Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Тимчук Віталій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Тема: «Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня ПМК-584.00.000»».
(назва роботи)

Прикладна механіка
(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Тимчук В.І.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Гнилиця І.Д. доц. каф. КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
професор В.Г. Панчук
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м.Івано-Франківськ-2025 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня ПМК-584.00.000 » для умов середньосерійного типу виробництва»

Розрахунково-пояснювальна записка: сторінок, рисунків, таблиць, посилань, аркушів ф. А4 додатків.
Графічна частина: аркуші формату А1.
Об’єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.
Предмет дослідження - деталь “ ПМК-584.00.000 ”.

Метою роботи є розробка раціонального технологічного процесу виготовлення деталі типу корпус, адаптованого до умов середньосерійного виробництва з урахуванням сучасних вимог щодо точності, якості обробки та економічної ефективності.

У процесі виконання роботи проведено конструкторсько-технологічний аналіз заданої деталі з оцінкою її технологічності. Визначено оптимальну форму заготовки та найбільш доцільний метод її отримання. Розроблено раціональний технологічний маршрут обробки із застосуванням сучасного металообробного устаткування, зокрема верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

З метою забезпечення точного та надійного закріплення деталі під час обробки було спроєктовано спеціальний верстатний пристрій. Проведено розрахунок сили затиску та перевірку умов надійності кріплення відповідно до вимог міцності. У завершальній частині бакалаврської роботи розроблено програму токарної обробки деталі типу «Вал-шестерня» для верстата з числовим програмним керуванням.

У додатках представлено повний комплект документації, що включає креслення, маршрутні та налагоджувальні карти, необхідні для впровадження розробленого технологічного процесу в умови виробництва.

Отримані результати мають практичне значення та можуть бути впроваджені на підприємствах машинобудівної галузі під час виготовлення деталей типу «корпус». Це сприятиме підвищенню точності обробки, зменшенню виробничих витрат і забезпеченню стабільності технологічного процесу.

Ключові слова: *вал-шестерня, заготовка, механічна обробка, технологічний процес, верстат, пристрій, сила затиску, припуск, ЧПК-програма.*

Студент: Тимчук В.І.

SUMMARY

Bachelor’s Qualification Thesis: "Technological Process of Manufacturing the Shaft-Gear PMK-584.00.000 for Medium-Scale Production Conditions"

Explanatory Note: ___ pages, ___ figures, ___ tables, ___ references, ___ A4-format appendices. Graphic Part: ___ A1-format sheets.

Object of the Study: technological process of mechanical machining. Subject of the Study: part “PMK-584.00.000”.

The purpose of the thesis is to develop a rational technological process for manufacturing a housing-type part, adapted to the conditions of medium-scale production, considering modern requirements for machining accuracy, surface quality, and economic efficiency.

In the course of the work, a design and technological analysis of the specified part was carried out with an assessment of its manufacturability. The optimal blank shape and the most suitable method for its production were determined. A rational machining route was developed using modern metal-cutting equipment, including CNC machines.

To ensure precise and reliable fixation of the part during machining, a special machine fixture was designed. The clamping force was calculated, and the reliability of fixation was verified based on strength criteria. In the final part of the thesis, a CNC turning program was developed for machining the "shaft-gear" part.

The appendices contain a complete set of documentation, including drawings, routing sheets, and setup cards required for implementing the proposed technological process in a production environment.

The obtained results have practical value and can be implemented in machine-building enterprises for manufacturing housing-type parts. This will contribute to improving machining accuracy, reducing production costs, and ensuring the stability of the technological process.

Keywords: shaft-gear, blank, mechanical machining, technological process, machine tool, fixture, clamping force, machining allowance, CNC program.

Student: Tymchuk V.I.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____

«____» _____20__ року

З а в д а н н я

На бакалаврську роботу студентові

Тимчук Віталій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня ПМК-584.00.000»

керівник роботи Гнилиця І. Д. доц. каф. КМВ

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "06" червня 2025 року №332/7

2. Строк подання студентом роботи до 15.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Робоче креслення деталі;

2. Тип виробництва - середньосерійний

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

1. Конструкторсько-технологічний аналіз

2. Проектування технології виготовлення деталі

3. Проектування технологічної оснастки

4. Написання програми на верстат з ЧПК

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1.Креслення деталі і заготовки

2.Карти технологічних налагоджень

3. Складальне креслення верстатного пристрою

4. Складальне креслення контрольного пристрою

5. Написання програми на верстаті з ЧПК

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гнилиця І. Д. доц. каф. КМВ		
2	Гнилиця І. Д. доц. каф. КМВ		
3	Гнилиця І. Д. доц. каф. КМВ		
4	Гнилиця І. Д. доц. каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання ____25.02.2025_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз		
2	Проектування технології виготовлення		
	деталі		
3	Проектування технологічної оснастки		
4	Написання програми на верстат з ЧПК		
5	Пояснювальна записка		
6	Графічна частина		

Студент _____ Тимчук В.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Гнилиця І. Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

	Вступ…….	7
1	Технологічна частина……..…	9
1.1	Опис призначення та аналіз технічних вимог до деталі……..	9
1.1.1	Опис призначення деталі і її функції у вузлі……..…..	9
1.1.2	Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення……..…..	12
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі……..….	12
1.3	Визначення програми випуску деталей……..…	15
1.4	Вибір способу отримання заготовки……..….	
1.5	Розробка маршруту обробки деталі……..….	
1.6	Призначення припусків на механічну обробку поверхонь……..…	
1.7	Розрахунок режимів різання і основного часу……..……	
1.8	Технічне нормування операцій……..….	
2.	Конструкторська частина……	
2.1	Пристрій для механічної обробки……..	
2.1.1	Опис призначення, конструкції і принципу роботи пристрою……...	
2.1.2	Розрахунок потрібної сили затиску заготовки в пристрої…….…….	
2.3	Розрахунок контрольного інструменту……	
3	Написання програми на верстат з ЧПК…….	
	Висновки……..……	
	Перелік використаних джерел……..…….	
	Додатки…….……	

					БР.ПМ- 584.00.000 ПЗ		
Змни	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб.		*Тимчук В. І.*			Пояснювальна записка	*Літ.*	*Арк.* 6 / *Акрушів*
Перевір.		*Гнилиця І.Д*					
Реценз.						*ІФНТУНГ ПМ-23-1К*	
Н. Контр.		*Гнилиця І.Д.*					
Затверд.		*Панчук В.Г.*					

Вступ

Сучасна індустрія неможлива без розвиненого машинобудування –галузі, яка забезпечує створення техніки, устаткування, механізмів для потреб усього народного господарства. Машинобудівний сектор охоплює десятки напрямів і тісно пов'язаний з багатьма галузями економіки, від сільського господарства до енергетики. Його роль є стратегічно важливою, оскільки він формує технічну основу для функціонування промислового комплексу країни.

У контексті глобального технологічного розвитку машинобудування виступає як основа технічного оновлення виробництва, сприяє модернізації підприємств і впровадженню інновацій. Прогрес в галузі механізації й автоматизації безпосередньо залежить від рівня розвитку машинобудівного виробництва, яке визначає конкурентоспроможність економіки.

Особливої актуальності набуває підготовка фахівців для цього напрямку, адже саме інженери, конструктори та технологи забезпечують реалізацію новітніх технічних рішень у практиці. Їхня діяльність має важливе значення не тільки для промислового виробництва, а й для забезпечення технічної незалежності країни.

Машинобудівний комплекс України охоплює значну частину промислового потенціалу країни. Близько третини всієї промислової продукції формується саме за рахунок машинобудування. Помітну частку займає важке машинобудування – сектор, який виробляє обладнання для металургії, енергетики, транспорту й хімічної промисловості. При цьому значна частина виробів використовується в межах самої країни, що свідчить про внутрішню взаємозалежність галузей.

Структура машинобудівного виробництва, а також його географічне розміщення формуються під впливом багатьох факторів. До них належать наявність висококваліфікованих кадрів, розвинена транспортна система, близькість до споживача, постачальників сировини та енергії. З огляду на це, машинобудівні підприємства можуть бути розміщені як у великих промислових

центрах, так і в регіонах з потужною науково-дослідною базою.

Машинобудування – це не лише галузь виробництва, а й рушійна сила науково-технічного оновлення, без якої неможливе стабільне зростання економіки та технічний прогрес в країні.

1. Загальна частина.

1.1 Опис конструкцій і роботи деталі.

Деталь Вал-шестерня виготовляється зі сталі 40Х, яка забезпечує необхідні механічні характеристики, включаючи високу міцність, твердість і зносостійкість. На торцях по центру виконано глухі центральні отвори, ці отвори є технологічними і використоруються для закріплення деталі в центрах при токарній обробці. В отворах нарізана різьба М20.

На шийці Ø70, довжиною 96 знаходиться шпонковий паз, який забезпечує передавання крутного моменту.

Вал має дві шийки Ø75k6 які використовуються для посадки підшипника. На шийці Ø180, довжиною 110 нарізані зуби. Число зубів – 18; модуль – 9;

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 40Х

C, %	Mn, %	Si, %	P	Cu	S	Ni
0,32-0,42	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,25	0,04	0,25

Таблиця 2 – Механічні властивості сталі 40Х

Марка матеріалу	Границя міцності при розтягу	Твердість по Брінелю, НВ	Межа текучості, σт, МПа	Відносне видовження, δ, %
Сталь 40Х	207	590	245	18

Таблиця 3. Характеристика поверхонь деталі

№ Пов.	Поверхня, конфігурація, призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності	Точність форми	Шорсткість
1	Фаска отвору. Вільна поверхня	3.5 × 45°	14	-	6.3
2	Внутрішня поверхня отвору	Ø21	14	-	6.3
3	Фаска. Вільна поверхня	1 × 60°	14	-	6.3
4	Різьбова поверхня отвору	M20	7	-	6.3
5	Конус отвору	-	14	-	6.3
6	Торцева поверхня	Ø75	14	-	6.3
7	Фаска зовнішня	2 × 45°	14	-	6.3
8	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø75	6	-	0.8
9	Торцева поверхня	-	14	-	1.6
10	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø90	14	-	6.3
11	Зовнішня торцева поверхня	Ø180	14	-	6.3
12	Зубчаста поверхня	Ø180	7	-	1.6
13	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø90	14	-	6.3
14	Торцева поверхня	Ø90	14	-	6.3
15	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø75	6	-	0.8

№ Пов	Поверхня, конфігурація, призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності	Точність форми	Шорсткість
16	Торцева поверхня канавки	-	14	-	6.3
17	Циліндрична поверхня канавки	-	14	-	6.3
18	Торцева поверхня канавки	-	14	-	6.3
19	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø75	6	-	0.8
20	Торцева поверхня	Ø75	14	-	6.3
21	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø70	14	-	6.3
22	Фаска. Вільна поверхня	2 ×45°	14	-	6.3
23	Торцева поверхня	Ø70	14	-	6.3
24	Внутрішня поверхня паза	20	**7**	-	3.2
25	Поверхня дна паза	20	7	-	3.2
26	Радіусна поверхня паза	10	7	-	3.2

1.2 Аналіз технологічності

Деталь Вал-шестерня належить до категорії деталей типу вал. Креслення виконано технологічно і коректно, з врахуванням всіх потрібних факторів. Всі необхідні розміри, розрізи, перерізи вказано для повного уявлення про конструкцію деталі. Всі розміри зазначені, загальна шорсткість і технологічні параметри, включно із радіусами заокруглень під інструмент. Деталь має глухі отвори, для базування деталі при токарній обробці, шліфуванні та нарізанні зубів. В отворах нарізана різьба М20 для з'єднання торця вала з деталями типу кришка або фланець.

Поверхні обробляються механічним способом з урахуванням властивостей матеріалу, попередньої термообробки та гартування.

В кресленні вказана шорсткість шийки вала Ø75k6 – Ra 0.8;

Шорсткість поверхонь паза – Ra 3.2;

Шорсткість для поверхонь з невказаною шорсткістю – Ra 6.3;

Технологічність деталі визначається за такими показниками:

Точністю, шорсткістю та коефіцієнтом уніфікації. В таблиці 4 наведено розрахунок технологічності поверхонь.

№ поверхні	Квалітет точності	Шорсткість	Уніфіковані поверхні
1	14	6.3	14
2	14	6.3	
3	14	6.3	
4	14	6.3	
5	14	6.3	
6	14	6.3	
7	14	6.3	
8	7	0.8	
9	7	1.6	
10	14	6.3	
11	14	6.3	
12	14	6.3	

13	14	6.3	
14	7	1.6	
15	7	0.8	
16	14	3.2	
17	14	3.2	
18	14	3.2	
19	7	0.8	
20	14	1.6	
21	14	6.3	
22	14	6.3	
23	14	6.3	
24	7	3.2	
25	7	3.2	
26	7	3.2	

Обчислення коефіцієнта уніфікації

Позначимо:

- Q_1 – кількість уніфікованих поверхонь;
- Q_2 – загальна кількість уніфікованих поверхонь

Формула для коефіцієнта уніфікації:

$$К_у = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{18}{26} = 0.69 > 0.6$$

Мінімальне допустиме значення – 0,6. Оскільки отриманий коефіцієнт перевищує мінімальне значення, можна зробити висновок, що деталь відповідає технологічності за цим критерієм.

Обчислення коефіцієнта точності

Позначення:

- $A_{ср}$ – середньозважене значення квалітету,
- n_i – кількість поверхонь кожного квалітету
- Σ_n – загальна кількість поверхонь

Формула:

$$K_т = 1 - \frac{A_{ср}}{26} = \frac{14 \cdot 17 + 7 \cdot 7}{26} = 11.038$$

$$К_т = 1 - \frac{1}{11.038} = 0.91 > 0.8$$

Мінімальне допустиме значення – 0.8. Так як коефіцієнт отриманий після розрахунку перевищує найменше допустиме значення, то це означає що деталь відповідає технологічності за цим критерієм.

Обчислення коефіцієнта шорсткості

Визначаємо коефіцієнт шорсткості за формулою:

$$К_{ш} = \frac{1}{Б_{ср}} = \frac{\Sigma_{БПі}}{\Sigma_n}$$

$\Sigma_{БПі}$ – сума кількості добутків кількості поверхонь на відповідний клас шорсткості

$$Б_{ср} = \frac{\Sigma_{БПі}}{\Sigma_n} = \frac{14 \cdot 6 + 0.8 \cdot 3 + 3 \cdot 6 + 1{,}6 \cdot 3}{26} = \frac{84 + 2{,}4 + 18 + 4{,}8}{26} = 4{,}2$$

$$\frac{1}{4{,}2} = 0{,}23 > 0{,}16$$

0,16 – мінімальне значення шорсткості.

Значення деталі за цим показником є технологічним. Деталь оцінена як технологічна за трьома критеріями – уніфікації, точністю та шорсткістю. Це свідчить про те, що в процесі виготовлення деталі не виникне труднощів.

Проведений аналіз конструкції та параметрів деталі «Вал-шестерня» дозволив зробити висновок про її високу технологічність, що підтверджується рядом об'єктивних показників. Креслення деталі виконано грамотно з технологічної точки зору — надані всі необхідні розміри, шорсткості, допуски, квалітети та перерізи, які забезпечують повне уявлення про конструкцію та дозволяють точно спроєктувати технологічний процес обробки.

Ретельний розрахунок основних коефіцієнтів технологічності — уніфікації (Ку = 0,69), точності (Кт = 0,91) та шорсткості (Кш = 0,23) — свідчить про відповідність деталі встановленим нормативним вимогам. Всі три показники перевищують мінімально допустимі значення, що підтверджує технологічну придатність деталі до серійного виробництва без потреби у внесенні змін у конструкторську документацію.

Важливим фактором є також наявність глухих різьбових отворів, що

забезпечують зручність базування при подальшій токарній, шліфувальній та зубонарізній обробці. Задане значення шорсткості для різних поверхонь, зокрема Ra 0.8 на шийках вала та Ra 3.2 для пазів, демонструє уважний підхід до функціонального призначення кожної з поверхонь.

Таким чином, деталь має достатній рівень уніфікації, прийнятну точність і оптимальні параметри шорсткості, що дозволяє забезпечити стабільний технологічний процес при мінімальних витратах ресурсів. Це значно підвищує виробничу ефективність та зменшує імовірність браку. У сукупності зазначене свідчить про те, що деталь «Вал-шестерня» розроблена з урахуванням сучасних вимог технологічності та є повністю придатною для виготовлення з використанням типового металообробного обладнання.

2. Технологічна частина

2.1 Обґрунтування обраного типу виробництва

Середньосерійний тип виробництва обирається в тих випадках, коли виготовляють конструктивно подібні вироби в значних кількостях, що дозволяє забезпечити відносно великі обсяги випуску продукції.

Такий тип виробництва поєднує риси як масового, так і дрібносерійного виробництва, забезпечуючи при цьому гнучкість і ефективність обробки деталей. У середньосерійному виробництві часто застосовується універсальне, спеціалізоване, а також частково спеціальне обладнання, що дозволяє ефективно організовувати обробку широкої номенклатури деталей.

Для обробки деталей у цьому типі виробництва використовуються як універсальні, так і спеціальні верстати. Наприклад, можуть застосовуватись токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні верстати, а також спеціальні пристрої спеціального призначення, зокрема пристрої для закріплення деталей, калібри та шаблони для контролю розмірів.

Середньосерійне виробництво дозволяє ефективно організовувати робочі місця, де одна операція виконується одним робітником, або автоматизованою установкою. Через повторюваність операцій зростає продуктивність праці, а завдяки частковій стандартизації оснащення знижується собівартість

Виготовлення деталей.

Перевагою цього типу виробництва деталей є також помірні вимоги до кваліфікації працівників. Завдяки тому, що обробка часто виконується за допомогою оснастки, працівникам не обов’язково мати високий рівень підготовки – достатньо навичок виконання окремих типових операцій

У даній роботі прийнято середньосерійний тип виробництва, оскільки програма випуску передбачає виготовлення 10000 одиниць деталей при масі однієї деталі 34,714 кг. Такий обсяг виробництва є характерним для середньосерійного виробництва.

Розраховуємо партію деталей:

$$n = \frac{N \cdot T}{\Phi_y}$$

n – операційна партія, t – запас заготовок, потрібний для середньо серійного виробництва t = 5.

Φ_y – кількість робочих днів в році, вибираємо Φ_y = 251 дні.

$$n = \frac{1000 \cdot 5}{251} = 199 \text{ шт.}$$

Вибираємо партію, кількість деталей якої дорівнює 200 штук

2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовок.

Для виготовлення валів найбільш раціональним і поширеним способом є застосування металопрокату або штампування, зокрема у плоских штампах. Ці методи забезпечують не лише економію матеріалу, а й підвищення механічних властивостей виробу завдяки раціональному розташуванню волокон металу в структурі заготовки.

З огляду на відносно невеликі габаритні розміри деталі «Вал-шестерня», оптимальним способом отримання заготовки є холодне штампування поковок (КГШП). Цей метод дозволяє отримати заготовки з високим ступенем точності, з мінімальними припусками на механічну обробку, що, у свою чергу, зменшує витрати на подальші виробничі операції.

Штамповані заготовки, виготовлені методом КГШП, характеризуються підвищеною точністю геометричних розмірів, однорідною структурою та якісною поверхнею, що істотно спрощує подальшу обробку на верстатах. До того ж, їх виготовлення супроводжується меншими витратами енергії порівняно з гарячим штампуванням.

За необхідності, для підвищення точності або досягнення заданої форми, заготовки можуть бути додатково піддані холодному калібруванню, а також обтисканню або чеканці, що дозволяє забезпечити ще вищу точність форми та розмірів, а також покращити фізико-механічні характеристики поверхневого шару.

Таким чином, використання холодного штампування для виготовлення

заготовки під вал є технічно та економічно доцільним рішенням, що відповідає сучасним вимогам до заготовчого виробництва деталей машин.

Штамповка

1.Вибираємо КГШП. Форма штампа плоска.

2. Визначаємо точність штамповки –Т3, с.28 (2).

3. Розраховуємо теоретичну масу заготовки за формулою:

$С_р = С_р \cdot К_р$,

$С_д$ – маса деталі;

$К_р$ – коефіцієнт – 1,5, тоді $С_р = 34$,

$М_к = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \cdot p$; *d* – діаметр описаного кола

$d = 180 \cdot 1.05 = 189$

$l = 437 \cdot 1.05 = 458.85$

l – довжина описаного кола

$$М_к = \frac{3.14 \cdot 189^2}{4} \cdot 437 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6} =$$

= 100,223 *кг*

Оцінюємо складність заготовки за формулою:

$$С = \frac{С_д}{М_ц} = \frac{34.714}{100.223} = 0.346$$

Степінь складності – С3 с.30 [2]

1. Обчислюємо вихідний індекс і = 1 (с.10 [2]).
2. Конфігурація штампа – плоска.

3.Визначаємо припуски на розміри штамповки (с.13 [2]) у порівнянні з номінальними розмірами:

На діаметральні розміри:

70 + 1.6 · 2 = 73.2

75 + 1.8 · 2 = 78.6

90 + 2.4 · 2 = 94.8

180 + 2.8 · 2 = 185.6

90 + 2.4 · 2 = 94.8

75 + 1.8 · 2 = 78.6

На лінійні розміри штамповки:

437 + 1.5 · 2 = 440 мм

78 +1.5 +1.2 = 80.7 мм

96 + 1.5 + 1.3 = 98.8 мм

110 + 1.6 · 2 = 113.2 мм

36 + 1.2 + 1.3 = 38.5 мм

Розраховуємо додаткові припуски с.14 т.4 [2]. Припуски на вгнутість та співвісність для діаметральних розмірів та площинність і прямолінійність для плоских поверхонь:

73.2 + 0.3 · 2 = 73.8

78.6 + 0.3 · 2 = 79.2

94.8 + 0.3 · 2 = 95.4

185.6 + 0.3 · 2 = 186.2

94.8 + 0.3 · 2 = 95.4

78.6 + 0.3 · 2 = 79.2

Мінімальні радіуси заокруглень с.15 т7. [2].

R = 2,0 мм.

Визначаємо допуски с.18-19 т8. [3]. на діаметри:

$Ø70^{\square}_{-0.43}$ $Ø75^{\square}_{-0.016}$ $Ø90^{\square}_{-0.46}$

$Ø180^{\square}_{-0.04}$

На лінійні розміри:

$437^{\square}_{-0.4}$ $78^{\square}_{-0.25}$ $96^{\square}_{-0.27}$ $148^{\square}_{-0.32}$ $110^{\square}_{-0.3}$ $143^{\square}_{-0.21}$

$143^{\square}_{-0.32}$

Визначаємо масу штамповки. Відповідно до розрахунку виконаного в програмі “Autodesk Inventor” маса штамповки становить 38.79 кг.

Знаходимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою $K = \frac{M_1}{M_2} = \frac{34.714}{38.79} =$ 0,894

№	Розмір	Припуск	Допуск		Прийнятий розмір
			+	-	
1	Ø70	1.9 · 2	1.3	0.7	Ø70
2	Ø75	2.1 · 2	1.3	0.7	Ø70
3	Ø90	1.9 · 2	1.3	0.7	Ø70
4	Ø180	0.3 · 2	1.3	1.1	Ø70
5	Ø90	1.2 · 2	0.5	1.7	Ø70
6	Ø75	0.3 · 2	70	0.6	Ø70

Обчислюємо собівартість заготовки і

Виконуємо ескіз штамповки:

$S_1 = (\frac{C}{1000} \cdot M_1) - (M_з - M_д) - \frac{S_в}{1000}$

C – вартість 1т заготовки (120000 грн)

$S_в$ – вартість 1т стружки (6600 грн)

$S_1 = (\frac{120000}{1000} \cdot 34.714) - (38.79 - 34.714) - \frac{6600}{1000} = 4155$ грн.

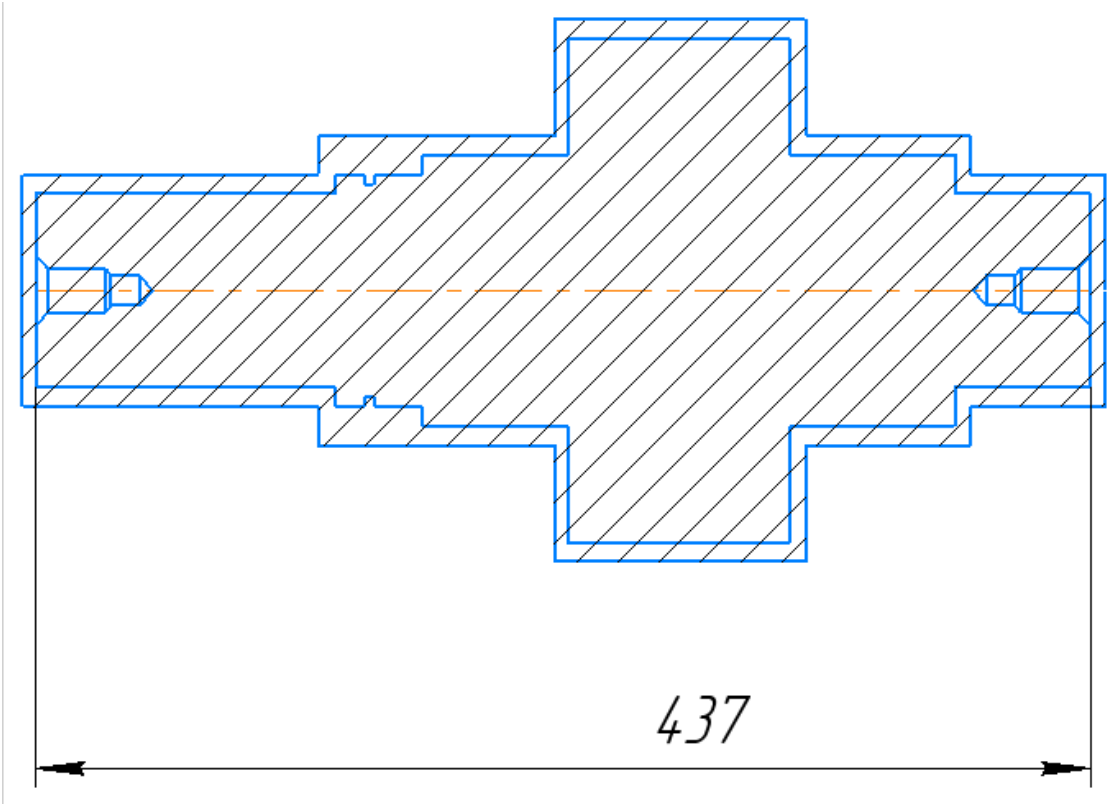


Рисунок 1. Штамповка

Максимальні допустимі радіуси заокрглень R = 2.8

Максимальна допустима величина зміщення до 0.18

Максимальні допустимі відхилення від прямолінійності - 0.4

Кут штампувальних нахилів - 5º

Допуск на радіуси заокруглень – 0.4

Прокат

1. Вибираємо заготовку з прокату нормальної точності, круглого перерізу ∅187 мм.
2. Додаємо припуски та допуски згідно таблиці 2

Таблиця 2

№ пов	Розмір	Припуск	Допуск		Прийнятий розмір
			+	-	
10	∅180h7	1,9 · 2	0,5	1,3	$180^{=0.5}_{-1.3}$
2-15	440	2,5 · 2	1,0	1,0	440 ± 1.2

1. Визначаємо технічні вимоги згідно ДСТУ 2590-2006
2. Допустиме відхилення від площинності – 0.3 мм
3. Допустима кривизна – 0.25 мм

Знаходимо масу прокату за формулою:

$$M_n = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \rho \cdot l$$

d – діаметр заготовки

ρ - густина матеріалу

l – довжина заготовки

Маса прокату дорівнює:

$$M_n = \frac{3.14 \cdot 187^2}{4} \cdot 440 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6} = 94.21 \text{ кг}$$

Розраховуємо собівартість прокату за формулою:

$$S_1 = \left(\frac{C}{1000} \cdot M_1\right) - (M_3 - M_д) - \frac{S_в}{1000}$$

С – вартість 1т заготовки (120000 грн)

S_B – вартість 1т стружки (6600 грн)

$S_1 = (\frac{80000}{1000} \cdot 94.21) - (94.21 - 34.714) - \frac{6600}{1000} = 7473.13$

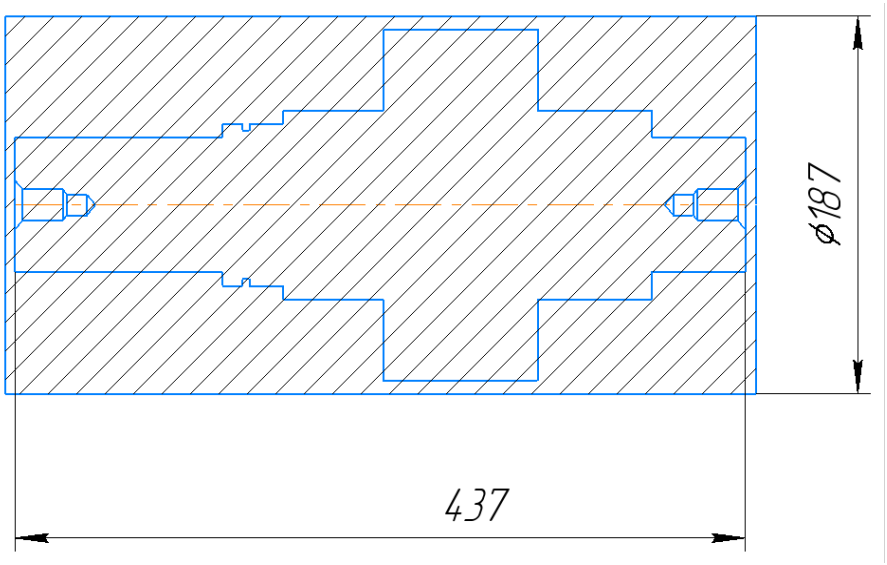


Рисунок 2 – Заготовка-прокат

Порівняння заготовки прокату і заготовки-штамповки

Порівняння заготовок Таблиця 5

Значення	Прокат	Штамповка
Маса заготовки	94.21	38.21
Коефіцієнт використання матеріалу	0.92	0.36
Собівартість 1 заготовки (грн)	4155	7473

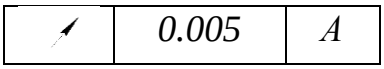
В штамповки вищий коефіцієнт використання матеріалу за коефіцієнт використання прокату на 56%, ціна штамповки нижча від ціни прокату.

Вибираємо заготовку штамповку.

2.3 Розробка технологічного процесу

2.3.1 Технічні вимоги при виготовленні деталей, методи їх забезпечення

Технічні вимоги та методи їх забезпечення Таблиця 6

№	Технічні имоги	Методи забезпечення	Засоби для контролю
1	2	3	4
2	 Радіальне биття поверхні 15 не має перевищувати 0.005 мм	Обробка в центрах	Індикаторний биттємір
3	Твердість зубів 45…50 HRC	Гартування Відпуск	Мікромер

2.3.2 Обґрунтування вибору баз

Під час вибору технологічних баз необхідно дотримуватися наступних вимог:

1. Деталь має легко і швидко встановлюватися на верстат, і зніматися з нього.
2. Базові поверхні повинні мати достатню площу для забезпечення стійкості під час обробки.
3. В якості баз бажано вибирати ті поверхні, які найменше деформуються під дією сил різання або під власною вагою.
4. Незатотовлені поверхні можна використовувати як бази лише на попередніхопераціях обробки – для формування чистових баз.
5. Основною базою доцільно вибирати поверхню з найменшими припусками.
6. Монтаж і демонтаж деталі повинні займати найменший час.
7. За можливості потрібно зберігати однаковість базування для всіх операцій.

Деталь “Вал-шестерня” є циліндричним тілом. В якості чорнових технологічних баз застосовуються циліндричні поверхні та торці. Від цих баз обробляють два торці і свердлять центрові отвори.

При токарній операції, нарізанні зубів, шліфуванні базами є поверхні 1, 20).

2.3.3 Заповнення маршрутної карти

Маршрутна карта

№ операції	Назва та зміст операції	Модель верстата	Пристрій
1	2	3	4
005	Заготівельна	-	-
010	Фрезерно-центрувальна (фрезерування торців деталі, свердління центрувальних отворів в торцях) 1. Фрезерувати торці (поверхня 6, поверхня 23) в розмір 437. 2. Просвердлити центрові технологічні отвори 3. Зенкувати фаску 4. Нарізати різьбу М20	Mikron WF-72 CF	Пристрій спеціальний при верстаті
015	Токарна з ЧПК 1.Точити контур деталі начорно. 2. Точити контур деталі начисто. 3. Зняти фаски 4. Точити канавку	DMG CLX-300	Трьохкулачковий патрон, рухомий та нерухомий центри
025	Вертикально-фрезерна (фрезерування шпонкового паза)	Bridgeport Series I	Призма

030	Зубофрезерна Нарізання зубів	Pinnacle BX-700	Центри
035	Зубошліфувальна	Reishauer RZ-301S	Центри
040	Круглошліфувальна Шліфуєм в розмір діаметр 75к6	Studer s33	Центри
045	Контрольна	Стіл ВТК	Спеціальний контрольний пристрій

2.4 Обробка операційного технологічного процесу

2.4.1.Визначення міжопераційних припусків та розмірів

Для забезпечення потрібної точності й якості обробки деталі потрібно розробити послідовний технологічний процес механічної обробки. При цьому на кожному етапі деталь наближається до кінцевого розміру, а припуски визначаються з врахуванням методу обробки.

Заміна припусків необхідна для компенсації похибок, що виникають у процесі закріплення, геометрії інструмента, і нестабільності верстата. Ці похибки ускладнюють досягнення необхідної точності. Найбільш економічно вигідно встановлювати припуски на поверхні, які зазнають найменших змін.

Занадто малий припуск не забезпечує усунення дефектів поверхні, тоді як надмірно великий збільшує час обробки, знос інструмента та утворення браку. Тому оптимальні припуски визначаються з врахуванням стану заготовки, вимог до розмірів, а також типу обладнання

Для розрахування припусків приймаємо обробку зовнішньої циліндричної поверхні Ø180h7 (довжина 110 мм).

Спосіб виготовлення заготовки – штампування на ГКМ

Клас точності заготовки – Т3

Точність поверхні після обробки – 9 квалітет

Розміри оброблюваної поверхні - Ø180h7 (довжина 110 мм).

Схема установки – згідно креслення.

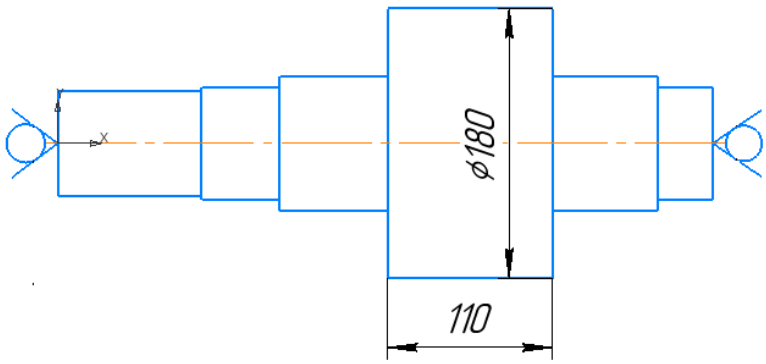


Схема установки деталі при токарній операції

• Чорнове точіння (h14)

• Чистове точіння (h9)

Найменший припуск при точінні:

$2 \cdot z_{\min i} = 2 \cdot (R_{I-1}\ h_{i-1}\ \rho_{i-1})$

R_{I-1} – висота мікронерівностей поверхні на попередньому переході.

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні

ρ_{i-1} – відхилення розміщення поверхні

Загоовка $(R + h)$

Сумарне відхилення:

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_k^2 + \rho_{ni}^2}$$

викривлення поверхні $\int \rho_{к} = \Delta_{к} \cdot\ l = 1 \cdot 15 = 15$ мкм.

Δ_{i} - кривизна заготовки

$$\rho_{i} = \sqrt{(\frac{\delta_з}{2}) + 0.25^2} = \sqrt{(\frac{2}{2}) + 0.25} = 1.03 \text{ мм}$$

δ_ζ допуск на базові поверхні при горизонтально – фрезерній центрувальній операції.

$\rho_{ni} = 1$ мм

$\rho = \sqrt{\ 0.015^2 + 1.03^2 + 1^2} = 1.46$ мм;

Кінцеве просторове відхилення:

Для чорнового точіння: $\rho_1 = 0.06 \cdot 1140 = 86.4$ мкм.

Для чистового точіння: $\rho_2 = 0.04 \cdot 1250 = 57.6$ мкм.

Розраховуємо мінімальні значення припусків, використовуємо загальну формулу:

Для чорнового точіння: $2 \cdot Z_{min1} = 2 \cdot (160 + 250 + 1440) = 2 \cdot 1820$ мкм

Для напівчистового точіння: $2 \cdot Z_{min1} = 2 \cdot (50 + 50 + 86.4) = 2 \cdot 186.4$ мкм

Для чистового точіння: $2 \cdot Z_{min1} = 2 \cdot (10 + 20 + 57.6) = 2 \cdot 87.6$ мкм

Розрахунковий розмір $d_{в}$

$d_{р1} = 63.797 + 3.7 = 63.797$ мм

$d_{р2} = 59.601 + 0.496 = 60.097$ мм

$d_{р3} = 59.426 + 0.175 = 59.601$ мм

Найбільші граничні розміри:

$d_{max1} = 63.797 + 2.0 = 65.797$ мм;

$d_{max2} = 60.097 + 0.74 = 60.837$ мм

$d_{max3} = 59.601 + 0.19 = 59.791$мм

$d_{max4} = 59.426 + 0.074 = 59.5$ мм

Значення припусків $\int Z_{max}^{ід}$ розраховуємо як різницю найбільших граничних розмірів і найменших граничних розмірів попереднього і поточного переходів:

$2 \cdot Z_{max1}^{np} = 59.567 - 59.1 = 0.192$ мм

$2 \cdot Z_{max2}^{np} = 61.231 - 59.782 = 1.21$ мм

$2 \cdot Z_{max3}^{np} = 63.43 - 61.343 = 4.63$ мм

$2 \cdot Z_{min1}^{np} = 63.792 - 60.097 = 3.7$ мм

$2 \cdot Z_{min2}^{np} = 60.097 - 59.601 = 0.496$ мм

$2 \cdot Z_{min3}^{np} = 59.601 - 59.426 = 0.175$ мм

Загальні припуски Z_{0min} і Z_{0max} знаходимо додаючи припуски:

$2 \cdot Z_{0min} = 0.175 + 0.499 + 3.6 = 4.363$ мм;

$2 \cdot Z_{0max} = 0.291 + 1.046 + 4.96 = 6.297$ мм;

Для решти поверхонь деталі допуски і припуски приймаємо по ГОСТ 7505-74 і заносимо отримані значення до таблиці

Технологічні переходи	Елементи припуску			Розрахунковий розмір		Допуск, TD, мкм	Граничні розміри		Гранична величина припуску	
				d_{min}	d_{max}					
Заготовка Чорнове, напівчистове чистове точіння	2454 5 11 5	274 50 218 18	125 0 198 2 84	3900 182 93	6456 62.1 58.2	2000 870 210 180	390 0 182 93	645 6 62. 1 58. 2	390 0 500 150	480 0 102 0 320

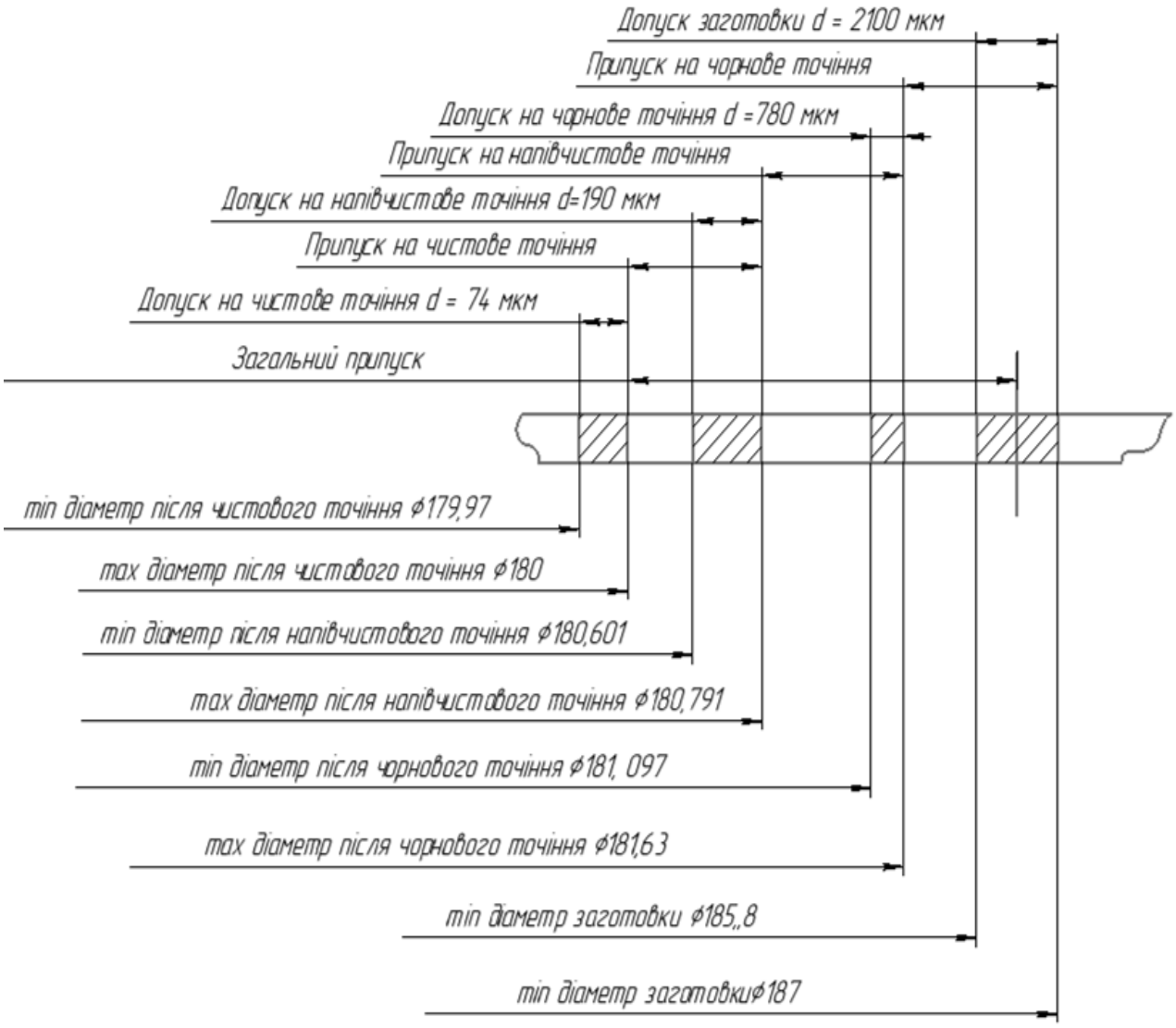


Схема розміщення полів допусків для розміру ∅180 h9

2.4.2. Визначення режимів різання

Вибір різального та допоміжного інструменту.

Вибираємо інструмент: Фреза шпонкова 2234-0136 ГОСТ 9140-78

Допоміжний інструмент: Цанга 6113-0011 МН 27-64, Патрон 6151-0021 МН 26-64

Розрахунок режимів різання та аналіз норм часу

Проводимо розрахунок режимів різання для фрезерування

Визначаємо глибу різання за один хід. t = 0.2мм с.342 к.198 [6].

$K_{tv} = 1.0, K_{ov} = 1.0.$

Коректуємо по паспорту верстату та приймаємо t = 0.20 мм.

Визначаємо швидкість різання $V_{різ} = 24$ *м/хв. с.342 к.198 [6].*

Визначаємо число обертів фрези $n_ф = 1273 хв^{-1}$ *с.342 к.198 [6].*

Коректуємо по паспорту верстата $n_{пр} = 1250\ хв^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 6 \cdot 1250}{1000} = 23{,}5 м/хв.$$

Визначаємо хвилинну подачу фрези:

$S_{хв} = 420 мм/хв.$ *с.342 к.198 [6].*

Коректуємо по паспорту верстата $S_{хвпр} = 400$ *мм/хв,*

Визначаємо машинний час:

$$T_{маш} = \frac{26 \cdot 3{,}0}{400 \cdot 0{,}2} \cdot 1 = 0{,}97 хв.$$

Визначаємо головну складову сили різання P_Z, *Н*

$$P_z = (10 C_P t^x S^y_z B^n Z / D^q n^w) K_{мр},$$ *де*

C_p *– стала для оброблюваного матеріалу – 82, t – глибина різання 0,2 мм, S – подача на зуб – 0,2 мм/зуб, B – ширина фрезерування – 6 мм, Z – кількість зубів – 2, D – діаметр фрези – 6 мм, n – кількість обертів фрези і показники степеней: x – 0.75, y – 0.6, q – 0.86, w – 0. n – 1,* $K_{МР}$ *– поправочний коефіцієнт, який залежить від матеріалу обробки*

$K_{МР} = (\sigma_в/750)^{np}$, *де* n_p *– 0.75, тоді* $K_{МР} = (750/750)^{0,75} = 1,0$

$$P_z=(10\cdot 82\cdot 0{,}2^{75}\cdot 0.2^{0{,}6}\cdot 6^{1}\cdot 2/6^{0.86}\cdot 1250^{0})\cdot 1{,}0=242\ Н$$

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{кр}= P_Z V/1020*60 = 277\cdot 23{,}5/1020\cdot 60 = 0{,}90\ Нм$$

Обчисленя основного часу

№ Операції	№ Переходу	Формула розрахунку	L (мм)	i	n ($хв^{-1}$)	S (хв)	Тм (хв)	Література
010	1 2 3	$T_м = \frac{L_i}{n \cdot S} \cdot i$	84 12	1 2	650 650 30	50 50 30	1.6 1.6 2	
015	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	$T_м = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i$	96 80 100 110 25 25 100 120 143 46 20 20	2 3 3 3 1 1 4 4 1 1 1 1	1200 680 700 500 500 1200 600 650 500 650 650 580	120 120 100 120 80 80 100 100 100 90 90 120	4 5 5 6 2 8 2 4 5 5 6 7	с.23 [4]
020	1	$T_м = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i$	78	1	700	120	3	с.28 [2]
030	1	$T_м = \frac{L \cdot z}{n \cdot S \cdot K}$	65	1	210	200	3	с.28 [2]
040	1	$T_м = \frac{L \cdot z}{n \cdot S \cdot K}$	50	1	3000	120	3	с.28 [2]
045	1	$T_м = \frac{L \cdot z}{n \cdot S \cdot K}$	50	1	3000	120	3	с.28 [2]

2.4.3.Розраховуємо норми часу

З попередніх роз рахунків беремо основний час на дану операцію, він становить 0,97 хв.

1. *Визначаємо допоміжний час.*

– *Знаходимо час на установлення та зняття деталі:*

$t_{УСТ} = 0{,}24$*хв. к16 л1 п18 с.56 [1].*

– *Знаходимо час зв'язаний з переходом і часи, які не ввійшли в комплекс:*

$t_{ПЕР} = 0{,}36$*хв. к31 п18 с.108 [1].*

$t_{НК1} = 0.12$*хв. к31 п16 с.109 [1].*

$t_{НК2} = 0.06$*хв. к31 п19 с.109 [1].*

$\sum t_{НК} = 0.12 + 0.06 = 0.18$*хв.*

– *Знаходимо час на вимірювання:*

$t_{ВИМ1} = 0{,}1$*хв. к86 л7 п158 с.190 [1],* $t_{ВИМ2} = 0{,}1$*хв. к86 л7 п158 с.190 [1], знаходимо коефіцієнт періодичності вимірювання.* $\kappa_{ВИМ1} = 0{,}3$ *к86 л4 с.200,* $\kappa_{ВИМ2} = 0{,}3$ *к86 л4 с.200 [1].*

Час на вимірювання буде становити:

$t'_{вим} = t_{ВИМ1} \cdot \kappa_{ВИМ1} + t_{ВИМ2} \cdot \kappa_{ВИМ2} = 0{,}1 \cdot 0{,}3 + 0.1 \cdot 0{,}3 = 0{,}06$*хв.*

– *Знаходимо величину допоміжного часу без поправочного коефіцієнта, який залежить від величини партії деталей.*

$t'_{доп} = t_{УСТ} + t_{ПЕР} + t'_{вим} + \sum t_{НК} = 0{,}24 + 0.36 + 0{,}06 + 0{,}18 = 0{,}84$*хв.*

– *Визначаємо величину коефіцієнта, який залежить від величини партії деталей:* $\kappa = 1{,}0$ *к1 с.31 [1].*

Допоміжний час на операцію буде становити:

$t_{доп} = t'_{доп} \cdot \kappa = 0{,}84 \cdot 1{,}0 = 0{,}84$*хв.*

2. *Визначення оперативного часу:* $t_{опер} = t_{осн} + t_{доп} = 0{,}97 + 0{,}84 = 1{,}81$*хв.*

3. *Визначення часу на обслуговування робочого місця:*

$$t_{обсл} = \frac{a \cdot t_{опер}}{100} = \frac{3{,}5 \cdot 1{,}81}{100} = 0{,}06 хв.,$$ *де* a *- процент від оперативного часу. К32 с.110 [1].*

4. *Визначаємо час на відпочинок та особисті потреби:*

$$t_{відп} = \frac{в \cdot t_{опер}}{100} = \frac{4 \cdot 1{,}81}{100} = 0{,}07 хв.$$ *де* $в$ *- процент від оперативного часу К88*

5. *Знаходимо величину штучного часу:*

$$t_{шт} = t_{опер} + t_{обс} + t_{відп} = 1{,}81 + 0{,}06 + 0{,}07 = 1{,}94 хв.$$

6. *Визначаємо величину підготовчо-заключного часу:*

$t'_{пз} = 16 хв$ *к32 п7 с.111 [1];* $t''_{пз} = 7{,}0 хв$ *к32 п24 с.111 [1];*

$$t_{пз} = t'_{пз} + t''_{пз} = 16{,}0 + 7{,}0 = 23 хв.$$

Визначаємо мінімальну кількість деталей в партії за формулою:

$$n_д = \frac{t_{пз}}{T_{шт} \cdot a} = \frac{23}{1{,}94 \cdot 0{,}07} = 169$$ *Приймаємо 170 шт.*

7. *Визначаємо величину штучно-калькуляційного часу:*

$$t_{шт.к} = \frac{t_{пз}}{n} + t_{шт} = \frac{23}{170} + 1{,}94 = 2{,}08 хв.,$$ *де* n *– партія деталей.*

Таблиця норм часу

№ операції	Назва операції	Модель верстата	$\frac{T_{пз}}{n}$ хв	Туст. хв	Тпер. хв	Твим. хв	Тобс. хв	Твідп. хв	Тпер. хв	Тпер. хв	Тшт хв	Література
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
010	Горизонтальн-фрезерна	Mikron WF – 72 CF	0,41	28/200	0.32	0.2	0.06	0.07	0.5	1.34	1.3	К65 Л2 П7
015	Токарна з ЧПК	DMG CLX-350	1.34	28/200	1.32	0.3	0.45	0.11	0.14	2.21	1.5	К12 п1 с120
020	Вертикально-фрезерна	Bridgeport Series I	1.34	28/200	1.32	0.3	0.21	0.11	0.11	2.32	1.5	К65 Л2 П7
025	Зубонарізна	GLEASON-PFAUTER P90	3.12	48/200	0.45			0.16	0.15	6.02	2.4	К65 Л2 П7
030												
035	Зубофрезерна	Reishauer RZ-301S	2.11	20/200	0.23			0.11	0.11	3.11	2	К12 п1 с120
045	Зубошліфувальна	Studer S33	0.22	24/200	6.34			0.12	0.11	1.2	2.2	К12 п1 с134

2 Конструкторська частина

2.1 Пристрій верстатний

Організація надійного закріплення заготовки на верстаті є одним із ключових факторів, що впливають на точність і якість обробки. У процесі токарної обробки особливо важливо забезпечити жорстке базування та фіксацію деталі, оскільки від цього залежить не лише геометрична точність, але й знос інструменту, вібрації під час обробки, а також безпека роботи оператора.

У цьому пункті розглядається конструкція та принцип дії пристрою для встановлення та закріплення деталі «Вал-шестерня ПМК-584.00.000» на верстаті з числовим програмним керуванням. Описується вибір типу патрона, особливості використання технологічних баз, а також вимоги до пристрою з огляду на конструктивні особливості деталі та обраний технологічний процес.

Розрахунок сил затиску

Розрахунок сили затиску дозволяє встановити мінімальне зусилля, при якому заготовка залишатиметься стабільною в процесі обробки, не порушуючи при цьому її геометричних параметрів. У цьому підпункті буде виконано аналітичний розрахунок з урахуванням основних параметрів: сили різання, умов тертя, геометрії деталі та типу патрона. Отримані результати дадуть змогу обґрунтовано вибрати затискний пристрій і гарантувати надійність закріплення в умовах реального виробництва.

В процесі фрезерування на деталь діє сила P_z, і крутний момент, який старається провернути деталь. Схема дії показана на рисунку 5.

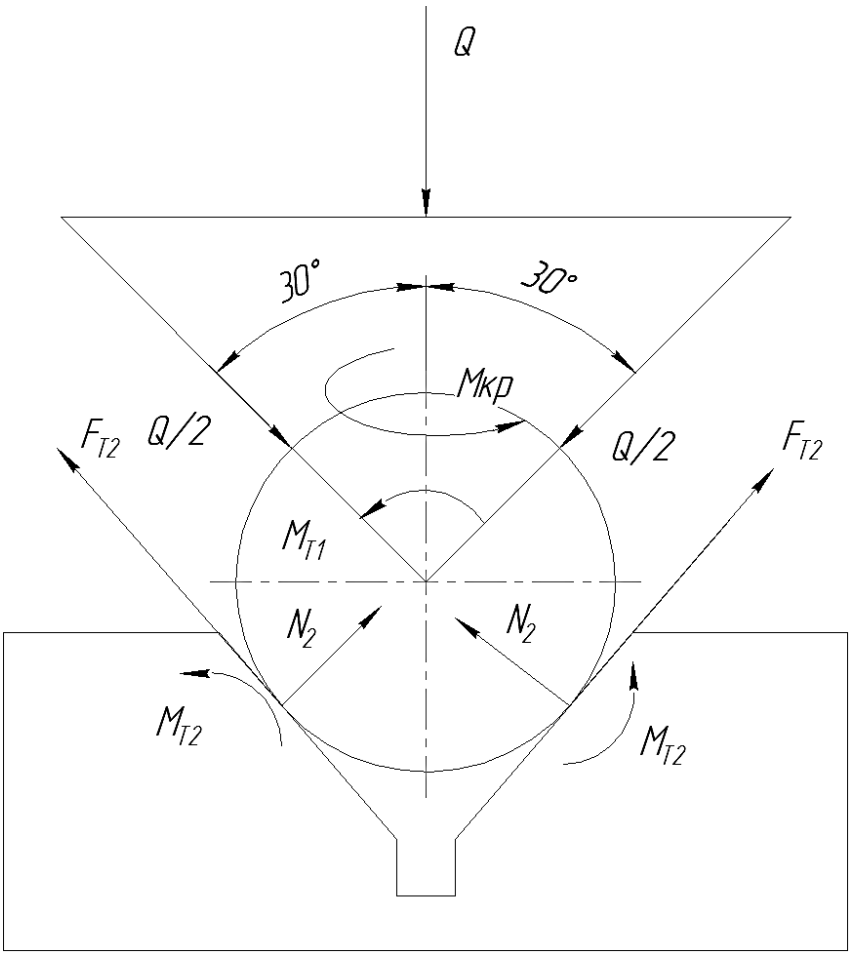


Рисунок 5 – Схема дії сил

Для даної схеми сила затиску рівняння рівноваги:

$$KM_{p1} = M_{T1} + 2M_{T2}$$

$$M_{T1} = F_{T1}R = Wf_1\frac{d}{2},\ M_{T2} = F_{T2}R = Nf_2\frac{d}{2} = \frac{W}{2\sin\frac{\alpha}{2}}f_2\frac{d}{2},$$

тоді підставимо у початкову формулу і значення осьової сили визначимо силу затиску:

$$W = \frac{KM_p}{f_1\frac{d}{2} + \frac{f_2\frac{d}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}}}$$

де f_1 f_2 – коефіцієнти тертя в місцях контакту;

α – кут призми рівний 90^0; К – коефіцієнт запасу

Визначаємо коефіцієнт запасу.

$$K = K_0K_1K_2K_3K_4K_5K_6,$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу рівний 1.5,

K_1 – коефіцієнт враховує випадкові нерівності деталі – 1.0,

K_2 – коефіцієнт враховує затуплення інструменту – 1.0,

K_3 – коефіцієнт враховує перервне різання – 1.2,

K_4 – коефіцієнт враховує стабільність затиску – 1.3,

K_5 – коефіцієнт враховує зручність затискного механізму – 1.0,

K_6 – коефіцієнт враховує провертаючи моменти – 1.0, [1], с.91

$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34;$

$f_1 = f_2 = 0.16$, тоді

$$W = \frac{2.34 \cdot 0,90}{0.16 \cdot \frac{0,028}{2} + \frac{0.16 \cdot \frac{0,028}{2}}{\sin\frac{90}{2}}} = 264H$$

Вибір типу затискача та його конструктивних розмірів

Правильний вибір типу затискача та визначення його основних конструктивних розмірів є важливим етапом проєктування пристрою для надійного закріплення деталі в процесі обробки. Від цього залежить не лише точність і стабільність обробки, але й загальна ефективність технологічного процесу. У цьому підпункті обґрунтовується доцільність застосування конкретного типу затискача відповідно до форми, розмірів та особливостей деталі, а також подається розрахунок основних геометричних параметрів затискного елемента.

Складаємо рівняння рівноваги згідно рисунка 6, враховуючи силу затиску двома важелями у двох місцях тому формула має вигляд:

$$Wl_2 = \frac{Ql_1}{2 \cdot cos30} \Rightarrow W = \frac{Ql_1}{2l_2 cos30} = \frac{264 \cdot 60}{2 \cdot 40 \cdot cos30} = 228H$$

Розрахунок початкової сили рушія та його конструктивно-розмірні параметри.

В якості рушія використовуємо пневмоциліндр рисунок 6

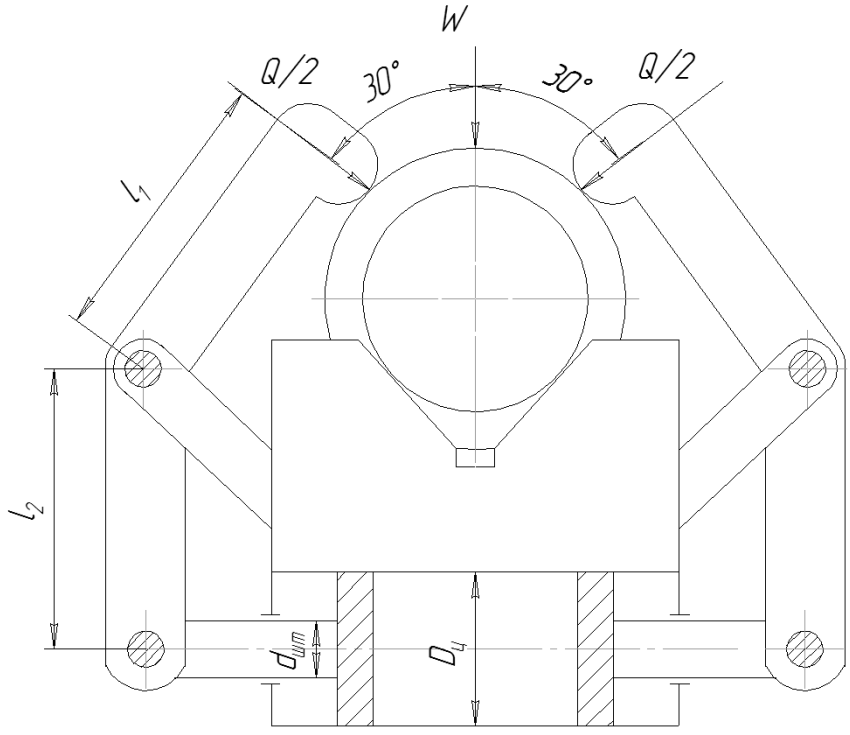


Рисунок 6 – Схема дії сил при затиску

Записуємо рівняння сили закріплення через діаметр поршня пневмо-

циліндра (рисунок 6) і таким чином визначимо $D_ц$.

$$D_ц = \sqrt{\frac{4Q}{p\pi\eta}} \text{ , де } p = 0{,}4МПа,$$

$\eta = 0{,}8$ - *коефіцієнт корисної дії*

$$D_ц = \sqrt{\frac{4 \cdot 228}{0{,}4 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}8}} = 30{,}1мм$$

По ГОСТ 15608-70 приймаємо $D_ц$=32 мм.

Визначаємо дійсну силу рушія

$$Q = \frac{\pi D_ц}{4} p\eta = \frac{3{,}14 \cdot 32^2}{4} 0{,}4 \cdot 0{,}8 = 257H$$

Визначаємо дійсну силу затиску

$$Q = \frac{4Wl_2}{l_1} = \frac{2 \cdot 257 \cdot 40 \cdot \cos 30}{60} = 296H$$

296>264 – затиск надійний

Розрахунок на міцність і зносостійкість найбільш навантажених елементів пристрою.

У конструкції затискного пристрою існують елементи, які під час експлуатації зазнають найбільших навантажень — це, зокрема, затискні губки, гвинтові затискачі, упори, а також напрямні поверхні. Надійність і довговічність усього пристрою залежить від здатності цих компонентів витримувати робочі зусилля без деформацій і руйнування, а також від їхньої зносостійкості у багатоцикловому режимі роботи.

В спроектованому пристрої слабкою ланкою є вісь, на яку встановлений важіль. Проводимо перевірку вісі на зріз в поперечному перерізі.

Матеріал вісі ─ Сталь 45 ГОСТ 1050-88 (позиція 11)

допустиме напруження при зрізі $[\tau_{зр}]$=123 мПа

Умова міцності на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{R}{A} \le [\tau_{зр}];$$

де: $\tau_{зр}$- напруження на зріз для матеріалу важеля, мПа;

R- максимальне зусилля зрізу у небезпечному перерізі, Н;

A- площа поперечного перерізу небезпечної ділянки, мм^2;

$$A=0{,}785\cdot d^2=0{,}785\cdot 6^2=28.26 \text{ мм}^2$$

R=296Н;

$$\tau_{зр}=\frac{296}{28{,}26}=10{,}47 МПа.$$

В даному випадку $\sigma_p \le \lfloor \sigma_p \rfloor$ (10.47<123), отже умова міцності на зріз витримується.

Розрахунок опори на зносостійкість.

Характеристикою стійкості проти спрацювання призми служить зносостійкість *C*, під якою розуміють кількість установок *N* заготовок у пристрій, яка викликає зміну розміру опори на 1 мкм.

Спрацювання призми визначається:

$$Y=\frac{1}{\sin\alpha/2}\left[\frac{См\cdot q}{10K_{сп}}+\frac{1{,}15C_в}{K_{сп}^{0,4}}(q/d)^{0,2}+1{,}07\frac{Cm}{K_{сп}^{\frac{1}{5(Vo+V3)}}}(q/d)^{\frac{1}{10(Vo+V3)}}\right]$$

q=296 Н – сумарне лінійне навантаження, що діє по нормалі до робочих поверхонь призми, Н/мм;

d=28 мм – діаметр циліндричної поверхні заготовки;

$r_{сп}$ – радіус спрацьованої сферичної опори, мм;

$$r_{сп}=\frac{r^2}{r-8u}$$

r– радіус виготовлення сферичної опори, мм;

u – лінійне спрацювання опори, мм;

α – кут призми, град;

v – безрозмірні параметри опорної кривої;

Ксп – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив спрацювання призми;

$$Kcn=\sqrt{Rcn(Rcn-0{,}5d)}$$

Rсп – радіус спрацьованої поверхні призми, мм;

$$Rcn = 0{,}125\left[2\sqrt{d \cdot u} + (0{,}5 \cdot Td + u)ctg\frac{\alpha}{2}\right]^2 \cdot \frac{1}{u}$$

См, Св, Cm – безрозмірні коефіцієнти;

Згідно [8]с. 40 $r_{сп}$=r, u=0; Ксп=1;

См=0,027; К=0,82; α=0,695; $К_1$=0,62; $α_1$=0,55;

Св=К=$(1+Wз)^{α}$

Wз=10 мкм; $v_З$=1,94 мкм; [8]с. 40 табл. 1.6; v_o=1,4;

$$Rcn = 0{,}125\left[2\sqrt{0{,}028 \cdot 0} + (0{,}5 \cdot 0{,}2 + 0)ctg\frac{90}{2}\right]^2 \cdot \frac{1}{0} = 0{,}012мм;$$

$$Св=К=(1+10)^{0{,}695}=5{,}29;$$

$$Kcn = \sqrt{0{,}012(0{,}012 - 0{,}5 \cdot 0{,}028)} = 0{,}009;$$

$$Y = \frac{1}{90/2}\left[\frac{0{,}027 \cdot 549{,}5}{0{,}009} + \frac{1{,}15 \cdot 5{,}29}{0{,}009^{0{,}4}}(296/28)^{0{,}2} + 1{,}07\frac{1}{0{,}027^{\frac{1}{5(1{,}4+1{,}940}}}(296/28)^{\frac{1}{10(1{,}4+1{,}94)}}\right] = 0{,}14мкм$$

Розрахунок пристрою на точність

Опора є одним із ключових елементів пристрою для закріплення деталі, адже вона безпосередньо контактує із заготовкою та сприймає значну частину осьового навантаження під час обробки. Через багаторазове механічне тертя в зоні контакту, опора піддається інтенсивному зносу. Для забезпечення надійної та довготривалої експлуатації необхідно виконати оцінку її зносостійкості та підібрати оптимальні конструктивні рішення.

Основні фактори, що впливають на зношування:

- Контактний тиск, що виникає в зоні дотику з деталлю;
- Коефіцієнт тертя між опорною поверхнею та заготівлею;
- Число циклів навантаження (кількість установок/зняття деталі);
- Матеріал опори та тип її поверхневої обробки;

У запропонованій схемі обробки похибка по розміру 6 зумовлена не точністю пристрою, а виключно точністю виготовлення інструмента.

Щодо розміру 3–0,25, похибка практично відсутня, оскільки

конструкторська база збігається з технологічною. Усі відхилення можуть виникати лише внаслідок похибки позиціювання інструменту.

Похибка на розмір 20 також не пов'язана з точністю пристрою — вона залежить від точності налаштування верстата по координаті.

Для розміру 25–0,2 похибка визначається аналітично за відповідною формулою, що враховує сукупний вплив похибок базування, установки та налаштування обладнання.

$$.\delta = \frac{Td}{2 \cdot \sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{0.084}{2 \cdot \sin\frac{90}{2}} = 0.031\text{мм}$$

Похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{пр} = T - к\sqrt{(к_1\varepsilon_б)^2 + \varepsilon_з{}^2 + (к_2\omega)^2 + \varepsilon_{інд}^2 + \varepsilon_н}$$

Де $К_1$=1,2; $К_1$=0,75; $К_2$=0,8;

$$\omega = \varepsilon_{гт} + \varepsilon_t + \varepsilon_{ВПІД} + \varepsilon_{знош.інстр.} = 0{,}03 + 0 + 0{,}05 + 0 = 0{,}08мм$$

Т=0,2 мм

$\varepsilon_{з.}$=0, – напрям сили затиску співпадає з напрямом проставленого розміру.

$\varepsilon_{пр.}$=0,03 – похибка від неточності виготовлення рухомих та нерухомих елементів пристрою;

$\varepsilon_б$ =0,023 – похибки контролюючих розмірів

Похибка налаштування інструменту по установу визначається за формулою:

$$X = \varepsilon_{зн} + \varepsilon_{уст},$$

де $\varepsilon_{зн}$ – похибка зношування інструменту, $\varepsilon_{зн} = 0{,}03$мм, та $\varepsilon_{уст}$ – похибка установки та фіксації $\varepsilon_{уст} = 0{,}01 \div 0{,}05$мм , приймаємо $\varepsilon_{уст} = 0{,}02$. с 64 т 12.1[4]. Визначаємо похибку установу $X = 0{,}03 + 0{,}02 = 0{,}05мм$.

$\varepsilon_{н.}$=0,02 – похибка наладки;

$\varepsilon_{г.т..}$=0,03 – похибка геометричної точності;

$\varepsilon_{t.}$=0 – похибка від температурного фактору;

$\varepsilon_{ВПІД}$=0,05 – жорсткість системи ВПІД.

$\varepsilon_{зношінстр.}$ =0 – інструмент гострий.

Тоді похибка рівна:

$$\varepsilon_{пр} = 0,2 - 1,2\sqrt{(0,75 \cdot 0,031)^2 + 0 + (0,8 \cdot 0,08)^2 + 0 + 0,05^2} = 0,102мм$$

Розрахунок економічної доцільності розробленої конструкції пристрою.

Економічна доцільність використання пристрою виражається залежністю: $eN \geq P$

де: Р – річні затрати на експлуатацію одного пристрою, залежить від вартості пристрою;

N=10000 шт. – річна партія деталей;

е – економія на зарплаті, затратах на експлуатацію обладнання:

$e = \Delta t_k (l_t \cdot \frac{S_{м.г.}}{60})$, грн.;

де: $S_{м.г.}$=8,2 грн. – витрати на машино-годину роботи верстату;

Δt_k – зниження трудомісткості на одну операцію (беремо з попередніх розрахунків і вона становить 0,16хв.);

l_t =14,4 грн. – тарифна ставка на одній операції

$$e = 0,24((14,4 \cdot 8,2)/60) = 0,47грн$$

Річні затрати на один пристрій

$$P = S_{нсп}(K_{ансп} + K_{енсп})$$

де: $S_{нсп}$=15000 грн. – собівартість виготовлення пристрою;

$К_{ансп}$=1/Т=1/5=0.2 – коефіцієнт амортизації

Т=5 – термін експлуатації пристрою

$К_{енсп}$=1,2

$$P = 10000(0.2 + 1.2) = 21000грн$$

$$eN = 0,47 \cdot 10000 \cdot 5 = 23500грн$$

В даному випадку застосування пристрою економічно вигідно, оскільки $eN \geq P$.

Вимоги техніки безпеки при використанні та проєктуванні пристрою

Застосування будь-якого пристрою для закріплення заготовки на металорізальних верстатах, зокрема на фрезерних, потребує суворого дотримання встановлених норм і правил техніки безпеки. Це дозволяє не лише уникнути аварійних ситуацій, а й забезпечити безпечні та комфортні умови праці для оператора.

Загальні вимоги техніки безпеки при експлуатації пристрою:

Під час роботи з пристроєм необхідно виконувати загальні правила безпечної експлуатації фрезерних верстатів:

- Надійно закріплювати як інструмент, так і заготовку перед початком обробки;
- Категорично заборонено змінювати інструмент або режими обробки при обертанні шпинделя;
- Робота повинна проводитися виключно в спецодязі, захисних окулярах та за необхідності — в рукавицях;
- Оператор повинен постійно контролювати технічний стан верстата, перевіряти справність усіх систем перед запуском;
- Необхідно дотримуватись чистоти на робочому місці, уникати накопичення стружки чи мастильно-охолоджувальних рідин на поверхнях, що можуть спричинити ковзання або загрозу займання;
- Заборонено проводити ремонтні або налагоджувальні роботи під час роботи верстата;
- Важливо постійно контролювати стан елементів пристрою, особливо при серійному виробництві.

Вимоги до конструкції пристрою з погляду техніки безпеки:

На етапі проєктування пристрою необхідно враховувати наступні вимоги для забезпечення безпечної експлуатації:

1. Безпечна форма зовнішніх поверхонь — усі частини пристрою повинні бути заокругленими, без гострих кромок, кутів або виступів, які можуть

спричинити травми;

2. Компактність і зручність — елементи конструкції не повинні перешкоджати огляду зони обробки або ускладнювати доступ до органів керування верстатом;
3. Надійність кріплення — пристрій має бути жорстко закріплений на робочій поверхні верстата, з мінімальним люфтом чи переміщенням;
4. Безпечне встановлення та зняття заготовки — конструкція повинна забезпечувати зручність та надійність у фіксації заготовки без загрози защемлення рук або падіння деталі;
5. Мобільність і адаптивність — пристрій бажано передбачити як універсальний або такий, що легко адаптується до інших типорозмірів деталей;
6. Свобода відведення стружки та МОР — конструкція повинна забезпечувати безперешкодне виведення стружки і стікання мастильно-охолоджувальної рідини для запобігання їх накопиченню в зоні різання;
7. Відсутність втручання під час роботи — не допускається здійснення будь-якого технічного втручання в пристрій або його частини під час обертання шпинделя чи руху каретки;
8. Допустимий рівень вібрацій — при роботі пристрою вібрації не повинні перевищувати нормативні значення, передбачені стандартом ГОСТ 12.2.009–80, щоб уникнути додаткового навантаження на механізми верстата та підвищеного зношування вузлів.

Загалом дотримання зазначених вимог забезпечує надійну та безпечну роботу пристрою в умовах реального виробництва, запобігає аварійним ситуаціям і сприяє дотриманню трудової дисципліни та охорони праці.

Опис конструкції та принцип роботи пристрою

Пристрій призначений для фрезерування пазів і забезпечує базування по зовнішній циліндричній поверхні та торцю вала. Він складається з корпуса (1), кришки (2), штока (3), двох важелів (4), установочних призм (5) та підкладок під призми (6).

Принцип роботи пристрою полягає в тому, що під впливом тиску стисненого повітря, яке подається в штокову порожнину циліндра, поршні разом зі штоком одночасно розходяться, повертають важелі та здійснюють затиск заготовки.

Пристрій монтується на столі верстата як єдиний вузол, який включає корпус (1), установочні призми, спарені циліндри, інтегровані з корпусом, два штоки та два важелі для виконання затиску.

Спосіб налагодження пристрою

Після встановлення деталі для першої оброблюваної заготовки інструмент налаштовують у потрібне положення, яке автоматично фіксується системою, що забезпечує стабільність і точність обробки. Протягом роботи з партією деталей фрези та свердла піддаються природному зносу в процесі експлуатації, що призводить до поступового зменшення їхньої ефективності та точності обробки. Навіть після кількох циклів перезагострення інструмент може втрачати здатність підтримувати задані розміри з необхідною точністю. Саме тому після проведення перезагострення фрези та свердла повторно встановлюють по спеціально передбачених в конструкції пристрою контрольних площинах. Це дозволяє мінімізувати похибки і відновити потрібну позицію інструментів з високою точністю. Значення похибки при виставленні інструменту було розраховане раніше і враховується для забезпечення якісного оброблення деталей.

2.2 Розрахунок контрольного пристрою

2.2.1 Опис та принцип роботи пристрою

Ступінчасті вали зазвичай передають механізмам значні крутні моменти. Для їх безперебійної та тривалої роботи надзвичайно важливим є забезпечення високої точності виготовлення основних робочих поверхонь валів як за діаметральними розмірами, так і за їхнім точним розташуванням.

Процес контролю передбачає здебільшого повну перевірку лінійного розміщення та радіального биття шийок ступінчастих валів. Цю перевірку зазвичай виконують на багатомірних контрольних пристроях.

На корпусі (4) за допомогою гвинтів (16) та шайб (21) закріплена передня бабка (1) з нерухомим центром (11). Осьове положення вала фіксується саме нерухомим центром (11). Вал притискається до центру пружиною (14), розташованою в центральному осьовому отворі пінолі (6) і діючою на перехідник (8). Піноль (6) змонтована на передній бабці (1) з можливістю обертання навколо поздовжньої осі завдяки втулкам (5). З лівого кінця пінолі, на шпонці, встановлено маховичок (15) з рукояткою (3), який фіксується шайбою (25) та штифтом (27).

Обертовий рух при вимірюванні через вісь (21), запресовану в піноль (6) та розміщену в овальному отворі перехідника (8), передається самому перехіднику (8). Крім того, перехідник має циліндричний осьовий отвір діаметром d. Конусність центру залежить від допуску T та діаметра отвору d валу і визначається за відповідною формулою. Для практичних цілей рекомендується використовувати стандартне значення конусності K.

У чотирьох стійках (23), закріплених до корпусу (4) за допомогою штифтів (26) і гвинтів (27), встановлені вали (2), по яких переміщуються кронштейни (7) і фіксуються гвинтами (28).

Пристрій ІГ-2 використовується для перевірки радіального та осьового биття ступенів контрольованого валу. Вал отримує один-два оберти, після чого

знімаються максимальні покази ІГ-2, що визначають величину биття. Похибка вимірювання пристрою при такій схемі установки становить 0,005 мм, що відповідає вимогам точності контролю

2.2.2 Розрахунок пристрою на точність

В процесі вимірювання радіального, зовнішньої поверхні деталі можуть виникнути наступні похибки: похибка базування $\varepsilon_б$; похибка вимірювання $\varepsilon_в$. Допуск на відхилення від радіального биття поверхні рівний *T=0,05мм*. Виходячи з цього ми будемо вести розрахунок пристрою буручи до уваги похибку базування, яка залежить від допуску (*T=0,02мм*) довжину розміру, що контролюється.

$$\varepsilon_{пр} = T - 1.2 \cdot \sqrt{\varepsilon_б + \varepsilon_в}\ ,$$

де $\varepsilon_б$ – похибка базування;

$$\varepsilon_б = ITP = 0мм$$

$\varepsilon_в$ – похибка вимірювання,

$$\varepsilon_в = \frac{1}{2}\Delta = \frac{1}{2} \cdot 0.005 = 0.0025 \text{ мм};$$

де Δ – ціна поділки мікрометра; $\Delta = 0{,}005мм$;

$$\varepsilon_{пр} = 0{,}04 - 1.2 \cdot \sqrt{0{,}02^2 + 0{,}0025^2} = 0{,}016мм$$

Отже похибка пристрою не повинна перевищувати величину $\varepsilon_{пр} = 0.016мм$.

3. Розробка керуючої програми на верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК) в середовищі Inventor CAM.

У сучасному машинобудуванні керуючі програми для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) є ключовим елементом автоматизованого виробництва. Завдяки використанню CAM-систем, зокрема Inventor CAM, інженери мають змогу автоматизувати створення траєкторій обробки на основі геометрії моделі. CAM-системи не тільки формують G-код, а й забезпечують можливість візуалізації процесу, що знижує ймовірність помилок.

Inventor CAM (раніше HSM) — інтегроване середовище в складі Autodesk Inventor, що дозволяє безпосередньо в CAD-середовищі здійснювати налаштування обробки, вибір інструментів, створення траєкторій і генерацію G-коду для верстатів з ЧПК.

Вибір типу верстата та умов обробки

Для токарної обробки деталі «Вал-шестерня ПМК-584.00.000» було обрано високоточний верстат DMG MORI CLX 350 , оснащений системою керування Fanuc-Turning .Основні характеристики верстата:

- Максимальний діаметр обробки: 320 мм;
- Максимальна довжина обробки: 530 мм;
- Потужність приводу головного шпинделя: до 13 кВт;
- Швидкість обертання шпинделя: до 5000 об/хв.

Зазначені характеристики відповідають вимогам до обробки валів середнього розміру з високою точністю.

Підготовка 3D-моделі деталі

Модель деталі була створена у середовищі Autodesk Inventor згідно з конструкторською документацією. Геометрія включає такі ключові елементи:

- Декілька циліндричних ділянок з різними діаметрами;
- Зубчасті поверхні m=9; z=18

- Канавка під стопорне кільце;
- Метрична різьба М20;
- Фаски та радіуси переходу.

Модель має точність до 0,01 мм, що дозволяє уникнути похибок при генерації траєкторій обробки.

Створення проекту обробки в Inventor CAM

У CAM-середовищі було створено новий проект обробки. Визначено тип обробки — Turning (токарна). Задано координатну систему: вісь Z — напрямок осі обертання, вісь X — поперечна. За базову точку обрано лівий торець заготовки.

Налаштування заготовки

Тип заготовки — циліндрична, матеріал — сталь 45, припуски:

По діаметру — 2 мм;

По довжині — 3 мм;

Вибір інструменту

Для кожної операції був обраний відповідний інструмент із бази даних CAM:

Токарний різець Sandvik CNMG 120408 — для чорнової та чистової обробки;

Канавочний різець MGMN 300 — для прорізання канавки;

Інструменти мають ріжучі пластини з твердого сплаву Р30 для обробки сталей.

Створення технологічних операцій

Згідно попередніх розрахунків в записці у першому розділі.

Верифікація траєкторій

Після генерації траєкторій була проведена симуляція токарної операцій у середовищі Inventor CAM. Виявлено, що траєкторії коректно обходять геометрію деталі, не допускають зрізу надлишкового матеріалу, немає зіткнень.

Також виконано аналіз залишків матеріалу після кожної операції (Stock simulation), що дозволило уточнити чистову обробку та скорегувати подачу.

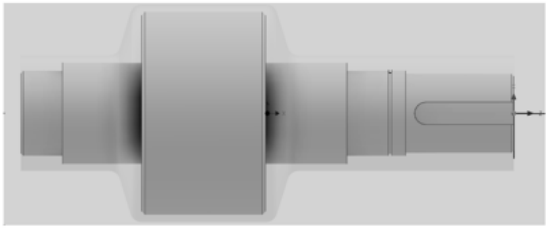
Генерація керуючої програми (G-коду)

Остаточним етапом стало формування G-коду з використанням

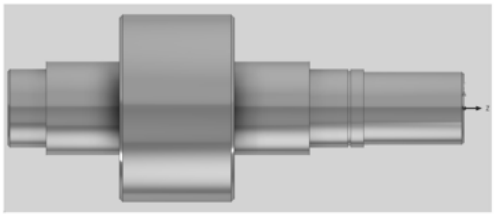
постпроцесора Fanuc-Turning. Файл має формат .NC та містить:

- Визначення баз;
- Виклик інструментів;
- Команди руху (G00, G01, G76 тощо);
- Команди шпинделя та охолодження (M03, M08, M30).

Візуалізація результату обробки деталі в операції 015

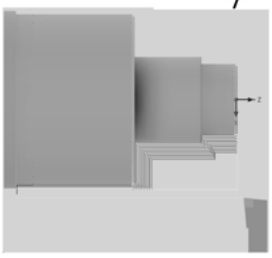


Заготовка (на вході)

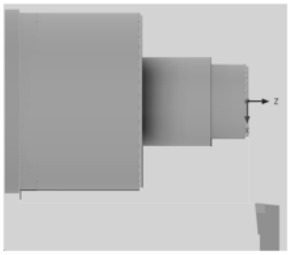


Деталь (на виході)

Токарна обробка зправа

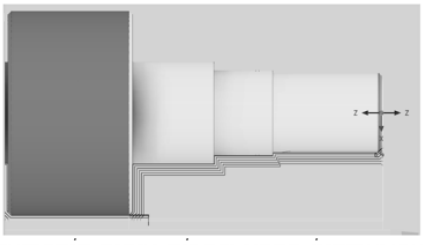


Траєкторія руху різального інстументу при чорновому точінні

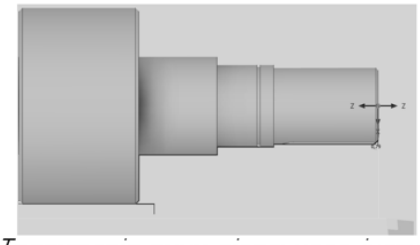


Траєкторія руху різального інстументу при чистовому точінні

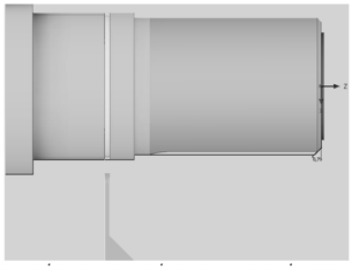
Токарна обробка зліва



Траєкторія руху різального інстументу при чорновому точінні

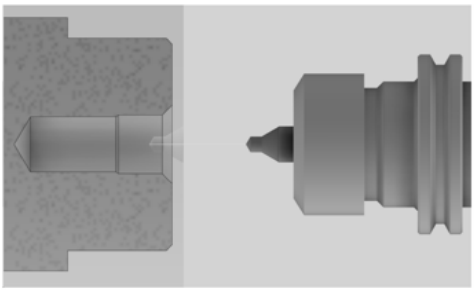


Траєкторія руху різального інстументу при чистовому точінні

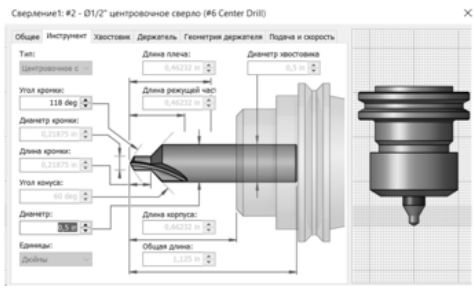


Траєкторія руху різального інстументу при обробці канавки 2,8 х 1,5 мм

Послідовність обробки отвору

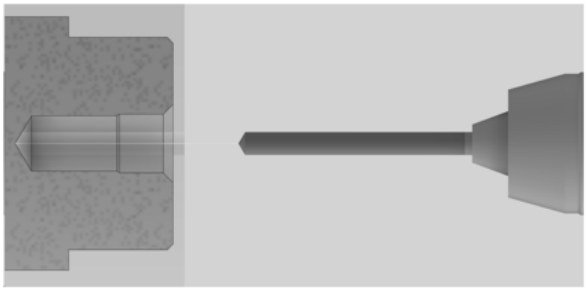


Траєкторія руху

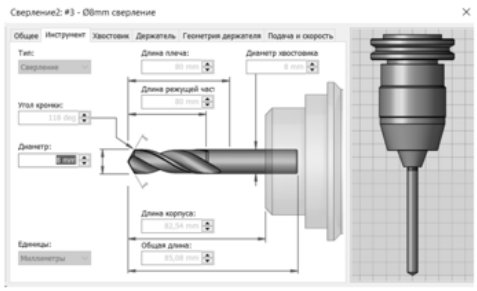


Геометрія різальної частино свердла

Свердління центрувальним свердлом

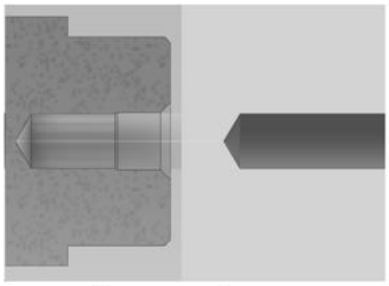


Траєкторія руху

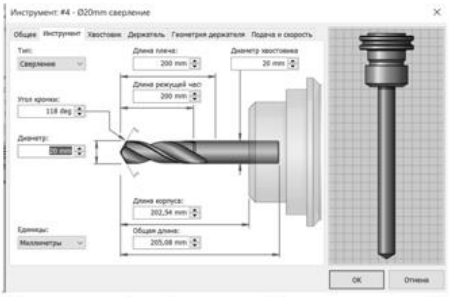


Геометрія різальної частино свердла

Свердління отвору ⌀8 мм

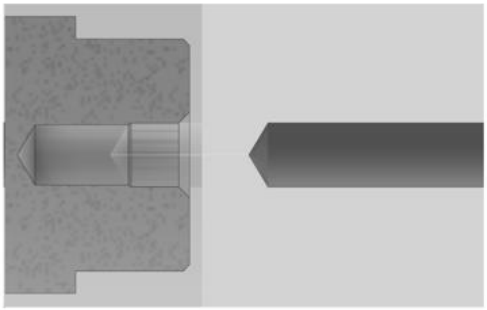


Траєкторія руху

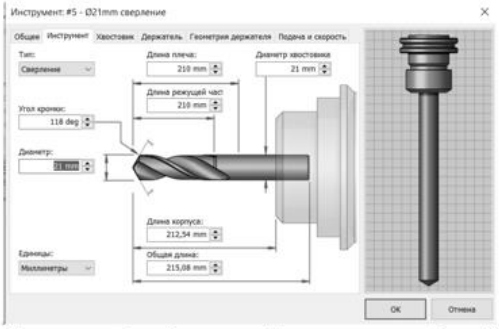


Геометрія різальної частино свердла

Розсвердлення отвору до ⌀20 мм

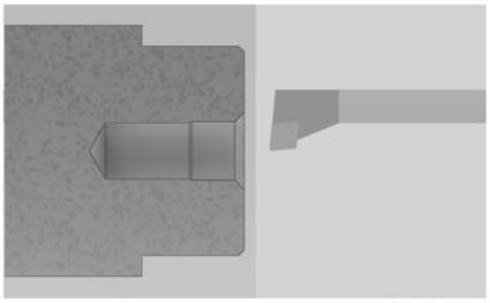


Траєкторія руху



Геометрія різальної частино свердла

Розсвердлення отвору до ⌀21 мм на глубину 18,9 мм



Формування фаски 3,5х45°

Отже у даному розділі було проведено комплексну розробку керуючої програми для токарної обробки деталі «Вал-шестерня ПМК-584.00.000» у середовищі Inventor CAM, що є сучасним програмним інструментом для інтегрованого проєктування та виготовлення.

Здійснено поетапне моделювання процесу обробки — від вибору типу верстата, визначення базової установки деталі та налаштування параметрів обробки до генерації G-коду. CAM-середовище забезпечило високий рівень інтеграції між конструкторською та технологічною частинами, що дало змогу:

- значно скоротити час на розробку керуючої програми;
- мінімізувати людські помилки завдяки візуальній симуляції;
- точно підібрати режими різання та інструменти згідно з матеріалом заготовки;
- забезпечити ефективне використання ресурсу верстата і різального інструменту.

Проведена верифікація траєкторій обробки засвідчила їхню коректність, безпечність і економічну доцільність. Усі основні операції — торцювання, чорнова й чистова обробка, прорізання канавки та нарізання різьби — реалізовані в цифровому вигляді й можуть бути використані як основа для серійного виробництва.

Генерація G-коду для системи керування Fanuc-Turning дозволяє безпосередньо застосовувати отриману програму на реальному обладнанні, без додаткових доробок. Таким чином, результат розробки має не лише навчальну,

а й прикладну цінність.

У результаті проведених робіт було підтверджено доцільність використання Inventor CAM у реальних умовах машинобудівного підприємства. CAM-технології є ключовим елементом цифрового виробництва та Індустрії 4.0, і їх застосування значно підвищує конкурентоспроможність продукції завдяки точності, надійності та можливості оперативної адаптації до нових умов.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було успішно розроблено повний технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня ПМК-584.00.000» для умов серійного виробництва. У процесі роботи було проаналізовано призначення деталі, її конструкцію, функції у складі вузла, а також визначено основні технічні вимоги до геометричних параметрів, точності та шорсткості поверхонь.

Проведено аналіз технологічності конструкції деталі, що дозволило виявити її відповідність умовам механічної обробки та обґрунтувати вибір оптимального способу отримання заготовки. На основі річної програми випуску визначено тип виробництва, що дало можливість сформувати раціональний маршрут обробки, з урахуванням ефективного використання верстатного парку.

У межах технологічної частини було розроблено маршрут обробки з призначенням припусків на кожній операції, обрано оптимальні режими різання та проведено розрахунок основного машинного часу. Здійснено технічне нормування усіх операцій, що забезпечує планування трудових і матеріальних ресурсів при виготовленні деталі.

У конструкторській частині спроектовано спеціальний пристрій для закріплення заготовки під час обробки. Подано його призначення, принцип дії, опис конструкції та виконано розрахунок сили затиску. Також виконано розрахунок контрольного інструменту для перевірки точності оброблених поверхонь та розроблено програму обробки для верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК), що забезпечує автоматизацію процесу виготовлення.

Результати розробки підтверджують ефективність обраного технологічного рішення та свідчать про можливість його практичного застосування у серійному виробництві. Запропонована технологія дозволяє підвищити точність виготовлення, скоротити витрати часу на обробку та забезпечити стабільну якість готової продукції.

Перелік використаних джерел

1. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М. П - 14. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. 50 с.

2 П.І. Войтенко Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Технологія машинобудування” для спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування – Івано-франківськ: Факел, 2000. – 77с.

3 Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання технологічної частини дипломного проекту спеціальності 1201 – технологія машинобудування. – Івано-Франківськ: ІФІНГ, 1990.–58с.

4 Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020 – 120 с.

5.Холоша В.І. Технологічна оснастка: навч. посіб. / В.І. Холоша, В.В. Проців, О.О. Богданов ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2016. – 133 с.

6 ДСТУ 7505-80. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

7 Проектування оснастки. Методичні вказівки до виконання розрахункових та контрольних робіт для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 2000. – 110 с.

8 Гуляєв А.П. Технологія машинобудування: Підручник. — К.: Вища школа, 2008. — 512 с.

9 Шапіро В.Д., Чеканов В.М. Процеси виготовлення деталей машин. — К.: Либідь, 2011. — 368 с.

10 Ільїн Ю.М. Основи технології машинобудування: навч. посіб. — Харків: ХНАДУ, 2013. — 280 с.

11 Попович М.І., Гаврилюк М.В. Різання матеріалів та інструмент. — Львів: Афіша, 2010. — 264 с.

12 Ємельянов С.М. Проектування технологічних процесів механічної обробки. — К.: НАУ, 2016. — 344 с.

13 Гринько В.І. Технологія машинобудування. Частина І: Основи технології обробки. — К.: Освіта України, 2015. — 416 с.

14 Grote, K.-H., Antonsson, E.K. (Hrsg.): Springer Handbook of Mechanical Engineering. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2014. – 1580 S.

15 Decker, H., Kienzle, O.: Fertigungstechnik. Band 1: Drehen, Fräsen, Bohren. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2012. – 372 S.

16 Klocke, F.: Fertigungsverfahren 1 – Drehen, Fräsen, Bohren. 10. Auflage. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2018. – 638 S.

17 Weck, M.: Werkzeugmaschinen: Konstruktion und Berechnung. Band 1. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013. – 482 S.

18 Rehorn, A.G., Wang, P., Jiang, J.: Tool condition monitoring in machining: a review. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, Nr. 26, S. 693–710.

19 Heine, R., Vöhringer, O.: Maschinenteile: Grundlagen, Gestaltung, Berechnung. Hanser Verlag, München, 2019. – 654 S.

20 DIN 3960 – 3967: Zahnräder – Begriffe, Toleranzen und Prüfverfahren. Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin.

21 Weck, M., Brecher, C. (Hrsg.): Handbuch Werkzeugmaschinen. Band 3: Steuerungen und Automatisierung. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2006. – 460 S.

22 Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. Hanser Verlag, München, 2011. – 320 S.

23 Neugebauer, R. (Hrsg.): Produktionsautomatisierung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006. – 512 S.

ДОДАТКИ

Керуюча програма в середовищі постпроцесора Fanuc-Turning

```
%
O1001 (70)
N10 G98 G18
N11 G21
N12 G50 S6000
N13 G28 U0.
N14 G28 W0.

(  8)
N15 T0100
N16 G54
N17 M8
N18 G99
N19 G97 S141 M3
N20 G0 X207. Z8.
N21 G50 S2000
N22 G96 S91 M3
N23 G0 Z1.18
N24 X115.028
N25 G1 X112.2 Z-0.234 F0.127
N26 Z-21.48
N27 X127.2
N28 Z-88.2
N29 X187.
N30 X189.828 Z-86.786
N31 G0 Z1.18
N32 X111.028
N33 G1 X108.2 Z-0.234 F0.127
N34 Z-22.545
N35 X123.2
N36 Z-90.2
N37 X186.815
N38 X187. Z-90.293
N39 X191.
N40 G0 Z1.18
N41 X107.028
N42 G1 X104.2 Z-0.234 F0.127
N43 Z-23.7
N44 X119.2
N45 Z-92.2
N46 X185.158
N47 X187. Z-93.121
N48 X191.
N49 G0 Z1.18
N50 X103.028
N51 G1 X100.2 Z-0.234 F0.127
N52 Z-24.976
N53 X115.2
N54 Z-94.2
N55 X183.501
N56 X187. Z-95.95
N57 X191.
N58 G0 Z1.18
N59 X99.028
N60 G1 X96.2 Z-0.234 F0.127
N61 Z-26.418
N62 X111.2
N63 Z-96.2
N64 X181.844
N65 X187. Z-98.778
N66 X191.
N67 G0 Z1.18
N68 X95.028
N69 G1 X92.2 Z-0.234 F0.127
N70 Z-28.116
N71 X107.2
N72 Z-98.2
N73 X180.187
N74 X187. Z-101.606
N75 X191.
N76 G0 Z1.18
N77 X91.028
N78 G1 X88.2 Z-0.234 F0.127
N79 Z-30.1
N80 X103.2
N81 Z-100.2
N82 X178.53
N83 X187. Z-104.435
N84 X191.
N85 G0 Z1.766
N86 X83.942
N87 G1 Z-0.234 F0.127
N88 X84.2 Z-0.363
N89 Z-32.1
N90 X99.2
N91 Z-102.2
N92 X176.874
N93 X187. Z-107.263
N94 X191.
N95 G0 Z1.766
N96 X78.285
N97 G1 Z-0.234 F0.127
N98 X80.2 Z-1.192
N99 Z-34.1
N100 X95.2
N101 Z-104.2
```

N102 X175.217
N103 X185.2 Z-109.192
N104 Z-231.837
N105 G0 X189.2
N106 Z1.766
N107 X72.628
N108 G1 Z-0.234 F0.127
N109 X76.2 Z-2.02
N110 Z-36.1
N111 X91.2
N112 Z-106.2
N113 X173.56
N114 X181.2 Z-110.02
N115 Z-231.837
N116 X185.2
N117 G0 X207.
N118 Z8.
N119 G97 S141 M3

(9)
N120 G99
N121 G97 S141 M3
N122 G0 X207. Z8.
N123 G50 S2000
N124 G96 S91 M3
N125 G0 Z1.766
N126 X70.531
N127 G1 Z-0.234 F0.127
N128 X75. Z-2.469
N129 Z-36.9
N130 X90.
N131 Z-107.
N132 X173.063
N133 X180. Z-110.469
N134 Z-231.837
N135 X184.
N136 G0 X207.
N137 Z8.
N138 G97 S141 M3

(10)
N139 G99
N140 G97 S141 M3
N141 G0 X207. Z8.
N142 G50 S2000
N143 G96 S91 M3
N144 G0 Z1.18
N145 X92.828
N146 G1 X90. Z-0.234 F0.127
N147 Z-89.386
N148 X95.
N149 Z-138.318
N150 X110.
N151 Z-210.
N152 X181.347
N153 X187. Z-212.826
N154 X191.
N155 G0 Z1.766
N156 X85.056
N157 G1 X85.055 Z-0.234 F0.127
N158 X86. Z-0.707
N159 Z-90.191
N160 X91.
N161 Z-140.016
N162 X106.
N163 Z-212.
N164 X179.69
N165 X187. Z-215.655
N166 X191.
N167 G0 Z1.766
N168 X79.399
N169 G1 Z-0.234 F0.127
N170 X82. Z-1.535
N171 Z-91.127
N172 X87.
N173 Z-142.
N174 X102.
N175 Z-214.
N176 X178.033
N177 X187. Z-218.483
N178 X191.
N179 G0 Z1.766
N180 X73.742
N181 G1 Z-0.234 F0.127
N182 X78. Z-2.363
N183 Z-92.292
N184 X83.
N185 Z-144.
N186 X98.
N187 Z-216.
N188 X176.376
N189 X185.188 Z-220.406
N190 X189.188
N191 G0 Z1.766
N192 X68.085
N193 G1 Z-0.234 F0.127
N194 X74. Z-3.192
N195 Z-94.
N196 X79.
N197 Z-146.
N198 X94.
N199 Z-218.

```
N200 X174.72
N201 X182.36 Z-221.82
N202 X186.36
N203 G0 Z1.766
N204 X62.428
N205 G1 Z-0.234 F0.127
N206 X70. Z-4.02
N207 Z-96.
N208 X75.
N209 Z-148.
N210 X90.
N211 Z-220.
N212 X173.063
N213 X179.531 Z-223.234
N214 X183.531
N215 G0 X207.
N216 Z8.
N217 G97 S141 M3

( 11)
N218 G99
N219 G97 S141 M3
N220 G0 X207. Z8.
N221 G50 S2000
N222 G96 S91 M3
N223 G0 Z0.614
N224 X57.828
N225 G1 X55. Z-0.8 F0.127
N226 Z-88.
N227 X70.
N228 Z-96.
N229 X75.
N230 Z-109.135
N231 X74.608 Z-111.375
N232 X75.
N233 Z-148.
N234 X90.
N235 Z-220.
N236 X173.063
N237 X180. Z-223.469
N238 Z-327.835
N239 X160.746 Z-437.87
N240 X164.762
N241 G0 X207.
N242 Z8.
N243 G97 S141 M3
N244 M9
N245 G28 U0.
N246 G28 W0.

(1)
N247 M1
N248 T0700
N249 G54
N250 M8
N251 G99
N252 G97 S141 M3
N253 G0 X207. Z8.
N254 G50 S2200
N255 G96 S91 M3
N256 G0 Z-111.08
N257 X93.
N258 G1 X89. F0.127
N259 X72.386
N260 X93.
N261 G0 Z-111.1
N262 G1 X89. F0.127
N263 X72.386
N264 X74.386
N265 G0 X207.
N266 Z8.
N267 G97 S141 M3
()

N268 M9
N269 G28 U0.
N270 G28 W0.
N271 M30
%
```

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
А4			БР.ПМ-584.00.000 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
А4			БР.ПМ-584.00.000	Комплект технологічної документації		
А1			БР.ПМ-584.00.000 СК	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	БР.ПМ-584.00.001	Плита	1	
		2	БР.ПМ-584.00.002	Кришка	4	
		3	БР.ПМ-584.00.003	Поршень	4	
		4	БР.ПМ-584.00.004	Важіль	4	
		5	БР.ПМ-584.00.005	Призма	1	
		6	БР.ПМ-584.00.006	Планка	4	
		7	БР.ПМ-584.00.007	Призма	1	
		8	БР.ПМ-584.00.008	Втулка	4	
		9	БР.ПМ-584.00.009	Вісь	4	
		10	БР.ПМ-584.00.010	Палець	4	
		11	БР.ПМ-584.00.011	Вісь	8	
		12	БР.ПМ-584.00.012	Втулка	4	
		13	БР.ПМ-584.00.013	Станина	4	
		14	БР.ПМ-584.00.014	Упор	1	
				Стандартні вироби		
		15		Болт М6Х40 ГОСТ7798-70	20	
		16		Болт М8Х50 ГОСТ7798-70	6	
		17		Гвинт М8Х30 ГОСТ1491-80	8	
		18		Гвинт М12Х40 ГОСТ1491-80	4	
		19		Кільце 1385-0025 ГОСТ1458-70	8	
		20		Кільце 1385-0012 ГОСТ1458-70	8	
		21		Штуцер 1247-0115 ГОСТ1842-80	4	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тимчук В. І.		
Пров.		Гнилиця І. Д.		
Реценз.				
Н.контр.		Гнилиця І. Д.		
Утв.		Панчук В.Г.		

БР.ПМ-584.00.000

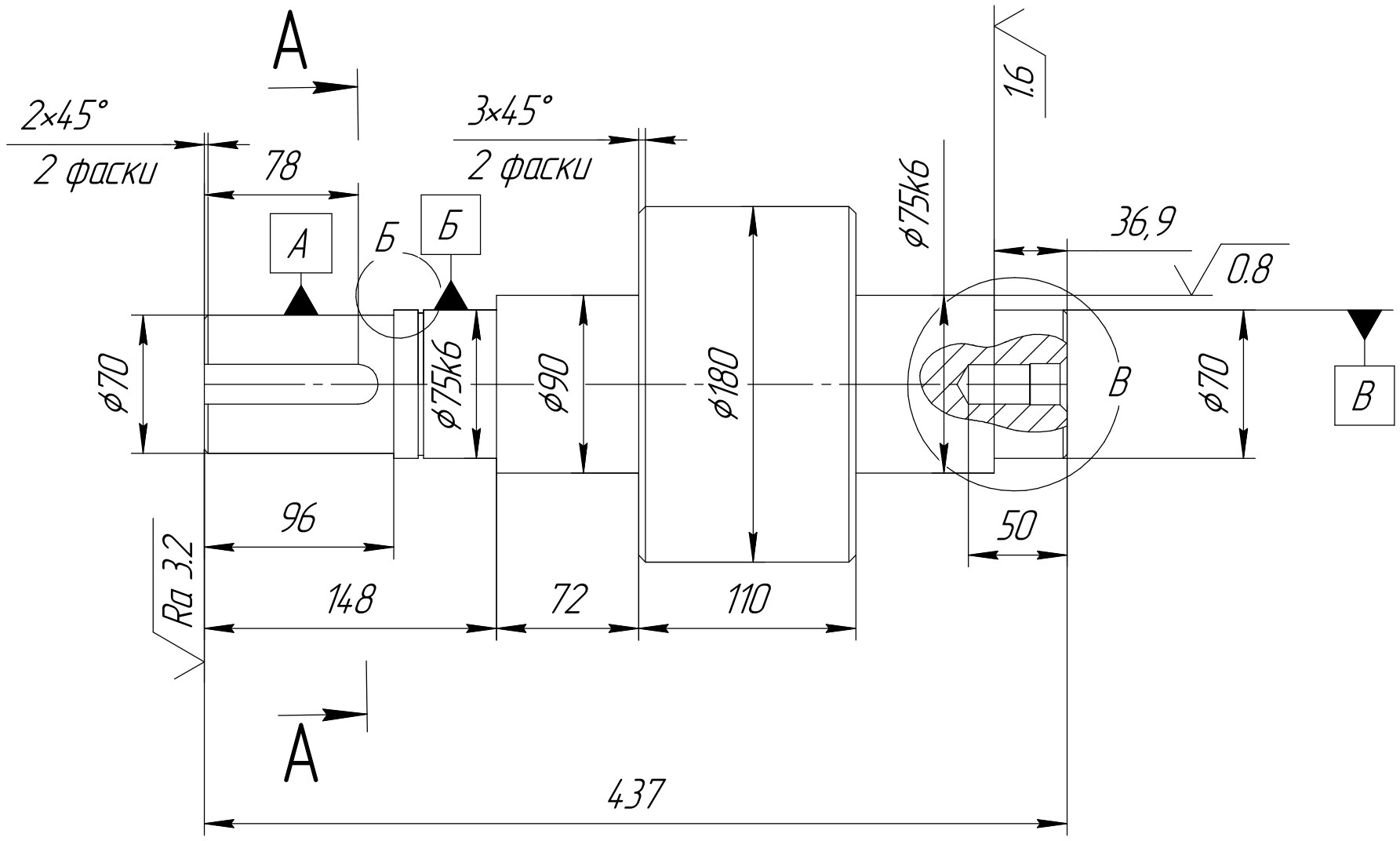
Верстатний пристрій (фрезерування шпонкового пазу)

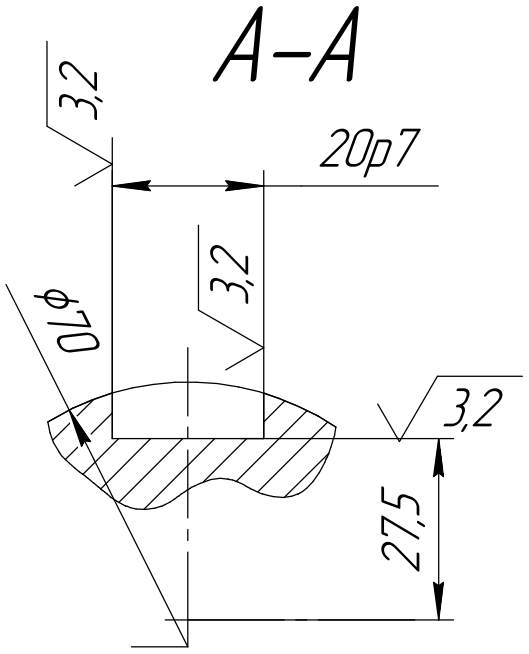
Лит.	Лист	Листов
	1	1

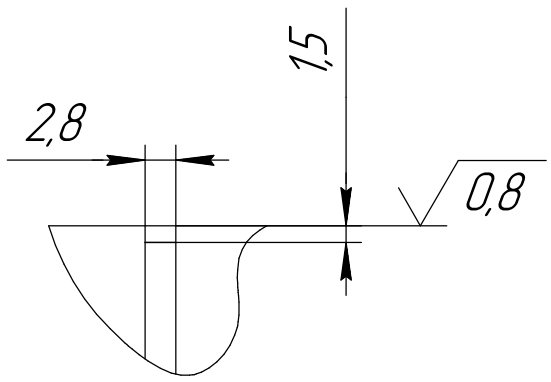
ІФНТУНГ

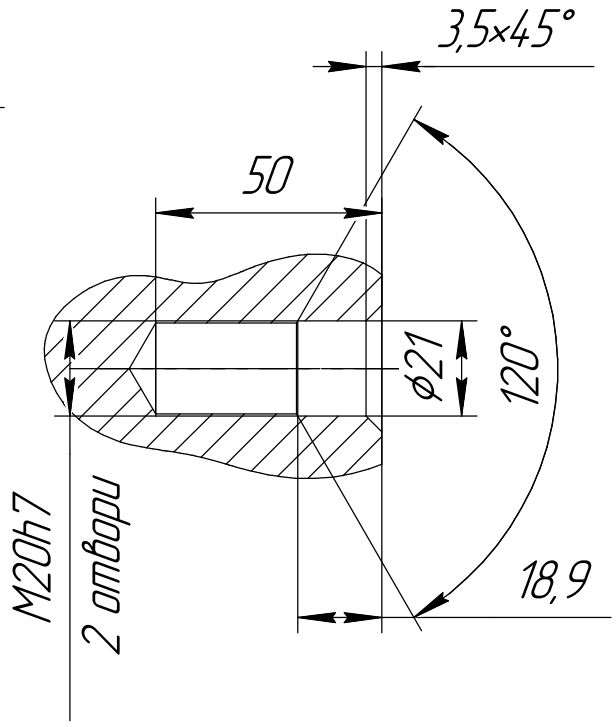
Копировал

Формат А4









Параметр	Позначення	Значення
Число зубів	z	18
Коефіцієнт зміщення	x	20
Степінь точності		5
Спільна нормаль	w	35
Діаметр	d	162

1. Не вказані граничні відхилення, решту поверхонь по H14, h14, $\pm\frac{T2}{2}$ ГОСТ 25347-82
2. HRC 58...62
3. Шпонковий паз виконаний по ГОСТ 24071-97
4. Маркувати "Номер деталі "

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БР.ПМ.584.00.000		
Разраб.		Тимчук В.І.			Вал-шестерня	Лит.	Масса 34.714 / Масштаб 1:3
Пров.		Гнилиця І.Д.				Лист	Листов 1
Т.контр.		Гнилиця І.Д.					
Реценз.					Сталь 40Х ДСТУ 1050-88	ІФНТУНГ	
Н.контр.		Гнилиця І.Д.					
Утв.		Панчук В.Г.					

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

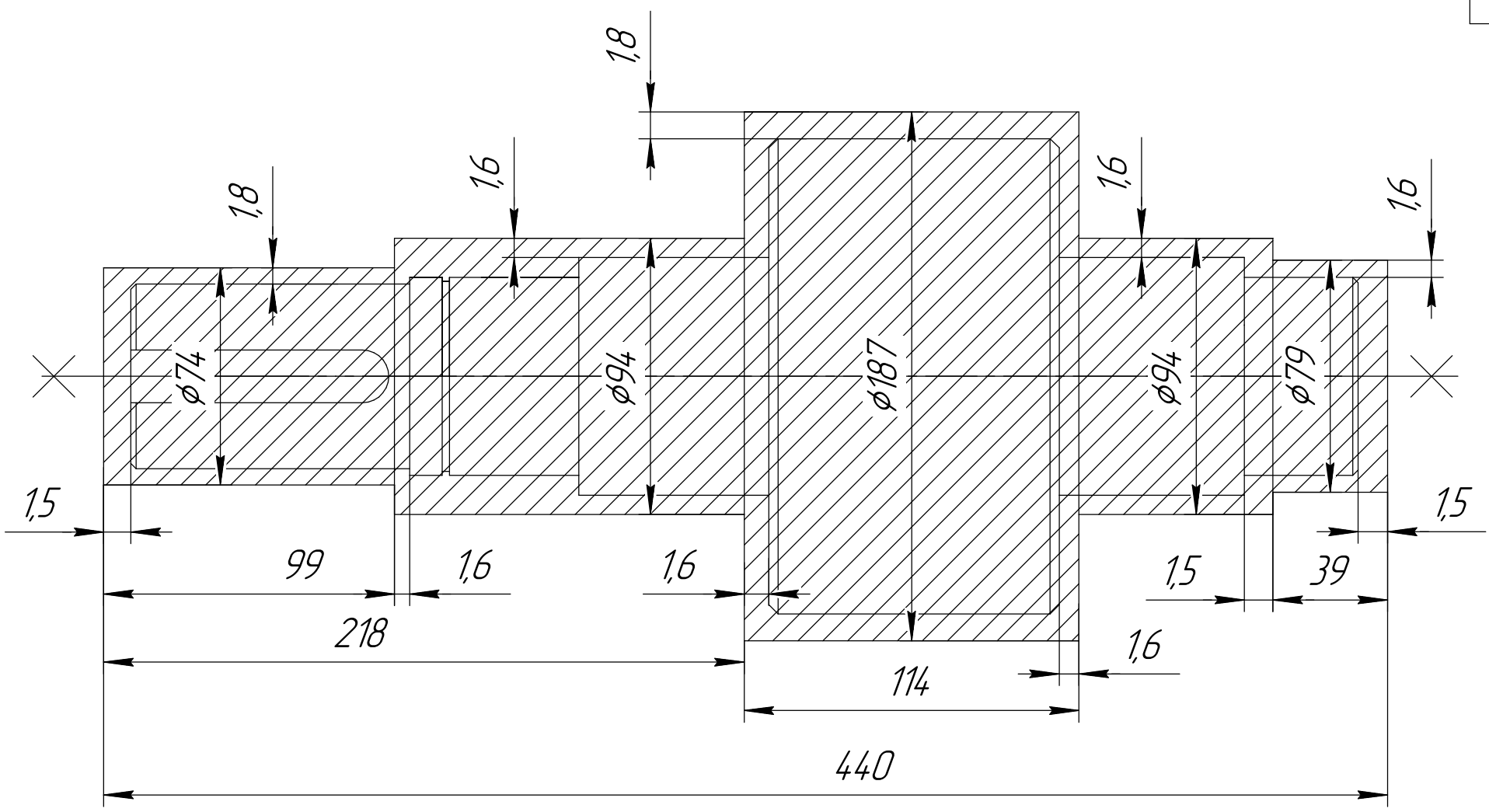
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

БР.ПМ-584.00.000



1. Максимальні допустимі радіуси заокрглень R = 2.8

2. Максимальна допустима величина зміщення до 0.18

3. Максимальні допустимі відхилення від прямолінійності – 0.4

4. Кут штампувальних нахилів – 5

5. Допуск на радіуси заокруглень 0.4

					БР.ПМ-584.00.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Заготовка (Штамповка)	Лит.	Масса 38.715 / Масштаб 1:1
Разраб.		Тимчук В.І.				Лист	Листов 1
Пров.		Гнилиця І.Д.					
Т.контр.		Гнилиця І.Д.					
Реценз.					Сталь 40Х ДСТУ1050-88	ІФНТУНГ	
Н.контр.		Гнилиця І.Д.					
Утв.		Панчук В.Г.					

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

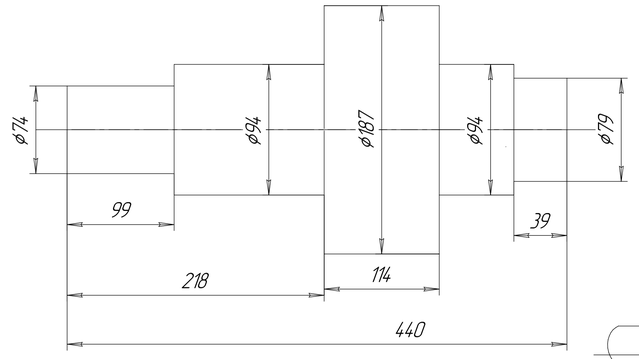
Взам. инв. №

Подп. и дата

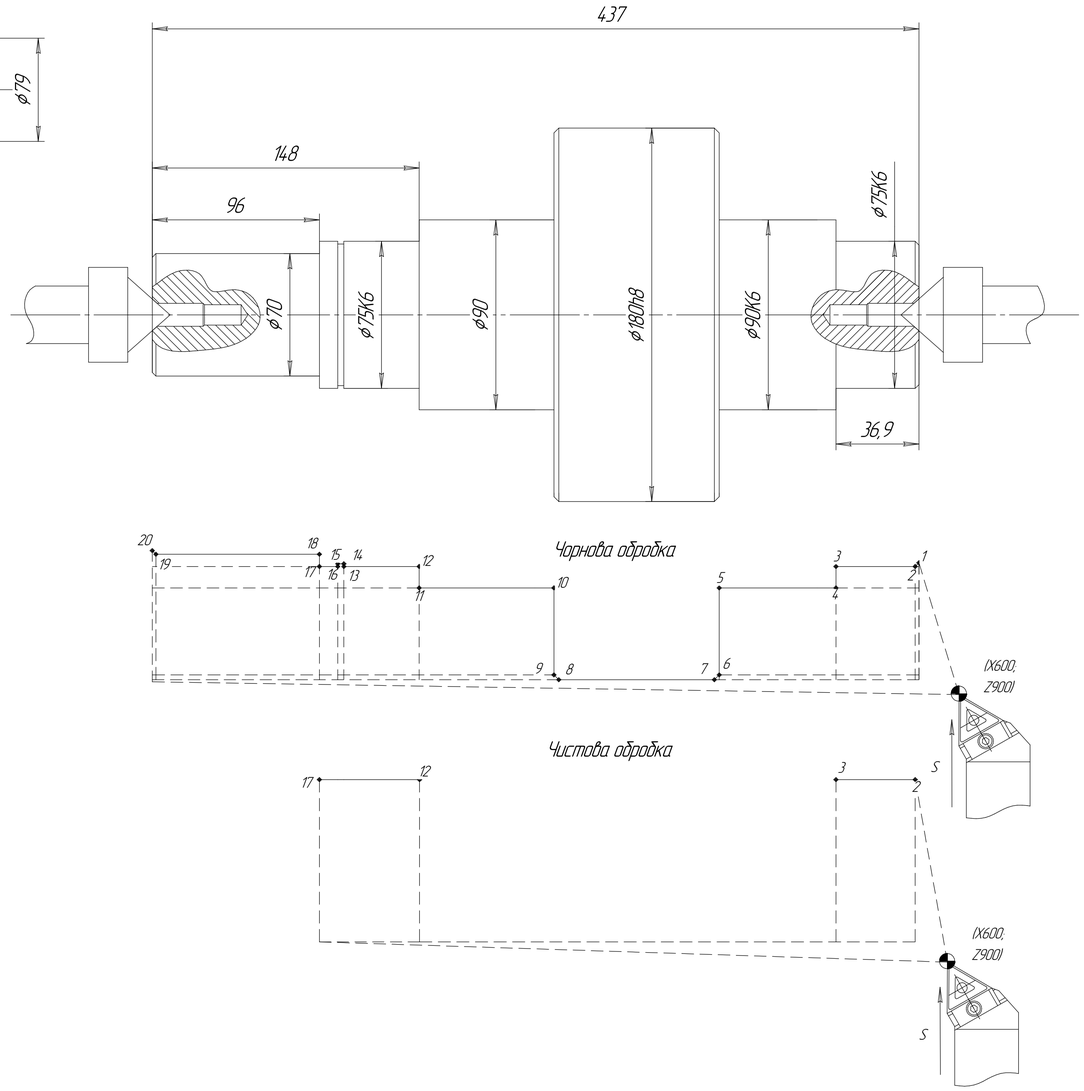
Инв. № подл.

БР.ПМ-584.00.000

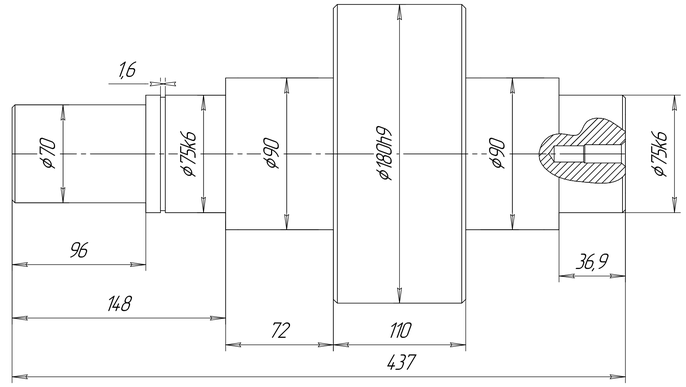
Деталь до обробки



Деталь під час обробки



Деталь після обробки

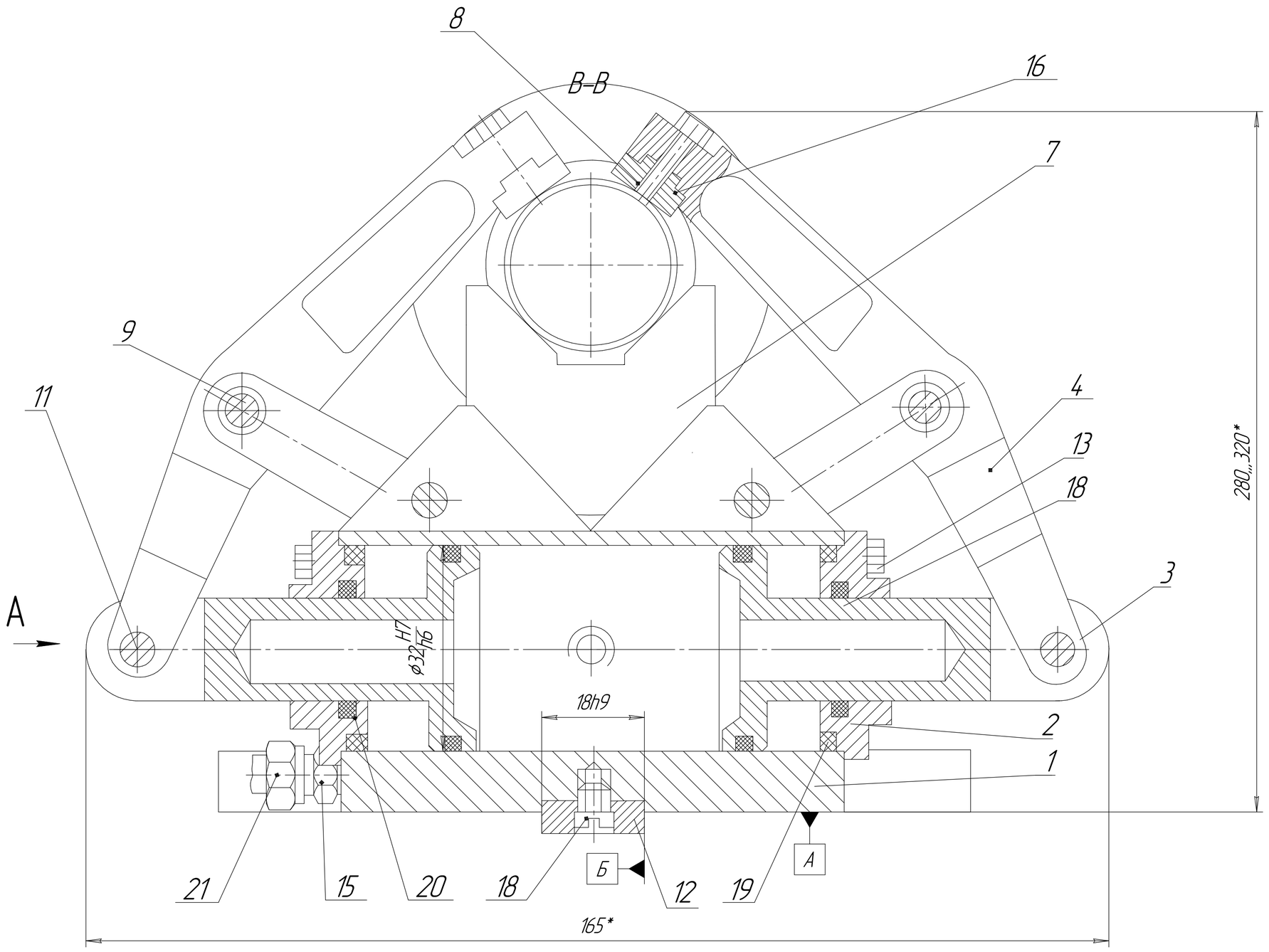


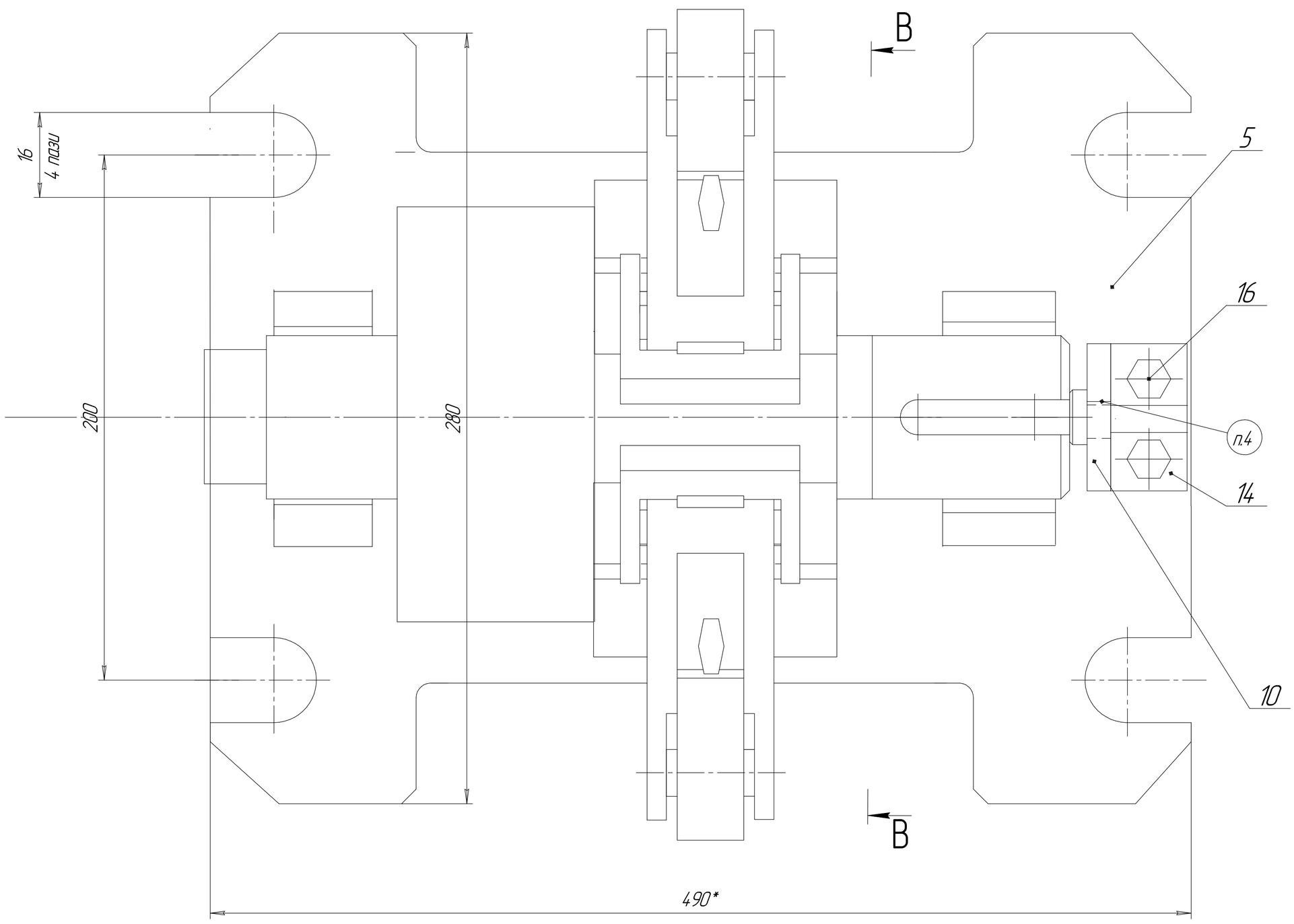
№	X	Z
1	35.5	0
2	37.5	-2
3	37.5	-36.9
4	45	-36.9
5	45	-107
6	87	-107
7	90	-110
8	90	-214
9	87	-217
10	45	-217
11	45	-289
12	37.5	-289
13	37.5	-325.9
14	36	-328.7
15	37.5	-328.7
16	37.5	-341
17	35	-341
18	35	-435
19	33.3	-437

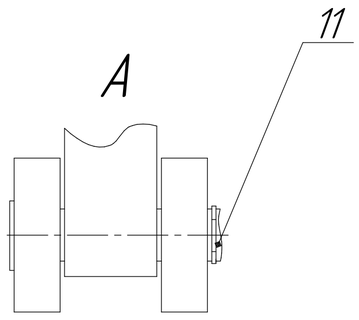
015 Токарна ЧПК	Верстат Токарний ЧПК DMG CLX-350	Центри	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ШЦ-III-250-710-0,1 ГОСТ 166-87, Мікрометр							0,27	0,56
				1	Різець 2209-0048 ДСТУ 2354-94	2	120	160	580		
Найменування і короткий зміст операції.	Обладнання (тип і модель)	Пристрій і допоміжний інструмент.	Вимірний інструмент.	№ п/п на карті	Найменування і короткий зміст	t (мм)	S (мм/об)	V (м/хв)	n (об·⁻¹)	To (хв)	Tд (хв)
				Різчий інструмент.							

| | | | | | | |

БР.ПМ-584.00.000







1. Пристрій встановлюється на вертикально-фрезерному верстаті
2. Тиск повітря в пневмосистемі Р=0,4МПа;
3. *Розмір для довідок.
4. Площина налаштування інструменту на розмір.

					БР.ПМ-584.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Верстатний пристрій (фрезерування шпонкового пазу)	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Тимчук В. І.					54,4	1:1
Пров.		Гнилиця І. Д.				Лист	Листов	
Т.контр.		Гнилиця І. Д.						
Реценз.					–	ІФНТУНГ гр. ПМ-23-1К		
Н.контр.		Гнилиця І. Д.						
Утв.		Панчук В.Г.						

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

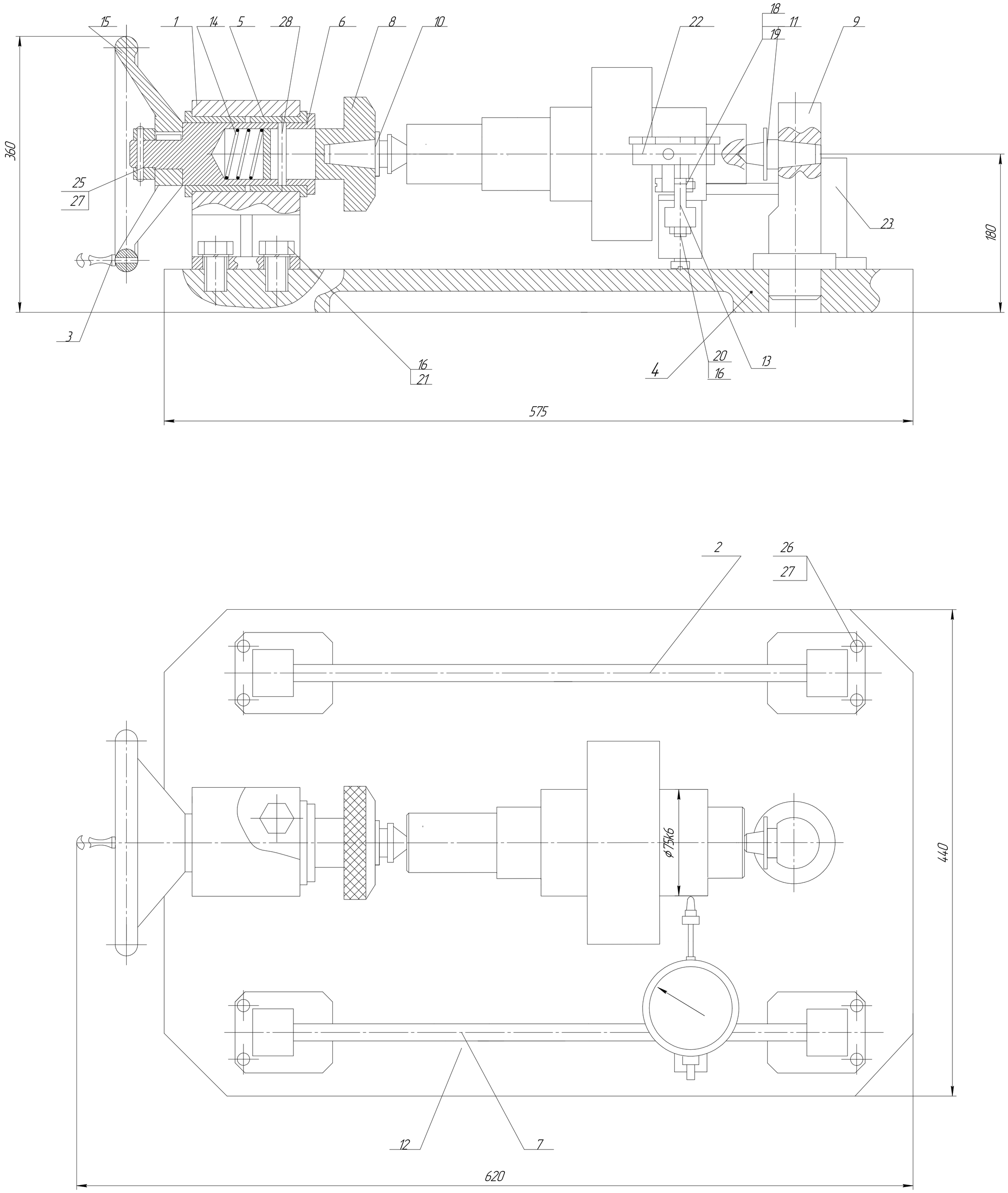
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



1. Пристрій для контролю радіального та торцьового биття деталей типу вал

2. Присирій може поміщати до 6 індикаторів одночасно

					БР.ПМ.584.00.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристрій контрольний	Лит. / Масса / Масштаб: Н / – / 1:1
Разраб.		Гимчук В.І.				Лист 1 / Листов 1
Пров.		Гнилиця І.Д.				
Т.контр.		Гнилиця І.Д.			–	ІФНТУНГ
Реценз.						
Н.контр.		Гнилиця І.Д.				
Утв.		Панчук В.Г.				

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

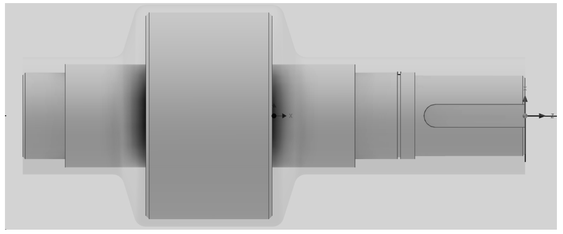
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

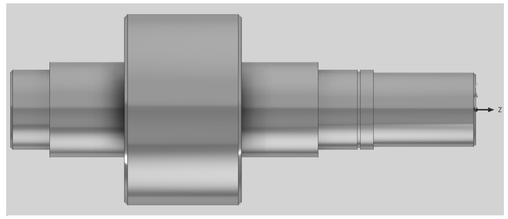
Подп. и дата

Инв. № подл.

Візуалізація результату обробки деталі в операції 015

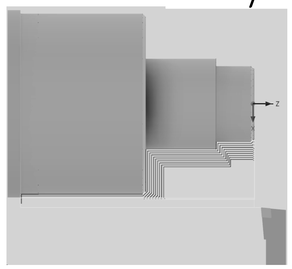


Заготовка (на вході)

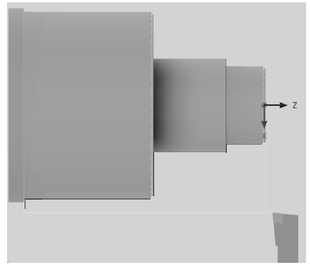


Деталь (на виході)

Токарна обробка зправа

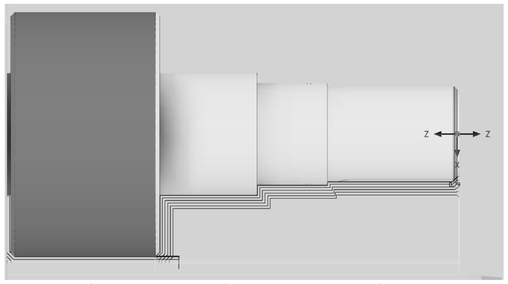


Траєкторія руху різального інстументу при чорновому точінні

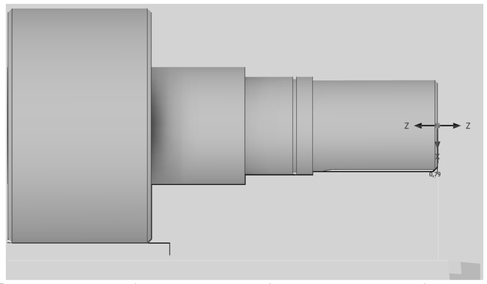


Траєкторія руху різального інстументу при чистовому точінні

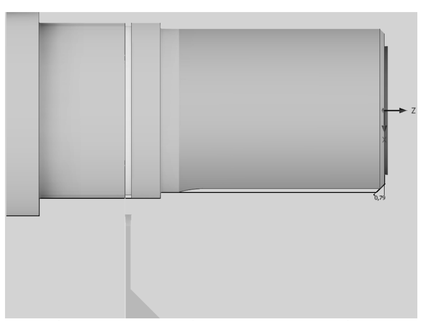
Токарна обробка зліва



Траєкторія руху різального інстументу при чорновому точінні

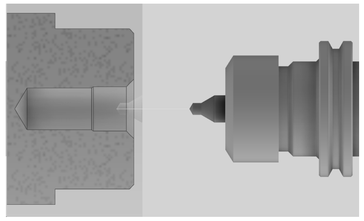


Траєкторія руху різального інстументу при чистовому точінні

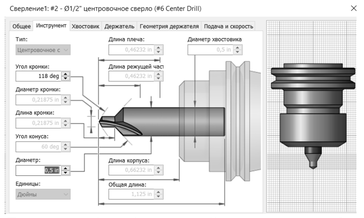


Траєкторія руху різального інстументу при обробці канавки 2,8 х 1,5 мм

Послідовність обробки отвору

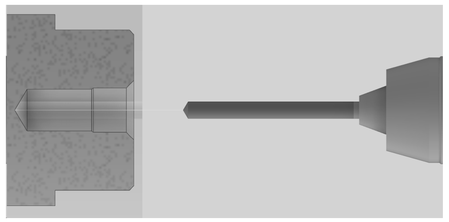


Траєкторія руху

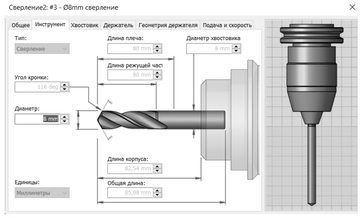


Геометрія різальної частини свердла

Свердління центрувальним свердлом

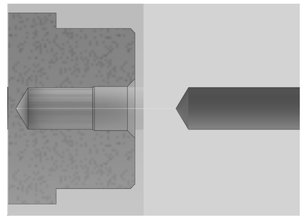


Траєкторія руху

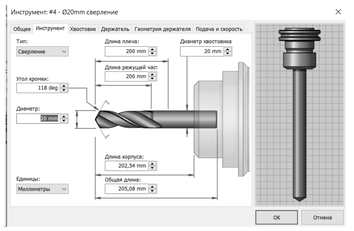


Геометрія різальної частини свердла

Свердління отвору ϕ8 мм

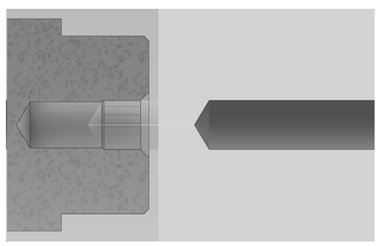


Траєкторія руху

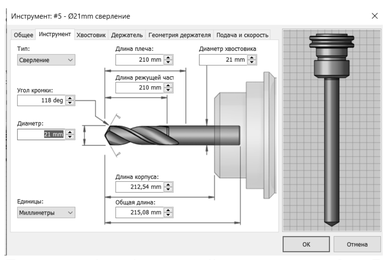


Геометрія різальної частини свердла

Розсвердлення отвору до ϕ20 мм

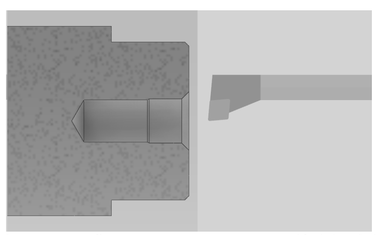


Траєкторія руху



Геометрія різальної частини свердла

Розсвердлення отвору до ϕ21 мм на глубину 18,9 мм



Формування фаски 3,5х45°

					БР.ПМ-584.00.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Програма на ЧПК	Лит. / Масса / Масштаб: - / 1:1
Разраб.		Тимчук В.І.				Лист 1 / Листов 1
Пров.		Гнипиця І.Д.				
Т.контр.		Гнипиця І.Д.			-	ІФНТУНГ
Н.контр.		Гнипиця І.Д.				
Утв.		Панчук В.Г.				

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Керуюча програма в середовищі постпроцесора Fanuc-Turning

```
%
O1001 (70)
N10 G98 G18
N11 G21
N12 G50 S6000
N13 G28 U0.
N14 G28 W0.

(  8)
N15 T0100
N16 G54
N17 M8
N18 G99
N19 G97 S141 M3
N20 G0 X207. Z8.
N21 G50 S2000
N22 G96 S91 M3
N23 G0 Z1.18
N24 X115.028
N25 G1 X112.2 Z-0.234 F0.127
N26 Z-21.48
N27 X127.2
N28 Z-88.2
N29 X187.
N30 X189.828 Z-86.786
N31 G0 Z1.18
N32 X111.028
N33 G1 X108.2 Z-0.234 F0.127
N34 Z-22.545
N35 X123.2
N36 Z-90.2
N37 X186.815
N38 X187. Z-90.293
N39 X191.
N40 G0 Z1.18
N41 X107.028
N42 G1 X104.2 Z-0.234 F0.127
N43 Z-23.7
N44 X119.2
N45 Z-92.2
N46 X185.158
N47 X187. Z-93.121
N48 X191.
N49 G0 Z1.18
N50 X103.028
N51 G1 X100.2 Z-0.234 F0.127
N52 Z-24.976
N53 X115.2
N54 Z-94.2
N55 X183.501
N56 X187. Z-95.95
N57 X191.
N58 G0 Z1.18
N59 X99.028
N60 G1 X96.2 Z-0.234 F0.127
N61 Z-26.418
N62 X111.2
N63 Z-96.2
N64 X181.844
N65 X187. Z-98.778
N66 X191.
N67 G0 Z1.18
N68 X95.028
N69 G1 X92.2 Z-0.234 F0.127
N70 Z-28.116
N71 X107.2
N72 Z-98.2
N73 X180.187
N74 X187. Z-101.606
N75 X191.
N76 G0 Z1.18
N77 X91.028
N78 G1 X88.2 Z-0.234 F0.127
N79 Z-30.1
N80 X103.2
N81 Z-100.2
N82 X178.53
N83 X187. Z-104.435
N84 X191.
N85 G0 Z1.766
N86 X83.942
N87 G1 Z-0.234 F0.127
N88 X84.2 Z-0.363
N89 Z-32.1
N90 X99.2
N91 Z-102.2
N92 X176.874
N93 X187. Z-107.263
N94 X191.
N95 G0 Z1.766
N96 X78.285
N97 G1 Z-0.234 F0.127
N98 X80.2 Z-1.192
N99 Z-34.1
N100 X95.2
N101 Z-104.2
N102 X175.217
N103 X185.2 Z-109.192
N104 Z-231.837
N105 G0 X189.2
N106 Z1.766
N107 X72.628
N108 G1 Z-0.234 F0.127
N109 X76.2 Z-2.02
N110 Z-36.1
N111 X91.2
N112 Z-106.2
N113 X173.56
N114 X181.2 Z-110.02
N115 Z-231.837
N116 X185.2
N117 G0 X207.
N118 Z8.
N119 G97 S141 M3

(  9)
N120 G99
N121 G97 S141 M3
N122 G0 X207. Z8.
N123 G50 S2000
N124 G96 S91 M3
N125 G0 Z1.766
N126 X70.531
N127 G1 Z-0.234 F0.127
N128 X75. Z-2.469
N129 Z-36.9
N130 X90.
N131 Z-107.
N132 X173.063
N133 X180. Z-110.469
N134 Z-231.837
N135 X184.
N136 G0 X207.
N137 Z8.
N138 G97 S141 M3
(  10)
N139 G99
N140 G97 S141 M3
N141 G0 X207. Z8.
N142 G50 S2000
N143 G96 S91 M3
N144 G0 Z1.18
N145 X92.828
N146 G1 X90. Z-0.234 F0.127
N147 Z-89.386
N148 X95.
N149 Z-138.318
N150 X110.
N151 Z-210.
N152 X181.347
N153 X187. Z-212.826
N154 X191.
N155 G0 Z1.766
N156 X85.056
N157 G1 X85.055 Z-0.234 F0.127
N158 X86. Z-0.707
N159 Z-90.191
N160 X91.
N161 Z-140.016
N162 X106.
N163 Z-212.
N164 X179.69
N165 X187. Z-215.655
N166 X191.
N167 G0 Z1.766
N168 X79.399
N169 G1 Z-0.234 F0.127
N170 X82. Z-1.535
N171 Z-91.127
N172 X87.
N173 Z-142.
N174 X102.
N175 Z-214.
N176 X178.033
N177 X187. Z-218.483
N178 X191.
N179 G0 Z1.766
N180 X73.742
N181 G1 Z-0.234 F0.127
N182 X78. Z-2.363
N183 Z-92.292
N184 X83.
N185 Z-144.
N186 X98.
N187 Z-216.
N188 X176.376
N189 X185.188 Z-220.406
N190 X189.188
N191 G0 Z1.766
N192 X68.085
N193 G1 Z-0.234 F0.127
N194 X74. Z-3.192
N195 Z-94.
N196 X79.
N197 Z-146.
N198 X94.
N199 Z-218.
N200 X174.72
N201 X182.36 Z-221.82
N202X186.36
N203 G0 Z1.766
N204 X62.428
N205 G1 Z-0.234 F0.127
N206 X70. Z-4.02
N207 Z-96.
N208 X75.
N209 Z-148.
N210 X90.
N211 Z-220.
N212 X173.063
N213 X179.531 Z-223.234
N214 X183.531
N215 G0 X207.
N216 Z8.
N217 G97 S141 M3

(  11)
N218 G99
N219 G97 S141 M3
N220 G0 X207. Z8.
N221 G50 S2000
N222 G96 S91 M3
N223 G0 Z0.614
N224 X57.828
N225 G1 X55. Z-0.8 F0.127
N226 Z-88.
N227 X70.
N228 Z-96.
N229 X75.
N230 Z-109.135
N231 X74.608 Z-111.375
N232 X75.
N233 Z-148.
N234 X90.
N235 Z-220.
N236 X173.063
N237 X180. Z-223.469
N238 Z-327.835
N239 X160.746 Z-437.87
N240 X164.762
N241 G0 X207.
N242 Z8.
N243 G97 S141 M3
N244 M9
N245 G28 U0.
N246 G28 W0.

(1)
N247 M1
N248 T0700
N249 G54
N250 M8
N251 G99
N252 G97 S141 M3
N253 G0 X207. Z8.
N254 G50 S2200
N255 G96 S91 M3
N256 G0 Z-111.08
N257 X93.
N258 G1 X89. F0.127
N259 X72.386
N260 X93.
N261 G0 Z-111.1
N262 G1 X89. F0.127
N263 X72.386
N264 X74.386
N265 G0 X207.
N266 Z8.
N267 G97 S141 M3
()

N268 M9
N269 G28 U0.
N270 G28 W0.
N271 M30
%
```

						БР.ПМ-584.00.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Тимчук В. І.			Програма на ЧПК	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Гнилиця І.Д.						1:1
Т.контр.		Гнилиця І.Д.				Лист	Листов 1	
Н.контр.		Гнилиця І.Д.				ІФНТУНГ		
Утв.		Панчук В.Г.						

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.