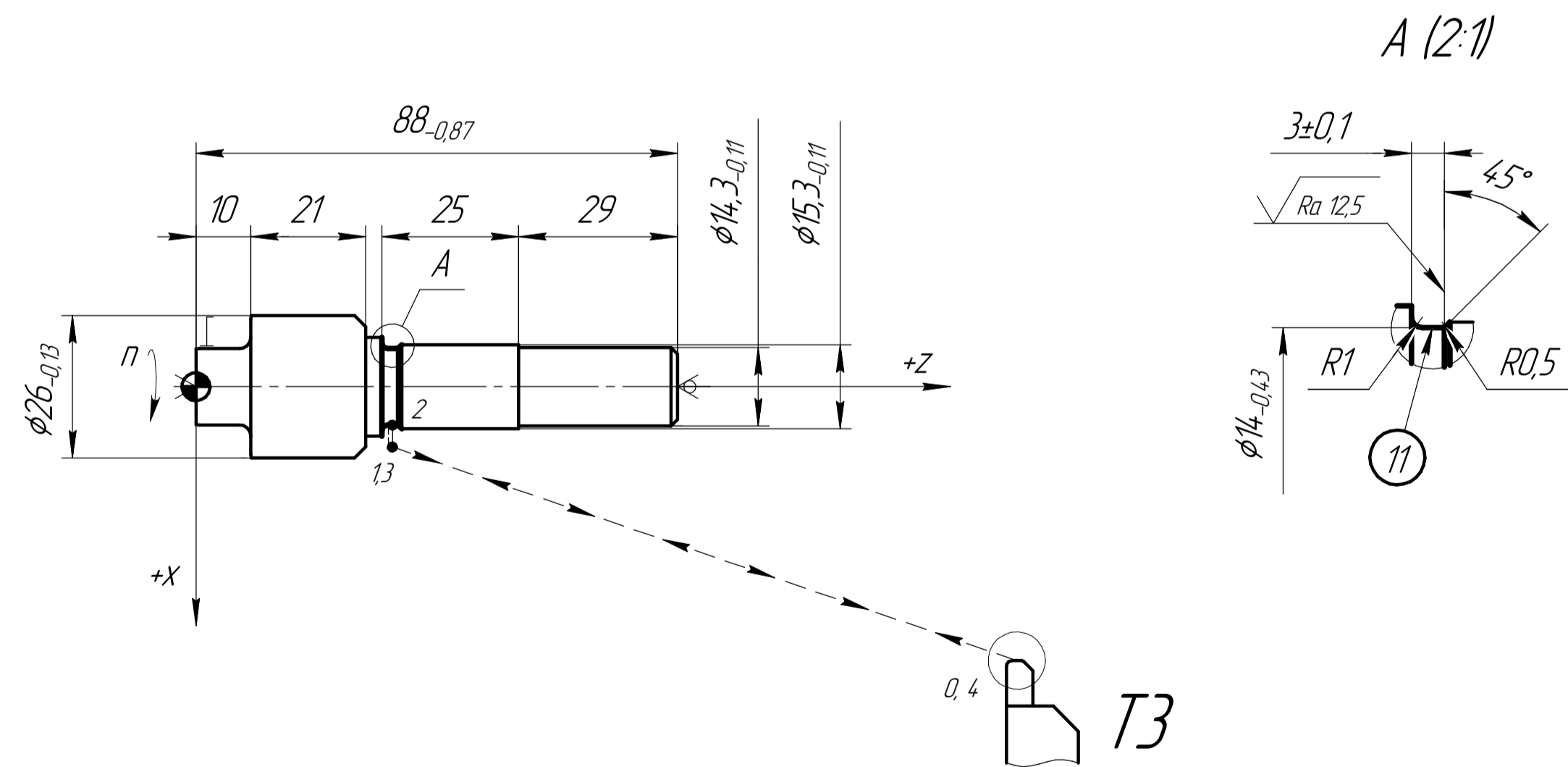
Перехід 4



T2 Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T15K6, 25x25, $\phi=93^\circ$ ГОСТ 20872-80

№ пошуку	0	1	2	3	4	5	6	7
X	100	7,15	7,15	7,65	7,65	13	13	100
Z	150	90	59	59	34	34	8	150

Перехід 5

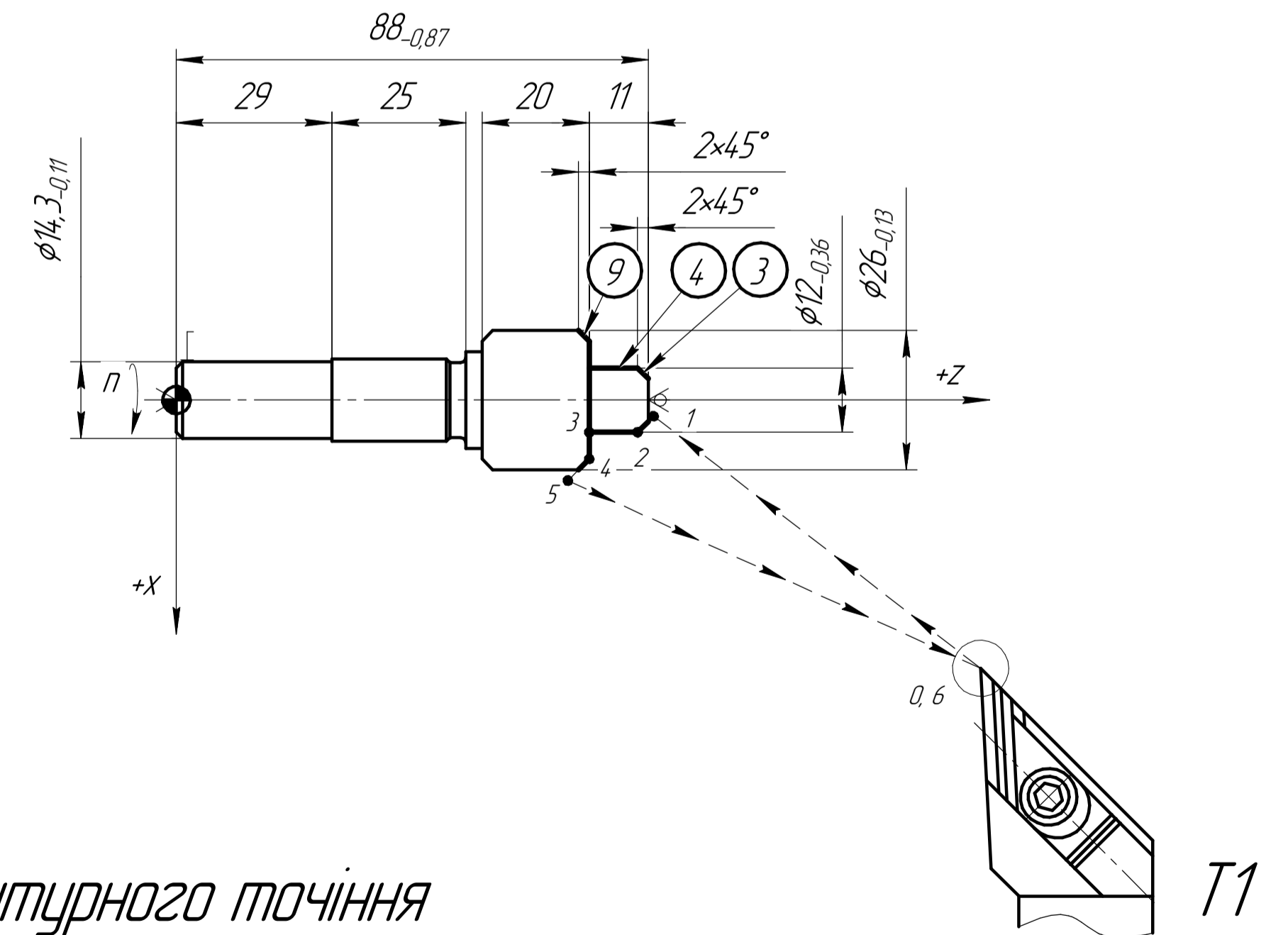


T3 Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки $b=3$; R1,0; R0,5; 45°; 25x16; T5K10

№ пошуку	0	1	2	3	4
X	100	11	7	11	100
Z	150	35,5	35,5	35,5	150

Операція 020 Токарна з ЧПК

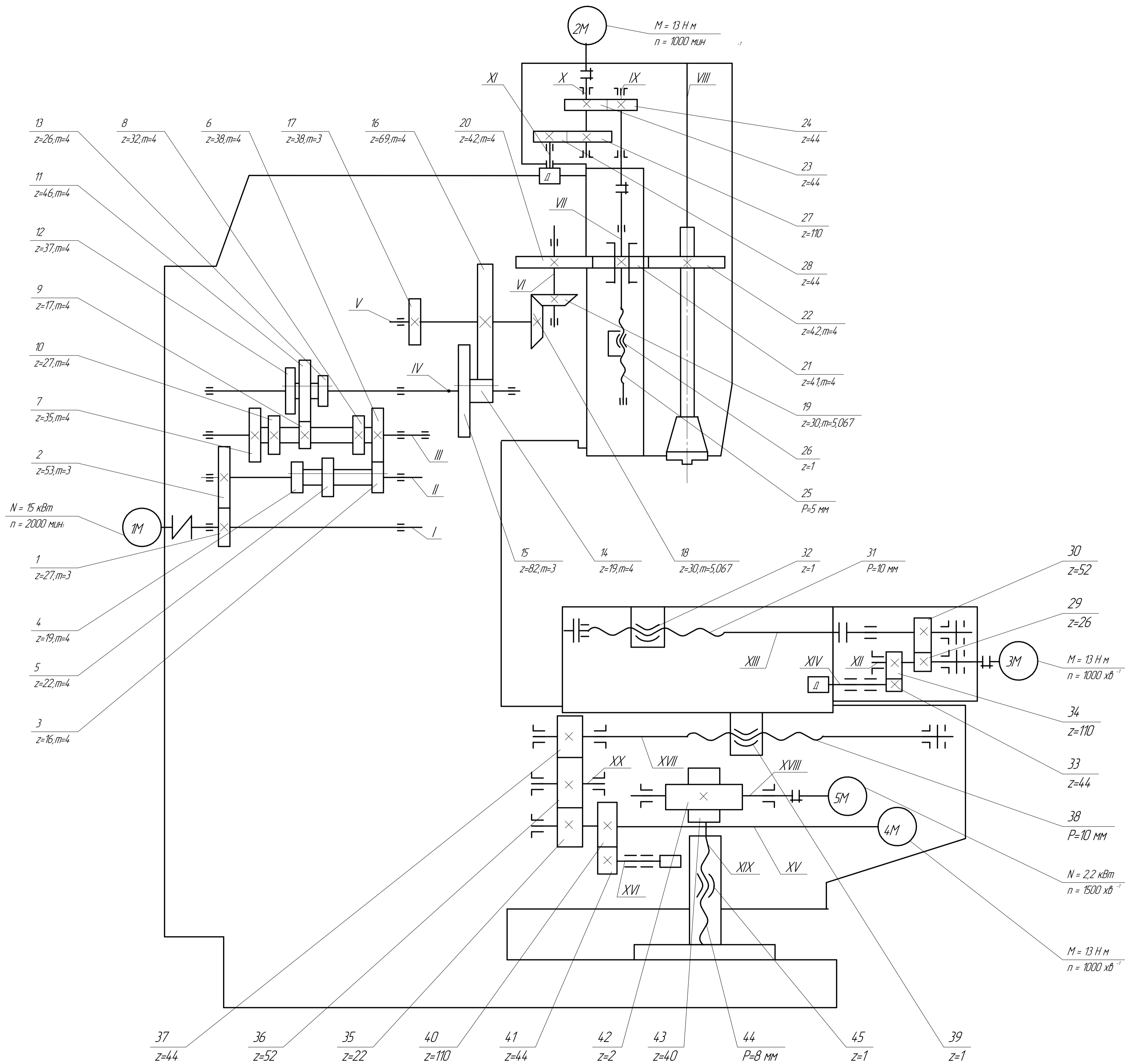
Перехід 2



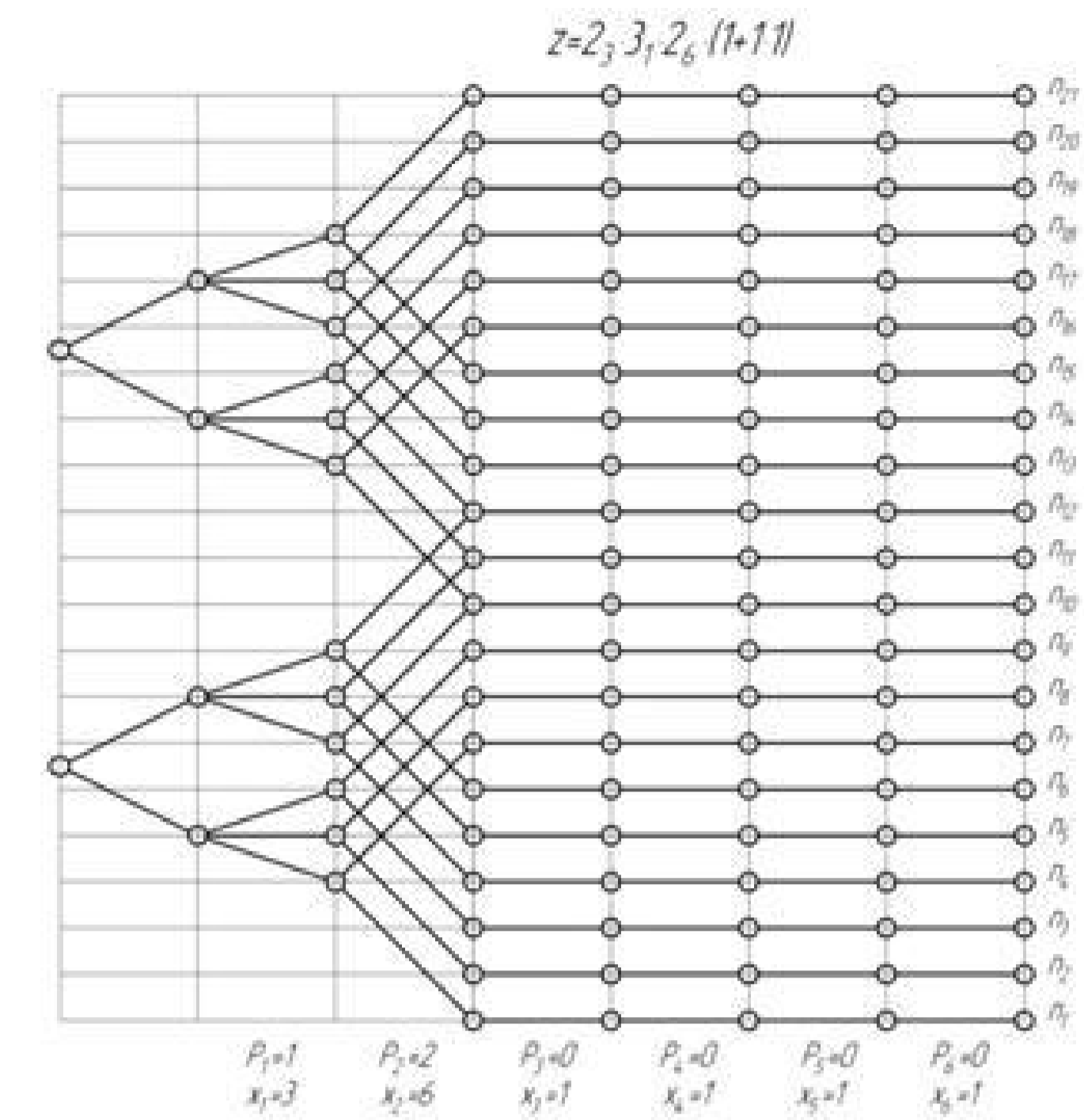
T1 Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T5K10, 25x25, $\phi=93^\circ$ ГОСТ 20872-80

№ пошуку	0	1	2	3	4	5	6
X	100	3	6	6	11	15	100
Z	150	89	86	77	77	73	150

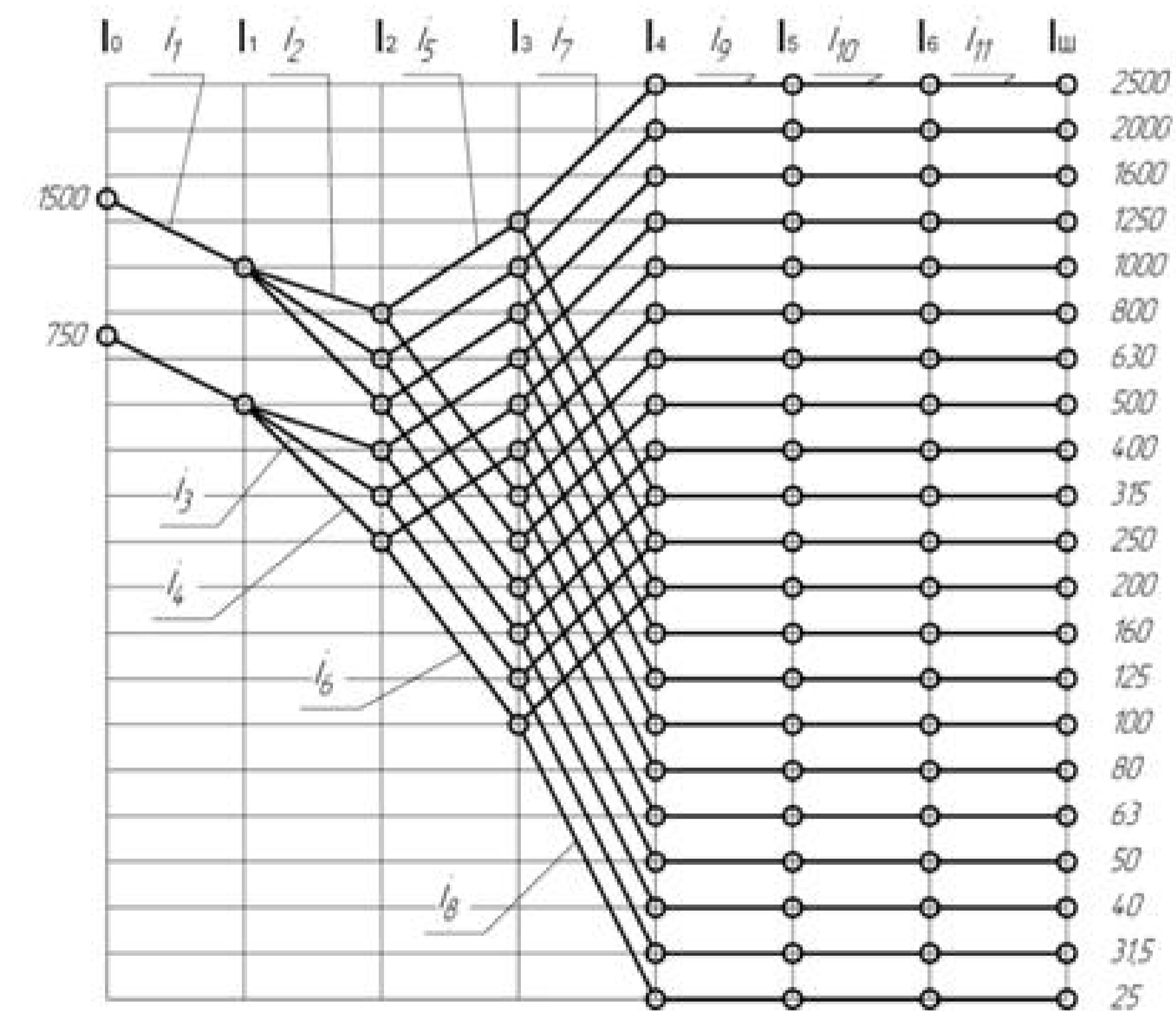
КРБ 22-362.00.04.000				Лист	Маса	Масштаб
РТК обробки деталі "Вал-шестерня" на Т0 015 і 020					-	-
Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Дата	Архив 1	
Разроб.	Головко М.В.				ВІНТУ ім.Пулюя, гр. МВС-41, м.Тернопіль	
Перев.	Гагалюк А.В.					
І.контр.						
Реценз.						
І.контр.	Кодельник В.В.					
Затв.	Арца В.В.					



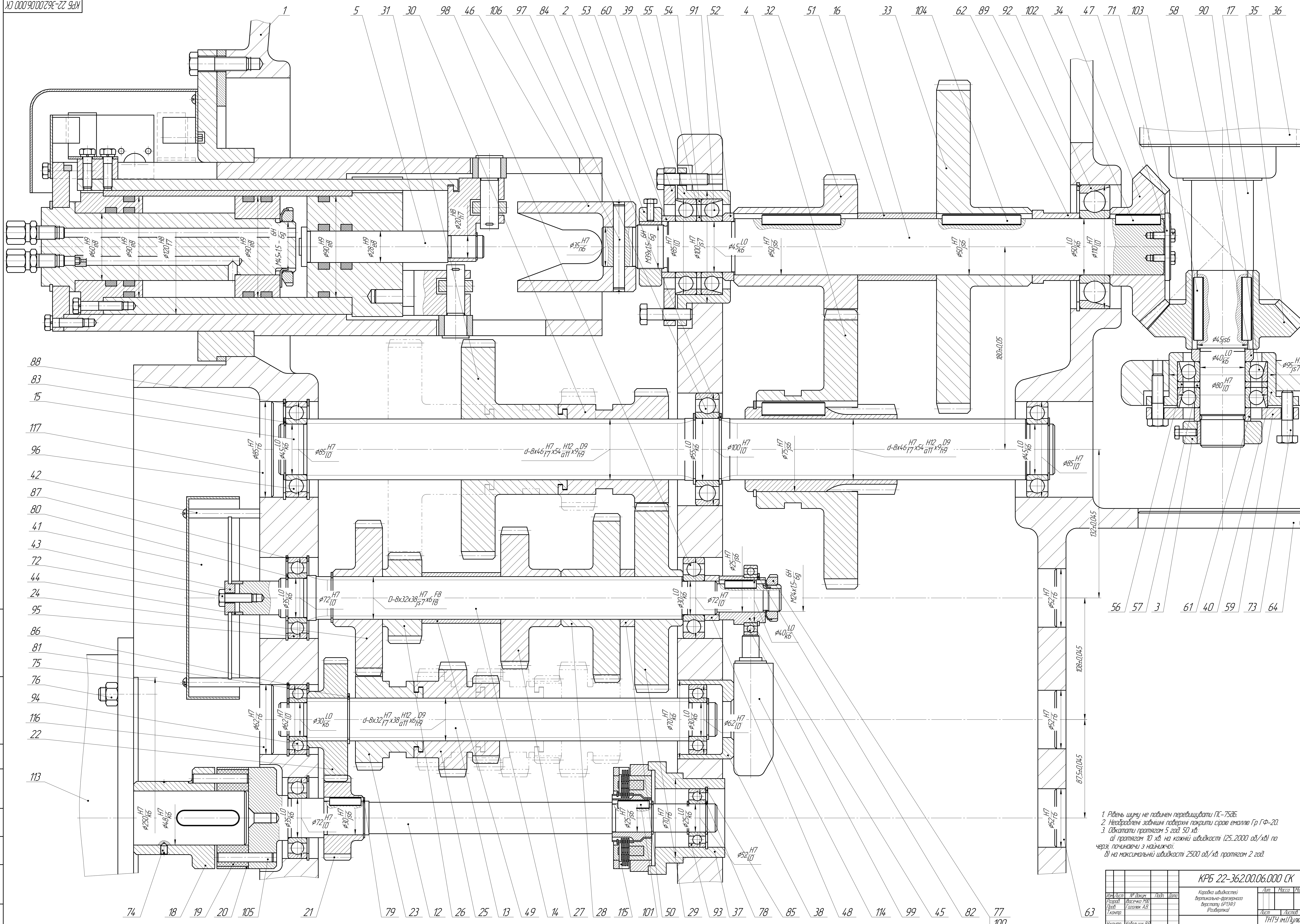
Структурна сітка



Графік чисел обертів шпинделя

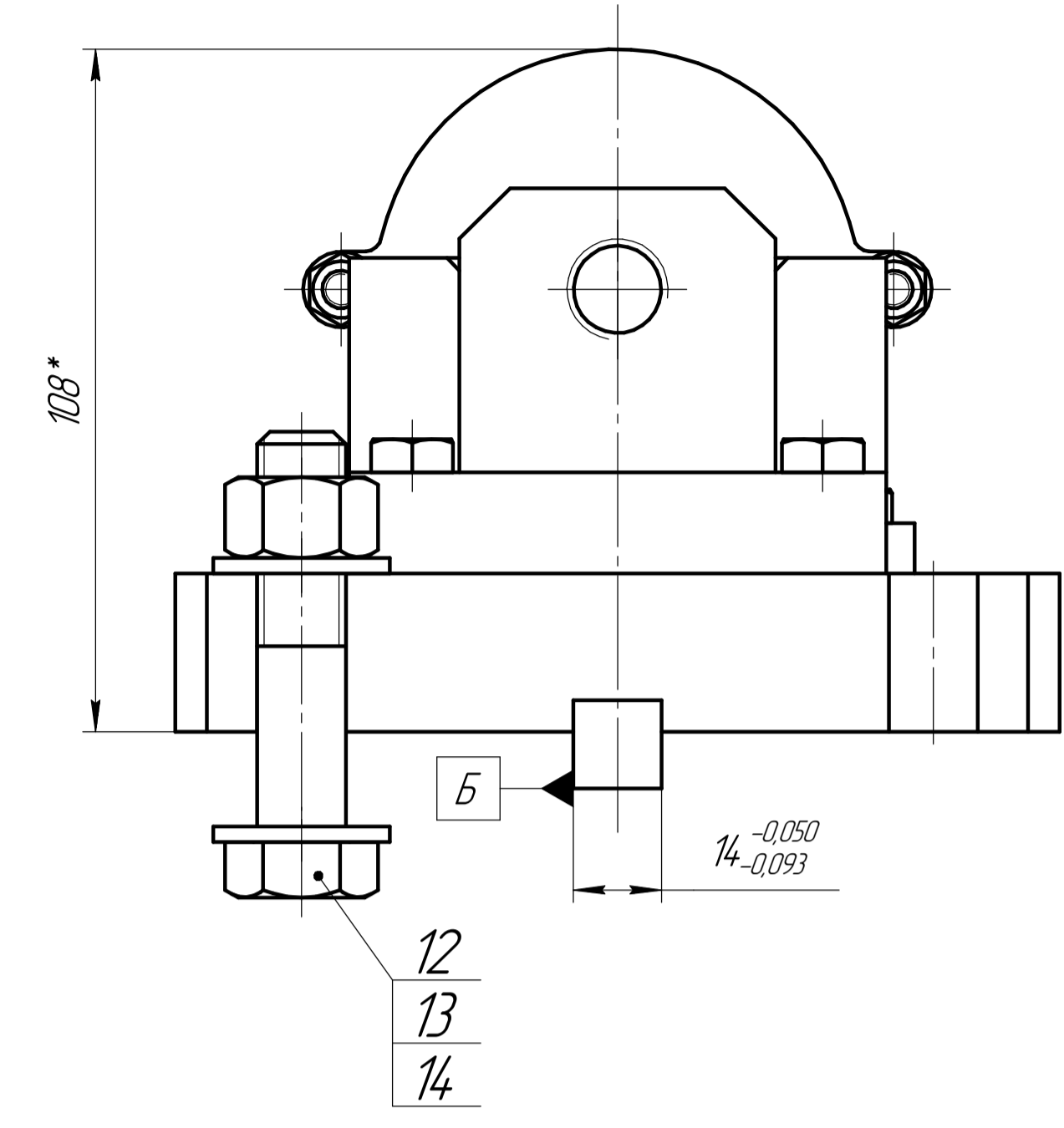
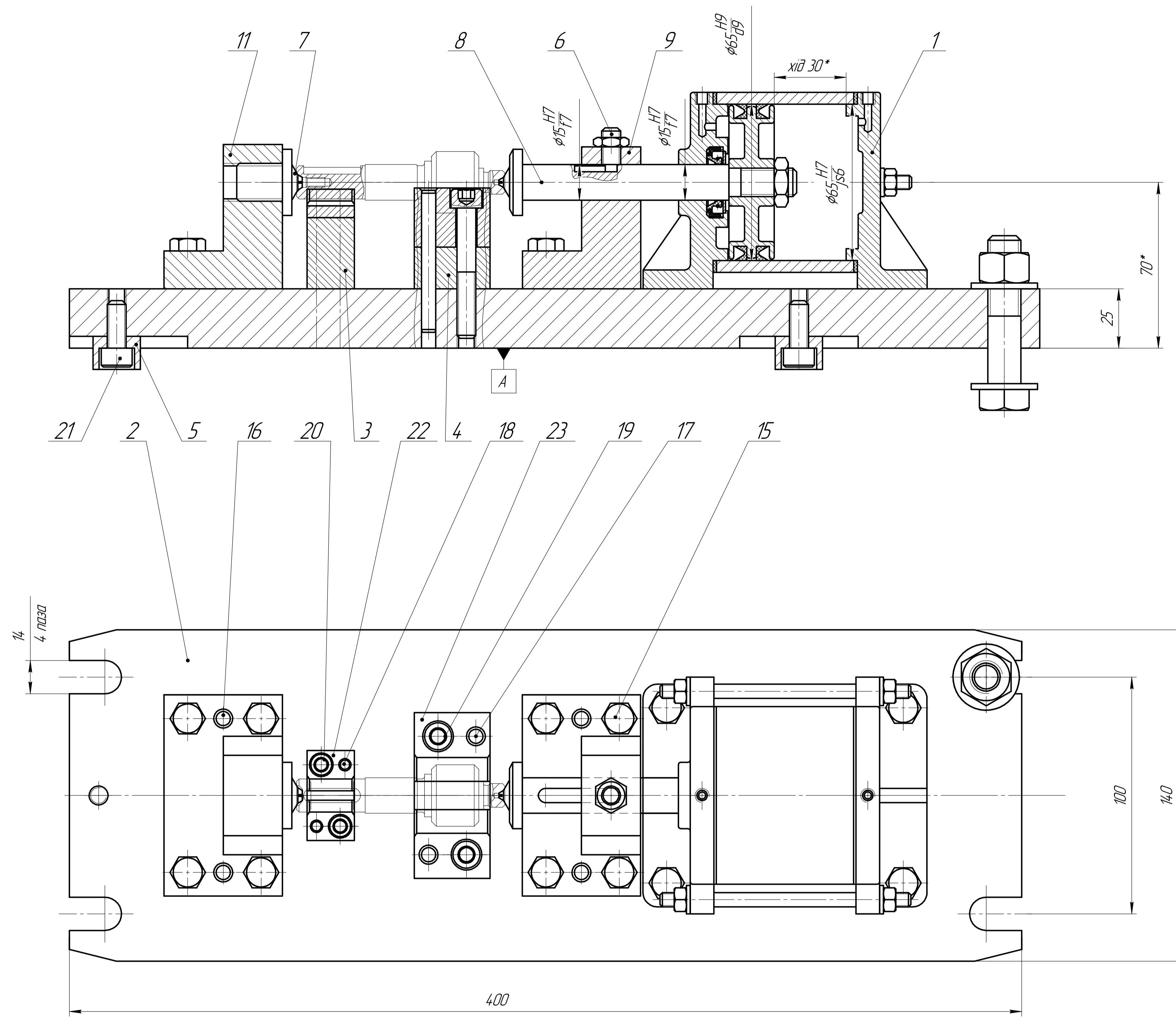


КРБ 22-362.00.05.000 КС				Кінематична схема вертикально-фрезерного верстата 6Р13Ф3		
Взм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лист	Масштаб	Масштаб
Разраб.	Гасечко М.В.			4	-	-
Проб.	Гагалюк А.В.			Лист	Листов	
Т.контр.						
Н.контр.	Кодельник В.Р.			ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВС-41, м.Тернопіль		
Утв.	Корина В.В.			Формат А1		



1. Рідень шуму не повинен перевищувати ПС-75дБ
2. Необроблені зубняки покрити срібом емаллю Гр ГФ-20
3. Обкатати протягом 5 год. 50 хв.
а) протягом 10 хв. на кожній швидкості (25.2000 об/хв) по черзі, починаючи з найнижчої;
б) на максимальній швидкості 2500 об/хв. протягом 2 год.

КРБ 22-362.00.06.000 СК				Лист	Маса	Масштаб
Лист	№ докум.	Лист	Дата	Коробка швидкостей вертикально-реверсивна вместимости 6Р3Ф3 (Розвертка)	11	1:1
Розроб.	Виконав.	Лист				
Проб.	Головний	Лист				
Головний	Лист					
Начальник БР	Коробка ВВ	Лист		ТНТУ ім.П.Толстого		
Зав.	Коробка ВВ	Лист		22 МВС-41 м. Тернопіль		
				Конструктор		Формат А0



1. Несвідвісність поз. 7 і поз. 8 не більше 0,1 мм.
2. Допуск паралельності загальної вісі поз. 7 і поз. 8 відносно поверхні А не більше 0,1 мм.
3. Допуск паралельності загальної вісі поз. 7 і поз. 8 відносно поверхні Б двох шпанок не більше 0,1 мм.
4. Задіри та задіи на робочих поверхнях не допускаються.
5. Неробочі поверхні окислювати.

КРБ 22-362.00.07.000 СК					Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	22	11	1
Розроб.	Головко М.В.						
Перев.	Гагалюк А.В.				Архив	Архив	1
Реценз.					ТНТУ ім.І.Пулюя		
Інженер.	Кодельник В.Р.				гр. МВС-41, м.Тернопіль		
Затв.	Крипа В.В.						

Лист заставки
Лист №
Лист і дата
Лист № аркуша
Зем. №, №

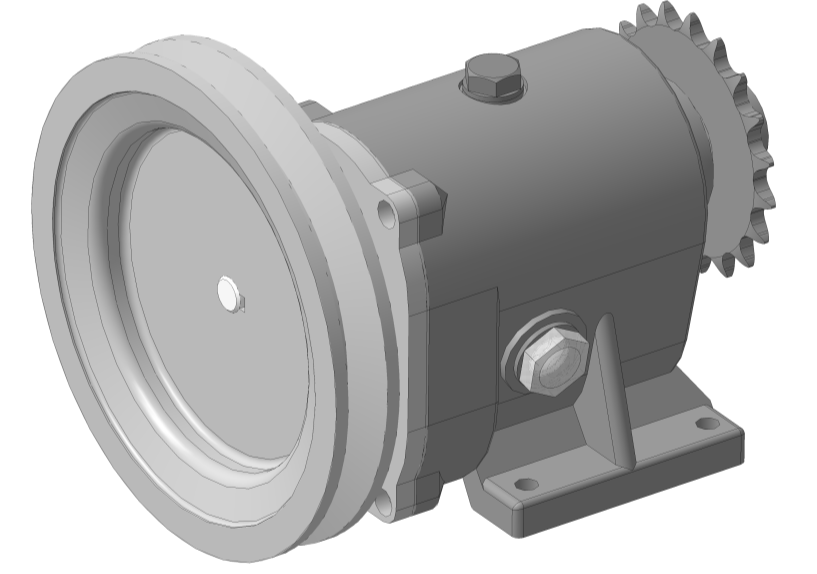
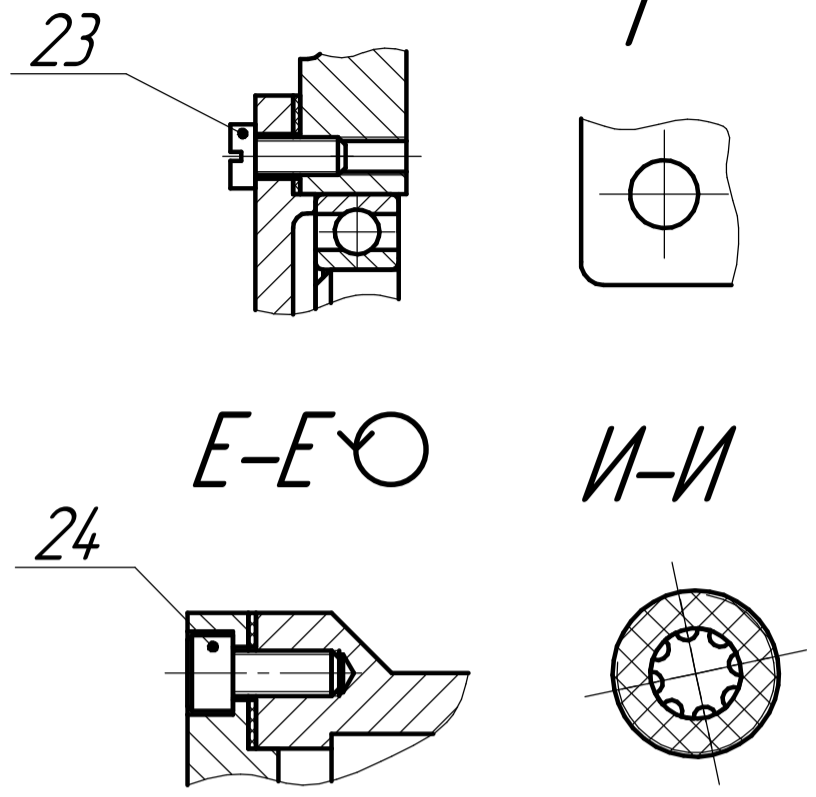
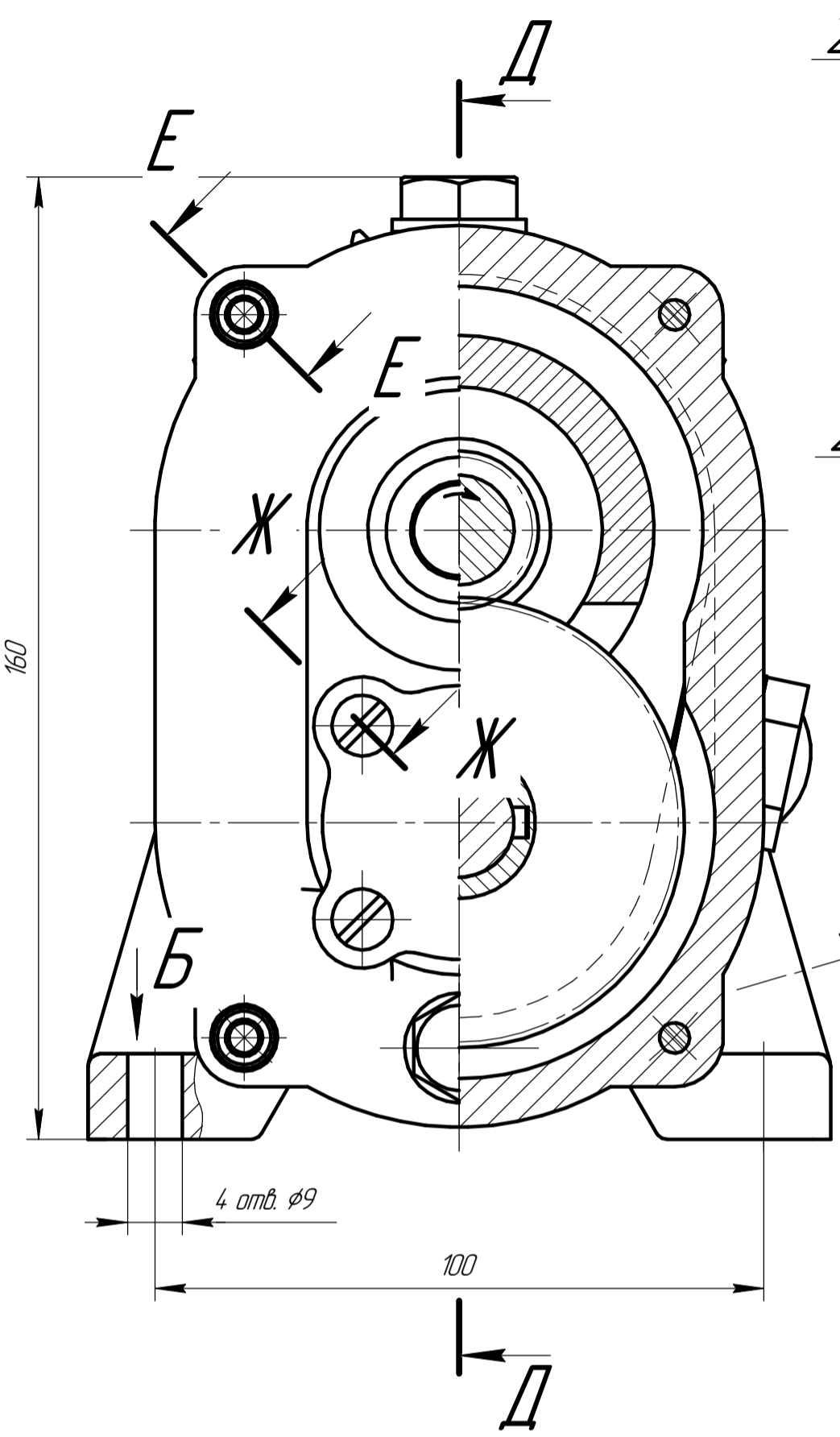
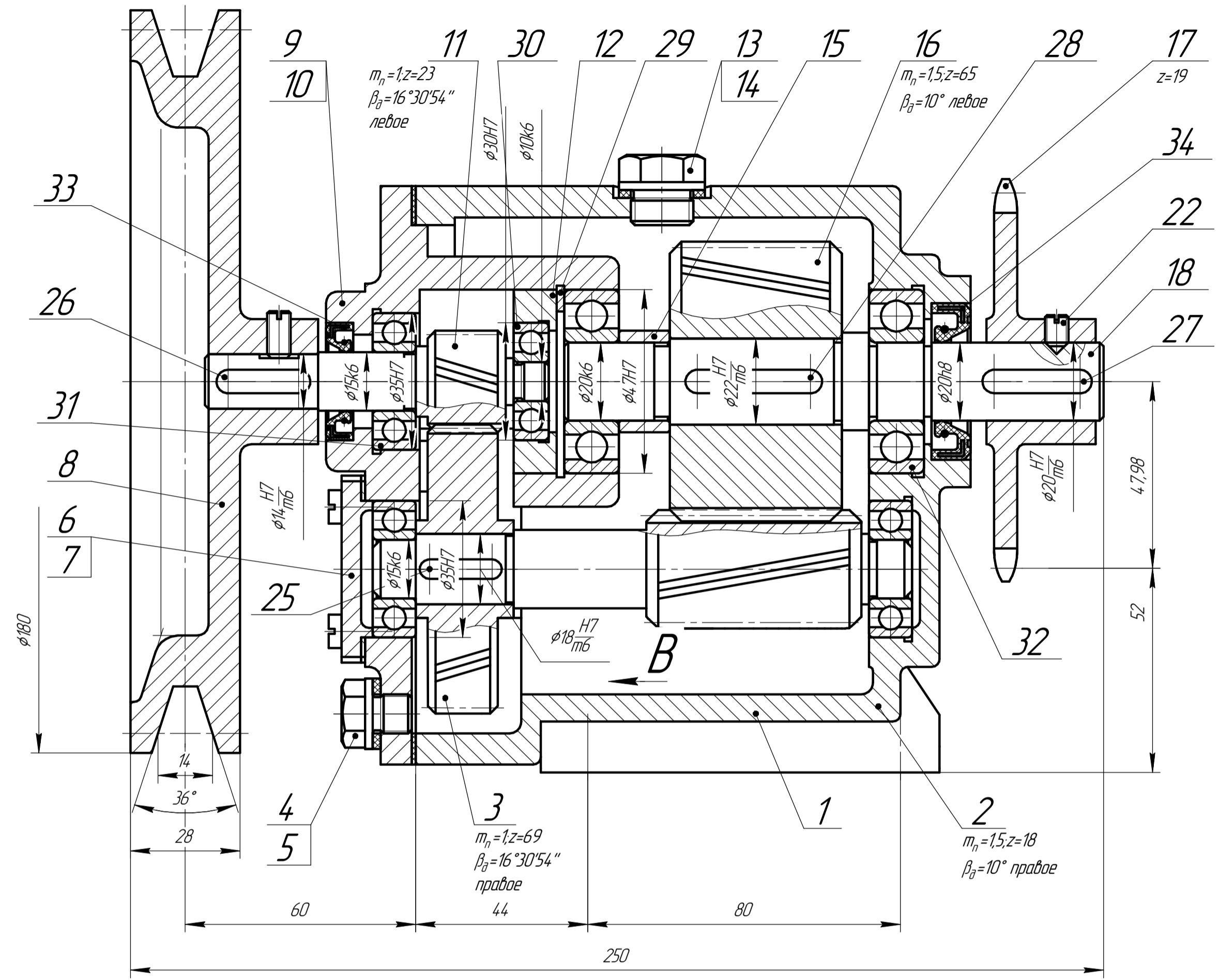
22-362.00.08.000 СК

A-A

Б-Б

В-В

Дет. 22.ДП.40006.06.00.00.008 не показана



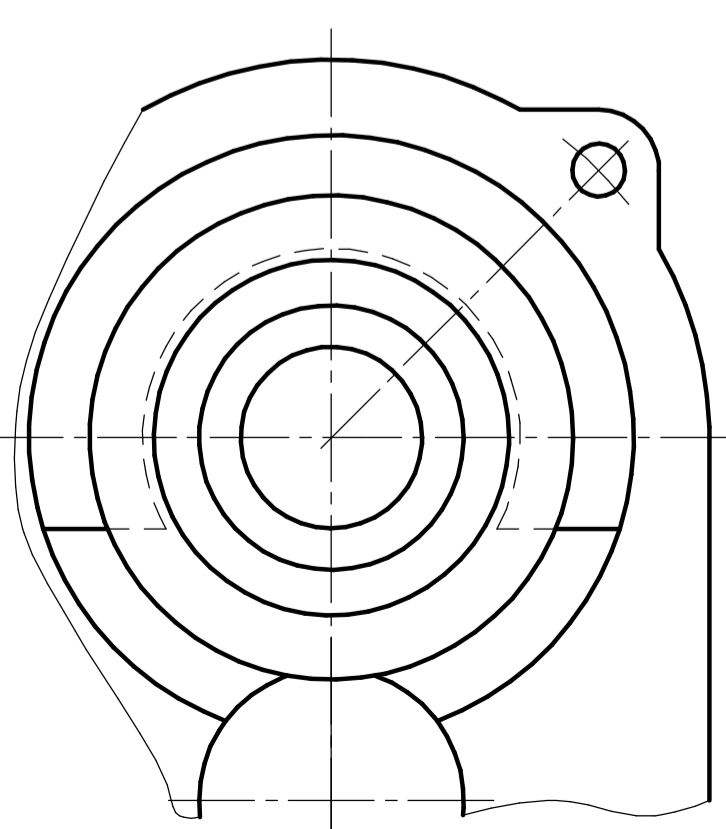
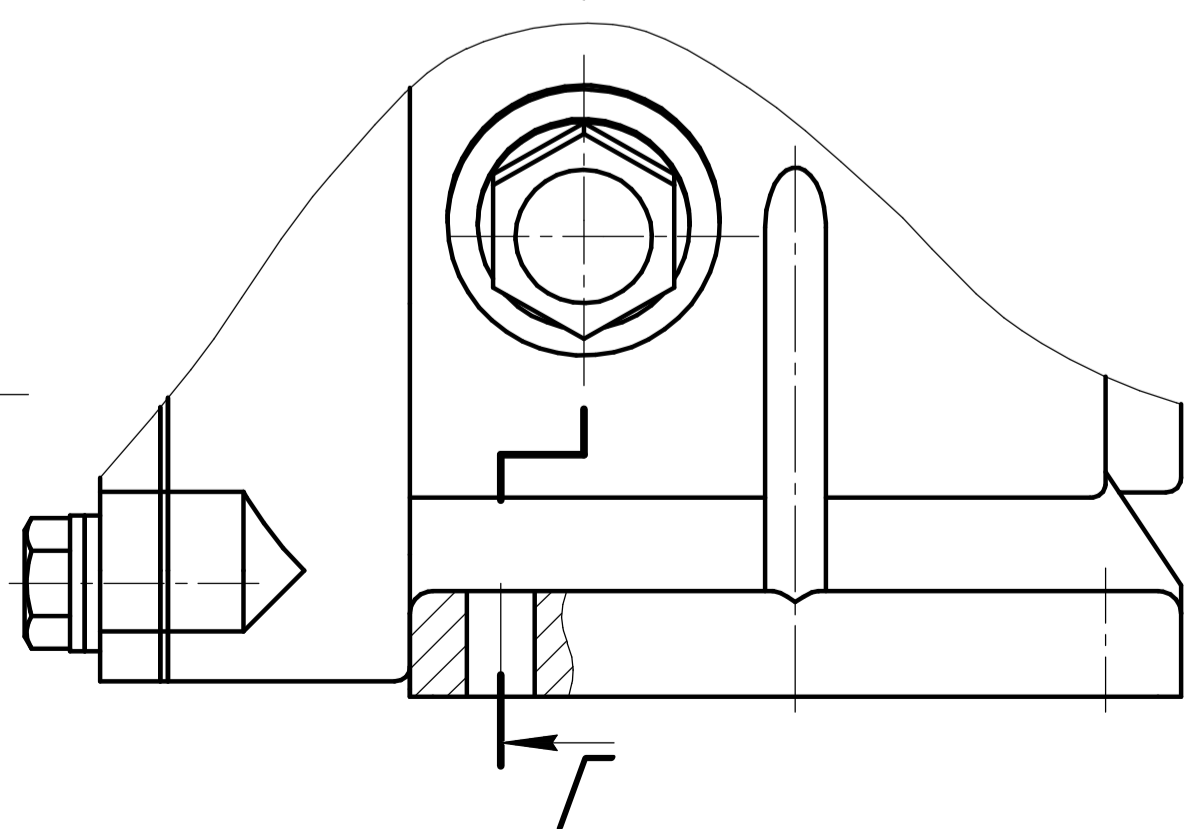
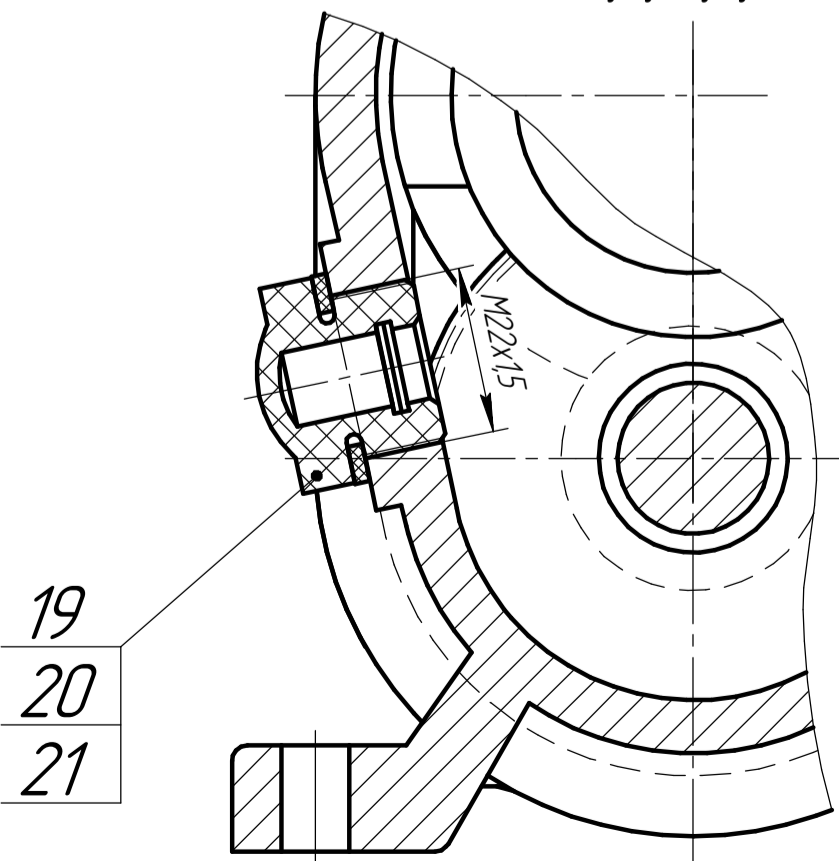
Перв. застосує.

Додаток №

Д-Д

Ж-Ж

3



- * Розміри для довідок.
- Редуктор має бути виготовлений у відповідності з ДСТУ ISO/TR13593:2005 "Редуктори промислового застосування", технічними умовами та робочими кресленнями.
- Використовувати мастило: Mobilgear 600 XP 680 масло редукторне ISO VG 320 згідно ДСТУ 4129-2002 (ISO 6743/0-81).
- Допускається використовувати редуктор з відхиленням від горизонтального положення на кут до 5°. При цьому має бути забезпечений рівень мастила, достатній для змащування зачеплення.

				22-362.00.08.000 СК			
				Редуктор			
				Складальне креслення			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Івасечко					11,4	1:1
Перев.	Гагалак				Аркцив.		1
Т.контр.					ТНТУ ім.І.Пулюя,		
Реценз.					гр. МВС-41, м.Тернопіль		
Н.контр.	Кодельник						
Затв.	Крипа						